

BAB II DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian yang berjudul “**5G NR Planning at mmWave Frequency : Study Case in Indonesia Industrial Area**” membahas tentang perencanaan jaringan 5G NR frekuensi *mmWave* yaitu 28 GHz berdasarkan *coverage area* sebesar 5 km² kawasan industri Pulogadung. Metode yang digunakan *Outdoor-to-outdoor* (O2O) dengan kondisi *Line of sight* (LOS), model propagasi yang digunakan adalah *Urban Micro* (UMi) berdasarkan standarisasi dari 3GPP TR 38.901. Hasil perencanaan disimulasikan menggunakan *Mentum Planet* ver 7.2.1. Dari perencanaan jaringan 5G NR didapatkan nilai *Pathloss* 110.30 dB untuk *uplink* dan 109.80 dB untuk *downlink*; radius sel sebesar 214.37 m untuk *uplink* dan 202.92 m untuk *downlink*; 43 *site* untuk skenario *uplink* dan 60 *site* untuk skenario *downlink*; nilai SS-RSRP simulasi *uplink* menghasilkan nilai minimum -110.96 dBm; nilai maksimum -68,66 dBm; dan nilai rata-ratanya sebesar -99,54 dBm. Simulasi *downlink* menunjukkan parameter SS-RSRP dengan nilai minimum -110.96 dBm; nilai maksimum -68,66 dBm; dan nilai rata-rata -98,82 dBm. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan frekuensi di *middle band* untuk keperluan eMBB atau *enchant mobile broadband* sebesar 2,3 Ghz dengan model propagasi *Urban Macro* (Uma) standarisasi dari 3GPP TR 38.901[5]

Penelitian dengan judul “**5G New radio (NR) Network Planning at Frequency of 2.6 GHz in Golden Triangle of Jakarta**” tentang perencanaan jaringan 5G NR menggunakan frekuensi 2,6 GHz dengan metode perencanaan pada sisi *coverage* studi kasus di Kawasan segitiga emas Jakarta dengan luas wilayah perancangan 7.2 km² . Pada penelitian tersebut menggunakan model propagasi UMa (*Urban Macro*) berdasarkan standar dari 3GPP TR 38.901, perancangan menggunakan 2 Skenario untuk kondisi *Downlink; Outdoor-tooutdoor* (O2O) *line of sight* (LOS) dan *outdoor-to-outdoor* (O2O) *Non line of sight* (NLOS). Dari hasil simulasi pada Skenario 2 (*Downlink-O2O-NLOS*) memiliki nilai rata-rata SS-RSRP yang tertinggi, yaitu sebesar -65,873 dBm dan nilai rata-rata SS-RSRP yang terendah dihasilkan oleh skenario 1 (*Downlink-O2O-LOS*), yaitu sebesar -95,94 dBm. *Data rate* rata-rata yang tertinggi

dihasilkan oleh skenario 1 (*Downlink-O2O-LOS*), yaitu sebesar 179,078 Mbps dan Data rate rata-rata yang terendah dihasilkan oleh Skenario 2 (*Downlink-O2O-NLOS*) sebesar 126,4 Mbps. Dari parameter (SS-SINR) yang diamati, menunjukkan bahwa Skenario 2 (*Downlink-O2O-NLOS*) memiliki nilai rata-rata SS-SINR yang terendah, yaitu sebesar 2.153dB dan nilai rata-rata SS-SINR yang tertinggi dihasilkan oleh skenario 1 (*Downlink-O2O-LOS*), yaitu sebesar 4,71dB. Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan frekuensi yang lebih kecil yaitu 2,3 Ghz dengan metode perencanaan pada sisi *coverage*[6]

Pada penelitian yang berjudul” ***Coverage planning 5G New Radio At 2,3 Ghz Frekuensi With Outdoor to outdoor Line of sight Scheme In Semarang City***” membahas tentang perancangan *coverage area* 5G di kota semarang dengan skema *outdoor to outdoor Line of sight* di frekuensi 2.3 Ghz. Berdasar hasil simulasi *scenario* 1 didapat nilai rata-rata SS-RSRP sebesar -87,82 dBm, nilai tersebut sudah termasuk dalam kategori “Bagus” dan untuk SS-SINR sebesar 7,33 dB, nilai tersebut sudah masuk kategori “Normal”. Sedangkan untuk skenario 2 didapat nilai rata-rata SSRSRP sebesar -91,37 dBm sudah termasuk dalam kategori “Normal” dan untuk nilai rata-rata SS-SINR sebesar 7,96 dB sudah termasuk dalam kategori “Normal”. Pada penelitian ini penulis melakukan *coverage planning* 5G 2.3 Ghz menggunakan skema *outdoor to outdoor* di kondisi *Non line of sight*[7]

