

MODUL VI

5G RADIO PLANNING

6.1. Tujuan Praktikum

Setelah mengikuti praktikum ini, praktikan diharapkan dapat:

- a. Mengetahui dan memahami tujuan *5G radio planning*.
- b. Mengetahui dan mengantisipasi peningkatan jumlah UE dimasa mendatang.
- c. Mengetahui dan memahami penerapan site yang efisien.
- d. Memastikan penerimaan sinyal yang baik di sisi UE.
- e. Mengoptimalkan jangkauan jaringan.
- f. Mengetahui dan memahami ketersediaan spektrum.
- g. Mengetahui dan melakukan konfigurasi software Atoll 3.4.
- h. Membuat simulasi *5G radio planning*.
- i. Menganalisis hasil simulasi *5G radio planning*.

6.2. Alat dan Bahan Praktikum

- a. Laptop.
- b. Kalkulator.
- c. Peta Digital.
- d. *Engineering* Parameter.
- e. *Software* Atoll 3.4.
- f. *Software* Google Earth Pro

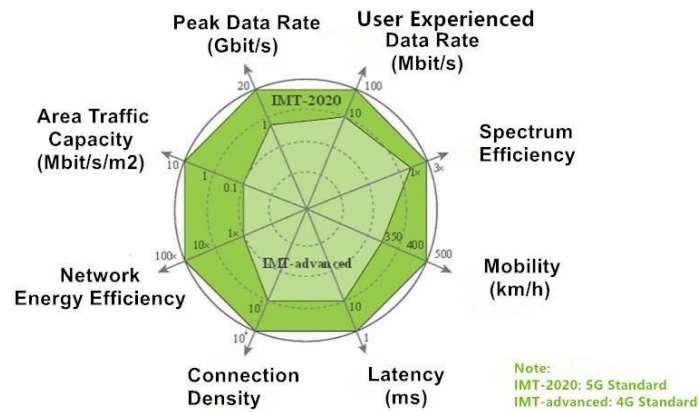
6.3. Dasar Teori

6.3.1 5G Requirements

Berdasarkan IMT-2020 Vision, Tabel 6.1 dan Gambar 6.1 merupakan bagian dari *5G requirements*.

Tabel 6. 1 Standar Nilai *5G Requirements*

No.	Parameter	Nilai
1	<i>Peak Data Rate</i>	20 Gbps
2	<i>User Experienced Data Rate</i>	0,1 – 1 Gbps
3	<i>Latency</i>	1 ms
4	<i>Mobility</i>	500 km/jam
5	<i>Connection Density</i>	1.000.000 <i>user/km</i> ²
6	<i>Energi Efficiency</i>	100 kali lipat dari IMT-Advanced
7	<i>Spectrum Efficiency</i>	3 kali lipat dari IMT-Advanced
8	<i>Area Traffic Capacity</i>	10 <i>Mbit/s/m</i> ²



Gambar 6. 1 Standard 5G vs Standard 4G

(<https://community.fs.com/article/5g-network-pushes-25g-market.html>)

6.3.2 5G Coverage Planning

5G *coverage planning* merupakan jaringan 5G yang memerhatikan wilayah yang akan dicakup oleh jaringan tersebut. Perencanaan ini dipengaruhi oleh daya terima, *path loss*, daya pancar, sensitivitas perangkat, perhitungan radius sel, dan *radio link budget*. Dalam perencanaan ini terdapat empat pembagian wilayah, diantaranya:

a. Rural

Daerah rural merupakan daerah terbuka dengan populasi penduduk yang masih sedikit.

b. Sub Urban

Daerah sub urban merupakan daerah pemukiman penduduk dengan sejumlah industri kecil.

c. Urban

Daerah urban merupakan daerah perkotaan dengan populasi penduduk yang cukup padat, tetapi masih jarang terdapat gedung-gedung bertingkat tinggi.

d. Dense Urban

Daerah *dense urban* merupakan daerah perkotaan besar dengan populasi penduduk yang sangat padat dan terdapat banyak gedung bertingkat tinggi (metropolitan).