Penelitian tentang “**5G NR Planning Frequency 3.5 GHz : Study Case in Indonesia Industrial Area**“ membahas perencanaan jaringan 5G NR dengan menggunakan frekuensi 3.5 GHz berdasarkan *coverage area* di 5 km² kawasan industri Pulogadung. Perhitungan *link budget* berdasarkan *Outdoor-to-outdoor* (O2O) dan *Outdoor-to-Indoor* (O2I) dengan skenario *Line of sight* (LOS) dan *Non Line of sight* (NLOS), model propagasi yang digunakan adalah *Urban Macro - Street canyon* (UMa) berdasarkan standarisasi dari 3GPP TR 38.901. Berdasar hasil simulasi dari *Mentum Planet* ver 7.2.1 dengan 8 skenario *uplink*; dan *downlink*; *Outdoor-tooutdoor* (O2O) dan *outdoor-to-indoor* (O2I); *line of sight* (LOS) dan *non-line of sight* (NLOS). Dari semua parameter skenario SS-RSRP untuk skenario 1 (*downlink-O2O-LOS*) memiliki rata-rata SS-RSRP tertinggi sebesar -92. 95 dBm dan rata-rata SS-RSRP terendah dihasilkan dari skenario 2

(*uplink-O2O-LOS*) sebesar -97,16 dBm. Pada penelitian ini, penulis melakukan perancangan *coverage area* di kota Semarang seluas 373.7 km² . Hasil perancangan menggunakan simulasi *atoll 3.4* dengan 2 skenario yaitu *uplink* dan *downlink*. [8]

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 5G NEW RADIO (NR)

Di era serba digital ini komunikasi menjadi poin penting dalam kegiatan sehari-hari, salah satunya penggunaan teknologi seluler untuk komunikasi antar manusia dan juga memperoleh informasi yang ada di dunia internet. Apalagi sekarang sudah ada teknologi 5G yang lebih canggih dibandingkan generasi teknologi seluler sebelumnya yaitu 1G, 2G, 3G, dan 4G. Teknologi 5G mempunyai kelebihan di sisi kecepatan data transfer sekaligus mempunyai nilai latensi yang kecil sebesar 1 ms. Hal ini membuat akses data semakin cepat bahkan tidak adanya *delay* untuk keperluan video *conference*, game *online*, belajar daring dll. Dengan nilai latensi yang kecil pengguna dapat menikmati data secara *realtime* dan membawa dampak baik di bidang *industry* maupun bidang lain yang menerapkan IoT untuk keperluan proses kegiatannya.

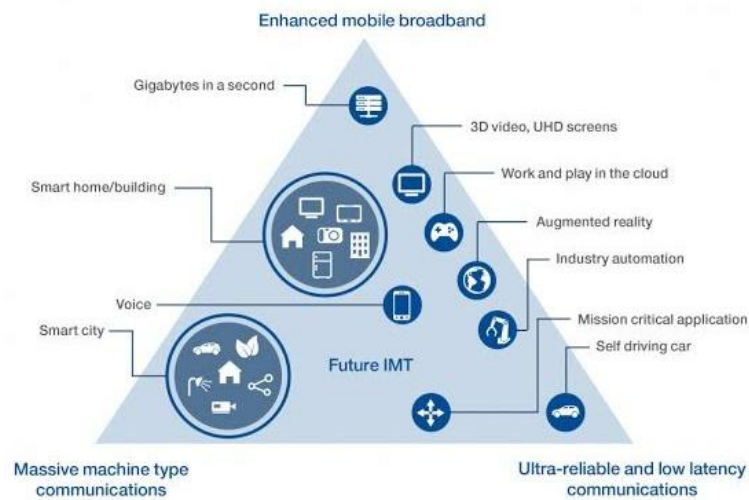
Teknologi seluler 5G hingga sekarang belum mempunyai penetapan standar yang berlaku di dunia. Maka dari itu, Organisasi *International Telecommunication Union* (ITU) melakukan rekomendasi pengembangan kapabilitas untuk 5G, seperti tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Rekomendasi pengembangan kapabilitas 5G dari ITU[9]