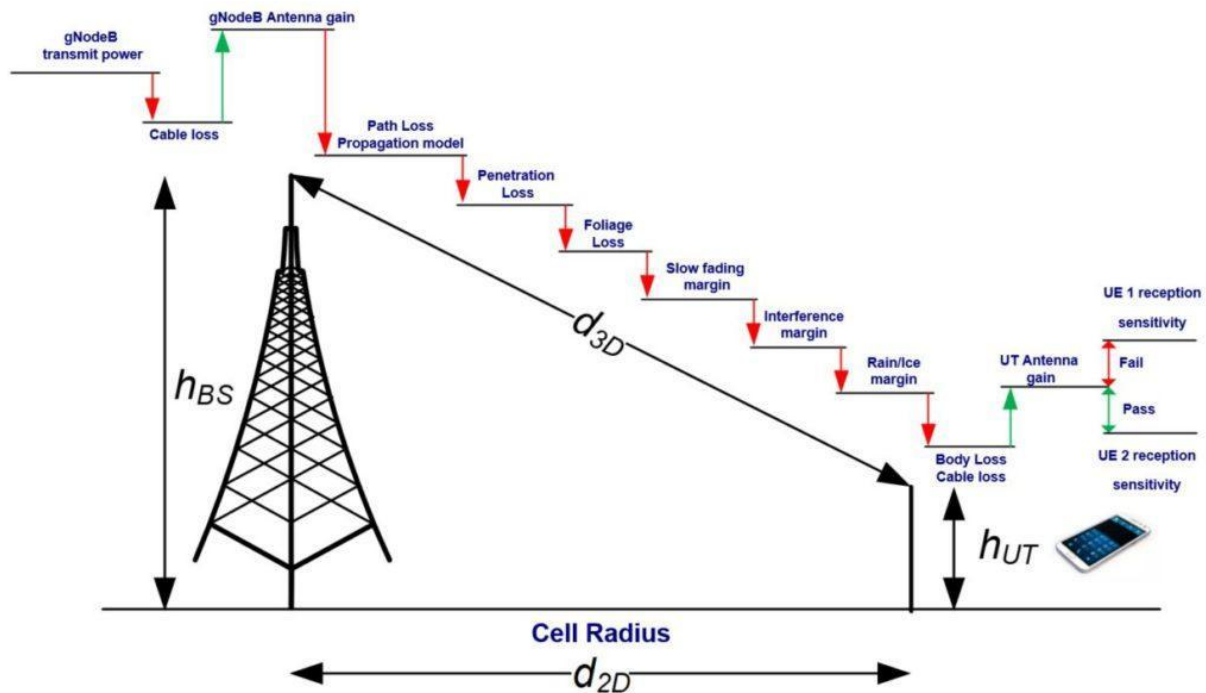
Tabel 6. 2 Klasifikasi Wilayah

Klasifikasi	Kepadatan penduduk minimum (jiwa/km ²)	Kepadatan penduduk maksimum (jiwa/km ²)
Rural	0	249
Sub Urban	250	4.499
Urban	4.500	19.999
Dense Urban	20.000	500.000

A. 5G Link Budget

Link budget merupakan prosedur yang memperhitungkan segala keuntungan dan kerugian yang terkait dengan pengiriman sinyal dari pemancar ke penerima dalam sistem telekomunikasi melalui berbagai media seperti kabel, *free space*, fiber, *waveguide*, dan sebagainya.

Tujuan dari *link budget* adalah *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL). Dari MAPL, kita dapat memperoleh sel radius, melalui model propagasi.



Gambar 6. 2 5G NR Link Budget Model

(<https://5g-tools.com/5g-nr-link-budget-calculator/>)

B. Perbedaan Utama antara *Link Budget* 4G dan 5G

Tabel 6. 3 *Link Budget* 4G vs 5G

<i>Link Factor</i>	<i>LTE Link Budget</i>	<i>5G NR Link Budget (C-Band)</i>	<i>5G NR Link Budget (mmWave)</i>
<i>Feeder loss</i>	RRUs are used, with external antenna feeder loss.	AAUs are used, without external antenna feeder loss. RRUs are used, with external antenna feeder loss.	AAUs are used, without external antenna feeder loss.
<i>Base station antenna gain</i>	A physical antenna associates with a single TRX. The antenna gain of a single TRX is the	Massive MIMO antenna arrays are used. The antenna gain in the link budget is only the antenna gain of a single TRX. Each	Massive MIMO antenna arrays are used. The antenna gain in the link budget is only the antenna gain of a single TRX. Each TRX in 5G RAN