Parameter	IMT-2020	IMT <i>Advanced</i>
<i>Peak Data rate</i> (Gbps)	20	1
<i>User Experienced Data rate</i> (Mbps)	100	10
<i>Spectrum Efficiency</i> (bps/Hz)	30	10
<i>Mobility</i> (km/h)	500	350
<i>Latency</i> (ms)	1	10
<i>Area Traffic Capacity</i> (Mbps/m ²)	10	0.1
<i>Connection Density</i> (dev/km ²)	10 ⁶	10 ⁵

Untuk mMTC, prioritas utamanya adalah *connection density* (kepadatan koneksi), sedangkan *spectrum* dan *peak data rate* tidak sangat dibutuhkan. Untuk URLLC, prioritas utamanya *latency* dan *mobility*. Dan untuk eMBB, *area traffic capacity*; *peak data rate*; *user experienced data rate*; *latency*; *mobility*; dan *connection density* merupakan parameter penting[10].

2.2.2 VISI 5G NEW RADIO (NR)



Source: ITU 2015.

Gambar 2.1 Visi Teknologi 5G NR [10]

Pada gambar 2.1 merupakan visi teknologi seluler dari 5G NR dimana organisasi yang bernama ITU (*international telecommunication union*) mengeluarkan rekomendasi ITU-RM.0283-02 untuk visi tahun 2020 dan seterusnya yang dilaksanakan dalam program IMT (*international mobile telecommunication*) dimana dengan adanya ITU ini diharapkan layanan *industry* maupun bidang lain dapat bekerja lebih baik. Adapun visi tersebut di bagi menjadi 3 skenario :

1. *Enhanced Mobile Broadband (eMBB)* : Dengan pertumbuhan permintaan *mobile broadband* yang terus meningkat, maka visi ini berupaya untuk menangani kasus *user* manusia dalam mengakses konten, layanan, dan data multi-media dengan kecepatan penuh mencapai 10 Gbps. Skenario penggunaan ini mencakup berbagai kasus, termasuk cakupan area luas dan hotspot yang memiliki persyaratan berbeda. Contoh implementasi yang menggunakan eMBB seperti AR/VR, *Live sport*, 3 D/8K HD Vidio.
2. *Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC)*: Pada visi ini memiliki persyaratan ketat untuk kemampuan seperti *throughput* atau kecepatan data yang baik, *latency* sebesar 1 ms dan ketersediaan (*availability*) yang tinggi untuk menunjang berbagai peralatan atau sistem yang bekerja dengan lancar dan latensi yang rendah. Contoh program dari implementasi visi URLLC adalah *wireless*

control dari proses manufaktur atau produksi industri, operasi medis jarak jauh, otomasi distribusi dalam *smart grid*, keselamatan transportasi, dll.

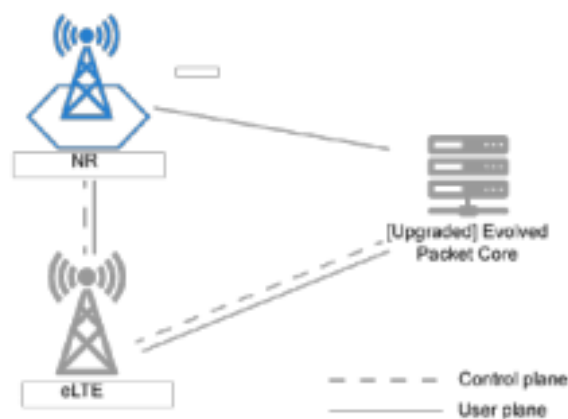
3. *Massive Machine Type Communications* (mMTC): Visi ini diharapkan dapat menampung besarnya jumlah *device* yang terhubung dengan koneksi 5G dimana perangkat dapat terhubung sebesar 1 juta koneksi per km². Skema ini melakukan pengiriman data yang sensitif tanpa *delay* yang berada pada volume relatif rendah, perangkat berbiaya rendah, serta memiliki daya tahan baterai yang sangat lama. Contoh implementasi dari visi mMTC adalah *Smart city*, *ioV*[10].

2.2.3 ARSITEKTUR 5G NEW RADIO (NR)

Perancangan jaringan 5G NR dibagi menjadi dua jenis arsitektur jaringan yaitu :

a. *Non-Stand Alone*

Jaringan yang disebut *Non Stand Alone* atau jaringan tidak mandiri yang artinya jaringan 5G yang masih di dukung oleh infrastruktur jaringan 4G LTE. Dalam *Non-Stand Alone* sel radio NR digabungkan dengan sel radio LTE menggunakan *dual connectivity* untuk menyediakan akses radio dan inti jaringan dapat berupa *Evolved Packet Core* (EPC) atau 5GC tergantung pada pilihan operator[10]



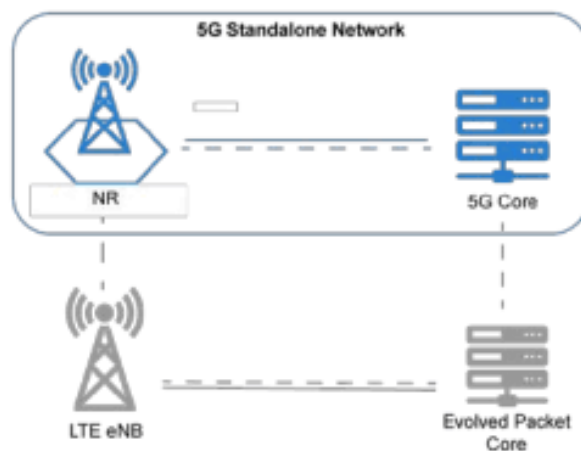
Gambar 2.2 Arsitektur jaringan *Non-Stand Alone*[10]

Dalam *Non-Stand Alone* terdapat *dual connectivity* dimana terdapat fitur E-UTRAN *New Radio* (NR), *Dual Connectivity* (EN-DC) yang mendukung 5G *New Radio* (NR) dengan *Evolved Packet Core* (EPC). *User Equipment* (UE) terhubung ke eNodeB bertindak sebagai *master node* (MN) dan e-gNB bertindak

sebagai *Node Sekunder* (SN), gNodeB biasa dihubungkan ke EPC melalui *interfaces* S1-U dan gNodeB lainnya melalui *interfaces* X2-U. eNodeB terhubung ke EPC melalui *interface* S1 dan gNodeB melalui *interfaces* X2. Keuntungan penggunaan jaringan NSA adalah konstruksi jaringan cepat karena tidak membutuhkan jaringan infrastruktur baru seperti jaringan 5G SA, sementara jaringan 5G SA perlu membangun infrastruktur radio 5G dan jaringan *core* 5G[10]

b. Stand Alone

Jaringan 5G *Stand Alone* mengacu pada jaringan 5G independen atau berdiri sendiri tanpa ada sistem operasi dari jaringan lain. Arsitektur jaringan *Stand Alone* memiliki *air interface* 5G baru disebut *New Radio* (NR) dan 5G *Core* (5GC) yang menyediakan pengalaman 5G *end to end* yang artinya pengguna dapat terhubung secara langsung secara sistematis dari awal sampai akhir. Jaringan ini masih akan beroperasi dengan yang ada pada jaringan 4G LTE untuk memberikan layanan berkelanjutan antara dua generasi jaringan[10]



Gambar 2.3 Arsitektur jaringan Stand Alone[10]

Berdasar gambar 2.3 jaringan 5G dapat beroperasi secara mandiri, pada waktu yang sama interoperasi dengan jaringan LTE berlangsung untuk mencangkup area yang belum dicakup oleh 5G lalu menggabungkan pengguna 5G dan *non* pengguna 5G. Keuntungan jaringan *Stand Alone* antara lain penyederhanaan dan peningkatan efisiensi yang menurunkan biaya dan meningkatkan kinerja *throughput* serta membantu pengembangan komunikasi

latensi rendah (URLLC). Perbedaan jaringan 5G NSA dengan 5G SA adalah dalam sistem pengoperasiannya jaringan NSA sinyal 5G masih menumpang di jaringan *core* 4G, sementara pada jaringan SA sistem pengoperasiannya dikendalikan langsung oleh 5G *core* tanpa ada campur tangan dari *core* 4G[7].