Link Factor	LTE Link Budget	5G NR Link Budget (C-Band)	5G NR Link Budget (mmWave)
	<i>gain of a physical antenna.</i>	<i>TRX in 5G RAN1.0 C-band 64T64R has an antenna gain of 10 dBi. The entire single-polarized antenna gain is 25 dBi, in which 15 dB is the beamforming gain and is reflected in the demodulation threshold.</i>	<i>1.0 mmWave 4T4R has an antenna gain of 28 dBi. The entire single-polarized antenna gain is 31 dBi, in which 3 dB is the beamforming gain and is reflected in the demodulation threshold.</i>
<i>Propagation model</i>	Cost231-Hata	36.873 Uma/Rma/Umi	36.873 Uma/Rma/Umi
<i>Penetration loss</i>	<i>Relatively low</i>	<i>The higher the frequency band, the higher the penetration loss.</i>	<i>The higher the frequency band, the higher the penetration loss.</i>
<i>Interference margin</i>	<i>Relatively large</i>	<i>The massive MIMO beam inherently has interference suppression effect. Therefore, it is subject to low interference.</i>	<i>The massive MIMO beam inherently has interference suppression effect. Therefore, it is subject to low interference. Higher frequency band leads to lower interference.</i>
<i>Body block loss</i>	N/A	N/A	<i>This factor needs to be considered for high frequency bands.</i>
<i>Rain attenuation</i>	N/A	N/A	<i>This factor needs to be considered in high-frequency WTTx scenarios</i>
<i>Tree fading</i>	N/A	N/A	<i>This factor needs to be considered in high-frequency LOS scenarios.</i>

C. Model Propagasi 5G: 3GPP 38.901 *Urban Macrocell* (UMa)

Model propagasi 3D yang digunakan pada 5G NR (3GPP TS 36.873 untuk 2-6 GHz dan 3GPP TS.38.901 untuk 0.5-100 GHz) didefinisikan dalam beberapa skenario.

- *Urban Macro* (UMa), dengan ketinggian *base station* 25 m

UMa dengan *Outdoor to Outdoor* (O2O) dan *Outdoor to Indoor* (O2I) ini mirip dengan skenario 3D-Uma dimana *base station* dipasang di atas tingkat *rooftop* bangunan sekitarnya, dengan tinggi Tx biasanya sekitar 25 m; tinggi Rx 1,5 m dan ISD sebesar 500 m.

$$PL_{3D}^{5G} \text{ UMa NLOS} = \max(PL_{3D}^{5G} \text{ UMa LOS}, PL_{3D}^{5G(a)} \text{ UMa NLOS})$$

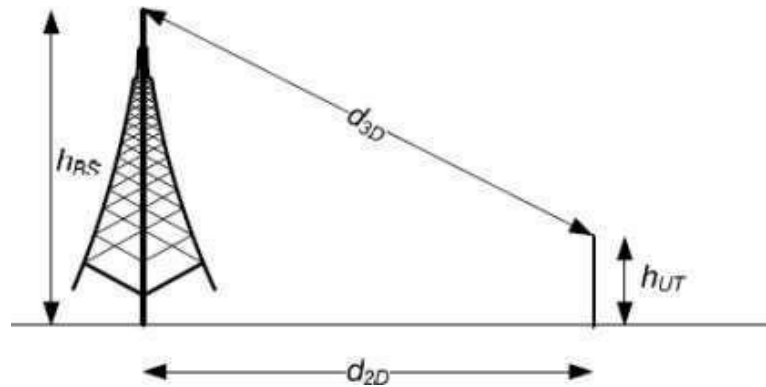
LOS	NLOS
$PL_{3D \text{ UMa LOS}}^{5G} = \{PL_1 \rightarrow 10m < d < d_{break} \rightarrow PL_2$ $PL_1 = 28.0 + 33 \log \log (d) + 20 \log \log (f)$ $PL_2 = 28.0 + 40 \log \log (d) + 20 \log \log (f)$	$PL_{3D \text{ UMa NLOS}}^{5G} = 13.54 + 39.081 \log \log (d)$

Ketentuan parameter yang digunakan untuk model UMa dijelaskan dalam Tabel 6.1.