Tabel 2.2 Perbedaan jaringan *Stand alone* dan *Non-stand alone*[10]

Perbedaan		<i>Stand Alone</i>	<i>Non- Stand Alone</i>
<i>Spektrum Availability</i>	Sub- 6 GHz	Pilihan terbaik untuk jaringan <i>coverage</i>	Tergantung pada jaringan LTE untuk <i>coverage</i> yang baik
	<i>mmWave band</i>	Dapat bekerja dengan <i>Stand Alone</i> dengan menggunakan berbasis <i>hotspot</i>	Diperlukan untuk penyebaran jaringan berbasis <i>hotsopot</i>
<i>Service offerings</i>		Mencangkup semua pengguna termasuk eMBB dan yang lainnya tegantung URLLC dan mMTC	Hanya mendukung penggunaan eMBB
<i>Network KPI</i>	<i>Data rate (DL/UL)</i>	20 Gbps/10 Gbps	20 Gbps/10 Gbps
	<i>Latency</i>	1 ms	4 Ms

2.2.4 PERENCANAAN CAKUPAN AREA

Perencanaan jaringan bertujuan untuk membangun jaringan yang efektif dan efisien, maka dari itu banyak faktor yang perlu diperhatikan diantaranya adalah standar yang telah ditetapkan dan permintaan untuk memenuhi kebutuhan. Perencanaan jaringan seluler dibagi menjadi 2 yaitu perencanaan cakupan atau *coverage* dan perencanaan kapasitas atau *capacity*. Perencanaan cakupan area adalah perencanaan jaringan di suatu daerah yang akan dicakup oleh layanan jaringan seluler. Dalam perencanaan *coverage area* dipengaruhi oleh beberapa *factor* yaitu daya pancar, daya terima, *antenna gain*, *penetration loss*, *fading*

margin, perhitungan *link budget*, perhitungan *cell radius* dan lain-lain. Perhitungan *link budget* digunakan untuk mengetahui maksimal *pathloss* yang diizinkan atau MAPL antara antena gNodeB dengan antena UT (*User Terminal*) agar bisa tetap terhubung, sementara untuk mengetahui *cell radius* tergantung model propagasi yang digunakan. Perencanaan kapasitas, memperhitungkan banyaknya *user* yang dapat terhubung dan terlayani oleh gNodeB. Perencanaan berdasarkan kapasitas memperhatikan parameter banyaknya *user/km* daerah perencanaan dan *throughput* layanan maupun kapasitas sel dari suatu gNodeB[10]

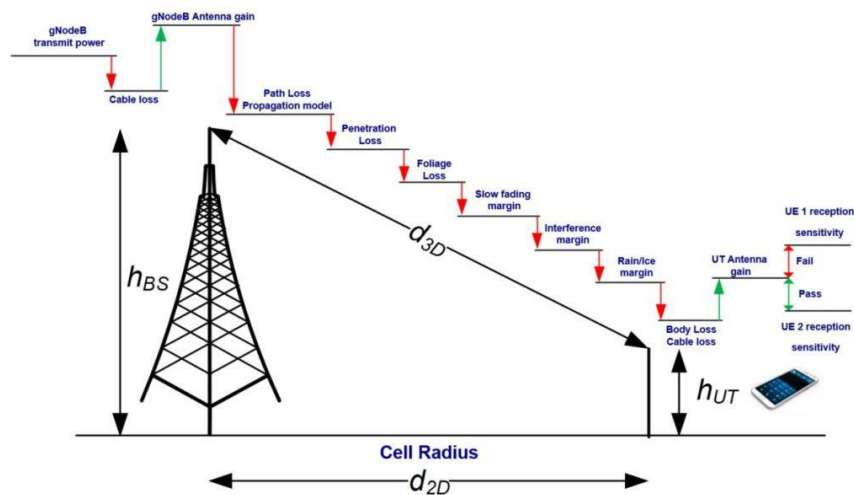
2.2.6 SKENARIO PERENCANAAN SELULER

Dalam perencanaan seluler di bagi menjadi berbagai macam *scenario* sebagai berikut :

- a. Skenario *uplink* yaitu sinyal transmisi dipancarkan dari arah *user terminal* menuju *base station*, sedangkan skenario *downlink*, sebuah sinyal transmisi yang dipancarkan dari arah *base station* menuju *user terminal*.
- b. Skenario *Outdoor-to-Outdoor* (O2O) adalah posisi *base station* dan *user terminal* berada di luar ruangan (*outdoor*) dan skenario *Outdoor-to-Indoor* (O2I), posisi *base station* berada di luar ruangan (*outdoor*), sementara posisi *user terminal* berada di dalam ruangan (*indoor*).
- c. Skenario *Line of sight* (LOS) merupakan kondisi jalur transmisi sinyal antara pengirim (Tx) dengan penerima (Rx) tanpa ada penghalang /*obstacle*, sedangkan skenario *Non - Line of sight* (NLOS) adalah kondisi dimana jalur transmisi sinyal antara pengirim (Tx) dengan penerima (Rx) terdapat penghalang / *obstacle*[10]

2.2.7 LINK BUDGET 5G NR

Perhitungan *link budget* bertujuan untuk mengetahui nilai *pathloss* maksimal pelemahan sinyal yang diterima antara *mobile antena* dan *mobile station antenna*. Pada penelitian ini akan memperhitungkan nilai MAPL pada sisi *uplink* dan *downlink* dengan nilai-nilai parameter yang digunakan pada tugas akhir ini.



Gambar 2.4 Faktor yang mempengaruhi *Link budget* 5G NR[11]

Faktor pada *link budget* di teknologi 5G dan 4G tidak memiliki perbedaan dalam konsep dasar. Namun, 5G mempunyai dampak *body block loss*, *foliage loss* dan *rain/ice margin* (terutama untuk *mmWave*). *Link budget* melibatkan 2 jenis factor:

1. Faktor-faktor yang pasti : factor yang sudah pasti ada dalam transmisi antara TX dan RX seperti (*power*, *antenna gain*, *noise figure*, *demosulation threshold*, *penetration loss*, dan *body loss*).
2. Faktor-faktor yang tidak pasti : dampak dari beberapa factor yang tidak pasti perlu dipertimbangkan, tidak terjadi kapan saja atau dimana saja dan dianggap sebagai margin tautan (*slow fading margin*, *rain/snow margin*, dan *interference margin*)[10].

Dari perhitungan *link budget* akan diperoleh nilai *Maksimum Allowable Path Loss* (MAPL) atau maksimal pelemahan sinyal yang diterima antara *mobile antenna* dan *mobile station antenna* pada sisi *downlink* maupun *uplink*, untuk mencari nilai MAPL dapat dihitung dengan paramater *link budget* pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Parameter *link budget* 5G New Radio[7]

<i>MAXIMUM ALLOWABLE PATH LOSS (MAPL)</i>	
<i>Comment parameter</i>	<i>Notasi</i>
<i>gNodeB Transmitter Power(dBm)</i>	a
<i>Resource block</i>	
<i>Subcarrier quantity</i>	b

<i>Comment parameter</i>	Notasi
<i>gNodeB antenna gain(dBi)</i>	c
<i>gNodeB cable loss(dBi)</i>	d
<i>Penetration loss(dB)</i>	e
<i>Folliage loss(dB)</i>	f
<i>Body block loss(dB)</i>	g
<i>Interference margin(dB)</i>	h
<i>Rain/Ice margin(dB)</i>	i
<i>Slow fading margin(dB)</i>	j
<i>UE antenna gain(dB)</i>	k
<i>Bandwidth(MHz)</i>	
<i>Kontanta boltzman (K) (mWs/K)</i>	
<i>Temperature(Kelvin)</i>	
<i>Thermal noise power(dBm)</i>	l
<i>UT noise figure(dB)</i>	m
<i>Demodulation threshold SINR(dB)</i>	n

Dalam perancangan *coverage* akan mempertimbangkan *loss* dan *gain* yang ada diantara *gNodeB* dan *User terminal* (UT), untuk melakukan perhitungan *coverage* dibutuhkan data *link budget* yang menunjukkan parameter yang digunakan oleh *User terminal* maupun *base station* yang terdapat pada Tabel 2.3. Terlebih dahulu menentukan nilai *Thermal Noise* menggunakan persamaan (2.1) dan *Subcarrier Quantity* menggunakan persamaan (2.2)[7]:

$$N_{thermal} = 10 \times \log(K \times T \times B) \quad (2.1)$$

Keterangan :