Tabel 6. 4 Ketentuan Parameter yang Digunakan untuk Model UMa

Parameters		Ketentuan UMa
<i>Cell layout</i>		<i>Hexagonal grid, 19 micro sites, 3 sectors, per site (ISD = 500 m)</i>
Tinggi antena gNodeB (hBS)		25 m
Lokasi UT	<i>Outdoor/Indoor</i>	<i>Outdoor dan Indoor</i>
	LOS/NLOS	LOS dan NLOS
	<i>Height hUT</i>	1,5 m
Mobilitas UE (<i>horizontal plane only</i>)		3 km/h
Jarak minimal BS - UT (2D)		35 m

Dalam menentukan *cell radius* (d_{2D}) dibutuhkan 'd' (jarak antara pemancar dan penerima/jari-jari *cell*) dan frekuensi (f_c). Untuk menghitung *pathloss*, Dapat disimpulkan bahwa *cell radius* atau ' d_{2D} ' ditentukan oleh rumus *Pythagoras* dengan ketentuan seperti Gambar 6.3.



Gambar 6. 3 Gambaran *Pythagoras* antara d_{3D} , d_{2D} , dan ($h_{BS} - h_{UT}$)

- *Urban Micro* (UMi), dengan ketinggian *base station* 10 m

Urban Micro (Umi) yaitu pemodelan digunakan pada daerah padat penduduk dengan penuh gedung-gedung bertingkat dimana sinyal yang diterima merupakan penjumlahan antara sinyal langsung dan sinyal tidak langsung yang dominan.

LOS	NLOS
$PL_{UMi-LOS} = \{PL_1 \rightarrow 10m < d_{2D} < d_{break} \quad PL_2\}$ $PL_1 = 32.4 + 21(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c)$ $PL_2 = 32.4 + 40(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c) - 9.$	$PL_{UMi-NLOS} = (PL_{UMi-LOS}, PL'_{UMi-NLOS})$ for: $10m < d_{2D} \leq 5km$ $PL'_{RMa-NLOS} = 35.3 \log_{10}(d_{3D}) + 22.4 + 21.3 \log_{10}(f_c)$

- *Rural Macro* (RMa), dengan ketinggian *base station* 35 m

Rural Macro (Rma) yaitu pemodelan digunakan pada daerah rural atau daerah yang jarang penduduknya, sehingga penetrasi terhadap gedung dapat diminimalisir. Sinyal yang diterima dominan sinyal langsung dari sinyal tidak langsung.

LOS	NLOS
$PL_{RMa-LOS} = \{PL_1 \rightarrow 10m < d_{2D} < d_{break} \rightarrow PL_2\}$ $PL_1 = 20(40\pi d_{3D} f_c / 3) + (0.03h^{1.72}, 10) \log$ $PL_2 = PL_1(d_{BP}) + 40\log_{10}(d_{3D}/d_{BP})$	$PL_{RMa-NLOS} = (PL_{RMa-LOS}, PL'_{RMa-NLOS})$ <i>for: 10m < d_{2D} ≤ 5km</i> $PL'_{RMa-NLOS} = 161.04 - 7.11\log_{10}(W) + 7.5\log_{10}(h$

- *Indoor*, dengan ketinggian *base station* 3-5

D. Perhitungan Cell Radius

Perhitungan *cell radius* menggunakan skema *non-line of sight* karena objek penelitian merupakan daerah perkotaan yang padat. Hasil perhitungan *pathloss* (PL) dari model propagasi UMa yang telah didapatkan hasil d_{3D} berguna untuk menentukan *cell radius* (d_{2D}).