$N_{thermal}$ = *Thermal Noise*

K = *Konstanta Boltzmann* (1,38 x 10⁻²⁰ mWs/K)

T = *Temperatur* (293° K)

B = *Bandwith*

Tabel 2.4 Jumlah *resource block* untuk *midle frekuensi band*[4]

<i>Bandwidth</i>	<i>Subcarrier Spacing (SCS) (KHz)</i>		
	15 (KHz)	30 (KHz)	60 (KHz)
5 (MHz)	25	11	-
10 (MHz)	52	24	11
15 (MHz)	79	38	18
20 (MHz)	106	51	24
25 (MHz)	133	65	31
30 (MHz)	160	78	38
40 (MHz)	216	106	51
50 (MHz)	270	133	65
60 (MHz)	-	162	79
70 (MHz)	-	189	93
80 (MHz)	-	217	107
90 (MHz)	-	245	121
100 (MHz)	-	273	135

$$S_{cq} = RB \times SRB \quad (2.2)$$

Keterangan :

S_{cq} = *Subcarrier quatity*

RB = *Resource Block*

SRB = *Subcarrier per Resource Block* = 12

Hasil nilai perhitungan *pathloss* akan sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter yang digunakan pada *link budget*. Tujuan perhitungan *Pathloss* yaitu untuk mendapatkan nilai total rugi maksimum dari redaman sinyal antara UT dengan gNodeB, untuk menghitung *Pathloss* menggunakan persamaan (2.3) sesuai dengan Tabel 2.3 :

$$Pathloss \text{ (dBm)} = a - 10\log(b) + c - d - e - f - g - h - i - j + k - l - m - n \quad (2.3)$$

Mencari nilai d3D dari rumus *Pathloss* diatas dibutuhkan nilai d'BP, nilai h'BS dan nilai h'UT, d3D merupakan resultan jarak antara GnodeB dengan *user terminal* (UT), untuk menghitungnya dengan persamaan (2.4), (2.5), dan (2.6) :

$$h'BS = hBS - hE \quad (2.4)$$

$$h'UT = hUT - hE \quad (2.5)$$

$$d'BP = 4 \times h'BS \times h'UT \times fc / c \quad (2.6)$$

Keterangan :

hE = *height of equipment* (m)

hBS = tinggi dari gNB (m)

hUT = tinggi dari UT (m)

d'BP = jarak *break point* (m)

fc = frekuensi (GHz)

c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

h'UT = *The Effective Antenna Heights User terminal*

h'BS = *The Effective Antenna Heights Base Station*

Pada kasus *Non Line of sight* (NLOS) dengan model propagasi UMa, menggunakan persamaan (2.7)[6]:

$$(1) Lp \text{ (Uma-NLOS)} = 161.04 - 7.1 \text{ Log}_{10} (W) + 7.5 \text{ log}_{10} (h) - (24.37 - 3.7 (h/hBS)^2) \text{ log}_{10}(hBS) + (43.42 - 3.1 \text{ log}_{10} (hBS)) (\text{log}_{10} (d3D) - 3) + 20 \text{ log}_{10} (fc) - (3.2(\text{log}_{10}(17.625))^2 - 0.6(hUT-1.5))$$

$$(2) \text{ Optional PL yaitu} = 32,4 + 20 \text{ log} (fc) + 30 \text{ log log} (d3D) \quad (2.7)$$

Keterangan

Lp = nilai dari *Pathloss* (dBm)

d3D = resultan dari jarak antara hBS dan hUT (m)

h = tinggi rata-rata Gedung ($5m < h < 50m$)

W = Lebar jalan ($5m < W < 50m$)

hBS = tinggi antenna *base station* ($10m < hBS < 150 m$)

hUT = tinggi antenna *User terminal* ($1.5 m \leq hUT \leq 22.5 m$)

Nilai d2D (*Cell Radius*) dihitung menggunakan persamaan (2.8) :

$$d2D = \sqrt{((d3D)^2 - (hBS - hUT)^2)} \quad (2.8)$$

Coverage Area dalam satu *site* gNodeB dihitung menggunakan persamaan (2.9) :

$$CA = 2,6 \times d^2 \quad (2.9)$$

Keterangan

$CA = Coverage Area$ dari gNodeB (m^2)