Cell radius dapat dihitung menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$d_{2D} \text{ atau } d = \sqrt{(d_{3D})^2 - (h_{BS} - h_{UT})^2}$$

Dengan tinggi *base station* dan *receiver* dalam meter masing-masing h_{BS} dan h_{UT} . Sedangkan d_{2D} merupakan *cell radius* dalam meter, d_{3D} merupakan resultan dari jarak antara h_{BS} dan h_{UT} dalam meter.

E. Perhitungan Luas Sel

Luas sel yang akan dihitung menggunakan antena *tri-sectoral* agar lebih efektif pada sistem. Luas sel dapat dihitung menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$CA = 1.95 \times 2.6 \times d^2$$

F. Perhitungan Jumlah Site

Perhitungan jumlah *site* digunakan untuk menentukan banyaknya *site* pada daerah yang direncanakan. Jumlah *site* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Si = \frac{L}{Ca}$$

Dengan Si merupakan jumlah *site*, Ca merupakan *coverage area* dalam km^2 , dan L merupakan luas wilayah yang ditinjau dalam km^2 .

6.3.3 5G Capacity Planning

Capacity planning adalah suatu metode perencanaan jaringan yang mengutamakan terpenuhinya kebutuhan *user traffic* dengan memperhitungkan kualitas dan kapasitas sebuah jaringan. Banyaknya jumlah *user* dan permintaan layanan pada setiap daerah akan berbeda-beda tergantung klasifikasi daerah. Sehingga jumlah *site* pada perluasan jaringan 5G NR akan berbeda pula.

A. Forecasting Number of User

Forecasting number of user merupakan metode yang digunakan dalam memprediksi jumlah *user* pada suatu daerah untuk beberapa tahun ke depan dalam sebuah perencanaan jaringan. *Forecasting number of user* dapat dihitung menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$U_n = U_0(1 + GF)^n$$

Dengan U_n merupakan *forecasting number of user* pada tahun ke- n (*estimated population*), U_0 merupakan populasi saat ini (*recent population*), GF merupakan *growth factor* yang diambil dari perhitungan BPS penduduk di 7 kecamatan tersebut, dan n merupakan jumlah tahun estimasi. Setelah U_n diketahui, selanjutnya dicari kelompok umur produktif yang ditargetkan (U_p) dengan menggunakan menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$U_p = U_n \times p$$

Dengan p sebagai persentase usia produktif pada daerah tersebut. Selanjutnya mencari *Operator Market Share* (O_{MS}) dengan menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$O_{MS} = \frac{U_p}{m}$$

Dengan m merupakan nilai *market share* operator. Selanjutnya diperlukan mencari nilai 5G NR *Provider User* dengan menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$P_u = O_{MS} \times P_n$$

Dengan P_u merupakan 5G NR *Provider User*, O_{MS} merupakan *operator market share*,

dan P_n merupakan asumsi nilai *5G NR Penetration*.

B. Service Model

Service model adalah layanan pada 5G NR, setiap layanan mempunyai *throughput* yang berbeda yang bertujuan untuk memaksimalkan *throughput* yang dicapai. Beberapa parameter yang digunakan pada *service model* di antaranya adalah *bearer rate*, *session time*, *session duty ratio* dan *block error rate*. *Block Error Rate* (BLER) adalah rasio blok yang salah terhadap jumlah total blok yang ditransmisikan pada sirkuit digital. Pada Tugas Akhir ini diasumsikan nilai BLER sebesar 2%. Tujuan dari *service model* adalah untuk mengetahui nilai *throughput/session* dari sisi *uplink* dan sisi *downlink*. *Throughput/session* dapat dihitung berdasarkan nilai dari *bearer rate*, *session time*, *session duty ratio*, dan nilai BLER menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$T_S = \frac{B_R \times S_T \times S_{DR}}{1 - B_E}$$

Dengan T_S merupakan *throughput per session*, B_R merupakan *bearer rate*, S_T merupakan *session time*, S_{DR} merupakan nilai *session duty ratio*, dan B_E merupakan nilai *block error rate*.