$d = d2D$ atau *Cell Radius* (m)

Mencari jumlah *site* yang dibutuhkan dalam suatu wilayah perencanaan menggunakan persamaan (2.10) :

$$NgNodeB = \frac{\ell Area}{CA} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$\ell Area = Total$ luas permukaan wilayah (m^2)

$N_{gNodeB} = Jumlah$ gNodeB

2.2.8 MODEL PROPAGASI URBAN MACRO (UMa)

Model Propagasi *Urban Macro* (UMa) yaitu pemodelan propagasi standarisasi dari 3GPP 308.901. Model Propagasi ini digunakan pada daerah yang memiliki kota yang padat, pinggiran kota, dan kota. Dalam penggunaan model propagasi ini menggunakan persamaan (2.11), (2.12), dan (2.13)[7]:

A. *Line of sight* (LOS)

$PL_{UMa-LOS}, PL1 \rightarrow 10 m \leq d2D \leq d' Bp$; $PL2 \rightarrow d' Bp \leq d2D \leq 5km$

$$PL1 = 32,4 + 20 \log_{10} (d3D) + 20 \log_{10} (fc) \quad (2.11)$$

$$PL2 = 32,4 + 40 \log_{10} (d3D) + 20 \log_{10} (fc) - 10 \log_{10} ((d'BP)^2 + (hBS - hUT)^2) \quad (2.12)$$

B. *Non Line of sight* (NLOS)

$PL'_{UMa-NLOS} = 13,54 + 39,08 \log_{10} (d3D) + 20 \log_{10} (fc) - 0,6(hUT - 1,5)$

$$Option \quad PL = 32,4 + 20 \log_{10} (fc) + 30 \log_{10} (d3D) \quad (2.13)$$

$PL_{UMa-NLOS} = \max (PL_{UMa-LOS}, PL'_{UMa-NLOS})$

For $10 m \leq d2D \leq 5km$ [6]

2.2.9 PARAMETER SS-RSRP

Parameter *Secondary Synchronization - Reference Signal Received Power* atau biasa disebut dengan SS-RSRP merupakan parameter yang mengukur daya linier rata-rata pada *resource* elements yang membawa informasi *reference signal* dalam rentang frekuensi *bandwidth* yang digunakan. *Reference signal* dibawa oleh simbol tertentu pada satu *subcarrier* dalam *resource block*, sehingga pengukuran hanya dilakukan pada *resource* element yang membawa informasi *cell-specific reference signal*. SS-RSRP merupakan informasi level kuat sinyal pada suatu sel pada jaringan 5G, 4G dengan nama RSRP, 3G dikenal dengan RSCP, dan 2G dikenal dengan Rx Level[7].

Tabel 2.5 Kategori nilai SS-RSRP[6]

Kategori	Batas Nilai SS-RSRP (dBm)
Bagus	-70 s/d -90
Normal	-91 s/d -110
Buruk	-111 s/d -130

2.2.10 PARAMETER SS-SINR

Parameter *SS Signal-to-Noise and Interference Ratio* atau SS-SINR merupakan parameter yang menghitung rasio perbandingan kuat sinyal antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dibanding *noise background* yang muncul atau nilai rata-rata *power* diterima dengan rata-rata interferensi dan *noise*. Rasio ini disebut dengan level kualitas sinyal, pada 5G disebut dengan SS-SINR, 4G disebut dengan SINR, 3G disebut dengan E_c/N_0 , dan 2G disebut dengan nama $RxQual$ [7].

Tabel 2.6 Kategori nilai SS-SINR[6]

Kategori	Batas Nilai SS-SINR (dB)
Bagus	16 s/d >30
Normal	1 s/d 15
Buruk	<-10 s/d 0

2.2.11 PARAMETER DATA RATE

Data rate yaitu besaran kecepatan data akses actual yang diakses oleh *user* dan merupakan jumlah total kedatangan paket yang diterima pada tujuan selama interval waktu dibagi dengan durasi interval waktu tersebut. Satuan dari *data rate* adalah *bit per second* (bps). Pada tabel di bawah merupakan kategori nilai untuk *data rate* 5G[6].

Kategori	Batas Nilai Data Rate (dB)
Bagus	90 s/d 70 Mbps
Normal	69 s/d 40 Mbps
Buruk	39 s/d 10 Mbps