C. Single User Throughput (SUT)

Single user throughput adalah *throughput* minimal yang harus tersedia untuk setiap *user* agar jaringan tetap bagus. *Peak to Average Ratio* (P_{AR}) digunakan untuk mengantisipasi kepadatan *traffic* di daerah tersebut. *Single user throughput* dapat dicari menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$U_T = \frac{T_S \times B_{HSA} \times P_R \times (1 + P_{AR})}{3600}$$

Dengan U_T merupakan *single user throughput*, B_{HSA} merupakan *busy hour service attempt*, P_R merupakan *penetration rate*, dan P_{AR} merupakan *peak to average ratio* atau persentase lonjakan *traffic*.

D. Network Throughput

Network throughput adalah total keseluruhan *throughput* untuk setiap *user* yang disediakan jaringan. *Network throughput* dapat dicari dengan menggunakan perhitungan dibawah ini.

$$N_{IP} = P_U \times U_T$$

Dengan N_{IP} merupakan *network throughput* pada IP layer, P_U merupakan 5G NR Provider

U_{user} dan U_T merupakan *single user throughput*. Setelah mendapatkan hasil dari *total network throughput* yang merupakan hasil yang berada pada IP layer, sedangkan *throughput* pada *single site capacity* berada pada MAC layer, oleh karena itu hasil dari *network throughput* harus dikonversi menjadi *throughput* pada MAC layer dengan cara dibagi dengan 0,98 seperti pada persamaan berikut.

$$N_{MAC} = \frac{N_{IP}}{0,98}$$

Dengan N_{MAC} merupakan *network throughput* pada MAC layer dan N_{IP} merupakan *network throughput* pada IP layer.

E. Cell Average Throughput

Cell average throughput bertujuan untuk mengetahui jumlah kapasitas dari suatu *cell*. *Cell average throughput* juga dapat digunakan untuk mencari jumlah *site* yang dibutuhkan dalam perencanaan agar dapat melayani *user* berdasarkan *total network throughput* yang telah didapatkan melalui perhitungan sebelumnya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *cell average throughput* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} D_c &= (168 - 36 - 12) \times (c_b) \times (c_r) \times r_b \times c \times 1000 - C_{RC} \\ U_c &= (168 - 36 - 12) \times (c_b) \times (c_r) \times r_b \times c \times 1000 - C_{RC} \end{aligned}$$

Dengan D_c merupakan *downlink cell average throughput*, U_c merupakan *uplink cell average throughput*, C_{RC} merupakan *cyclic redundancy check* yang bernilai 24, c_b merupakan kode yang termodulasi, c_r merupakan kecepatan *channel coding*, r_b merupakan jumlah *resource block* dan c merupakan banyaknya antena MIMO pada *transceiver*.

Kemudian setelah mendapatkan hasil perhitungan dari *cell average throughput*, langkah berikutnya adalah menentukan *site capacity* dengan menggunakan rumus berikut.

$$S_c = C_c \times 3$$

Dengan S_c merupakan *site capacity* dan C_c merupakan *cell average throughput*. Kemudian setelah mendapatkan hasil perhitungan *site capacity*, langkah berikutnya adalah menentukan jumlah *site* dengan menggunakan rumus berikut.

$$S_i = \frac{N_{MAC}}{S_c}$$

Dengan S_i merupakan jumlah *site*, S_c merupakan *site capacity* dan N_{MAC} merupakan *network throughput* pada MAC layer.

F. *Shanon Capacity*

Kapasitas *Shanon* digunakan untuk menentukan kecepatan data teoritis tertinggi untuk saluran yang memiliki *noise*. Kapasitas *Shanon* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$C = B \log_2(1 + SINR)$$

Dengan C merupakan kapasitas *Shanon*, B merupakan *bandwidth*, dan SINR merupakan rasio antara sinyal dengan interferensi dan *noise*.

G. *Total Site Calculation (Capacity Approach)*

- Jumlah Site = Network TP / Site Capacity
- 5G NR Users per Site = Target User / Jumlah Site
- Coverage per Site = Luas Wilayah / Jumlah Site
- Coverage per Cell = Coverage per Site / 3
- Cell Radius = $\sqrt{\frac{\text{Coverage per Cell}}{1,95 \times 2,6}}$