

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian [6] membahas tentang Perencanaan 5G NR berdasarkan cakupan area pada frekuensi mmwave 28 GHz di kawasan Industri pulogadung. Penelitian tersebut, menggunakan 8 skenario, yaitu kondisi *uplink* dan *downlink outdoor-to-outdoor* (O2O) dan *outdoor-to-indoor* (O2I), dalam kondisi *line of sight* (LOS) dan kondisi *non-line of sight* (NLOS). Penelitian ini menggunakan jenis propagasi Urban Micro (UMi) yang sesuai dengan standar 3GPP TR 38.901. Nilai pathloss, *cell radius* dan jumlah *site* ialah hasil yang, penelitian ini menggunakan software Mentum Planet versi 7.2.1 dalam simulasi dan mendapatkan nilai dari parameter SS-RSRP. Pada hasil simulasi yang didapatkan, bahwa untuk mengakomodasi trafik yang terdapat di kawasan industri Pulogadung, skenario *downlink* membutuhkan lebih banyak *site* dari pada skenario *uplink*, skenario O2O membutuhkan lebih sedikit *site* dibanding skenario O2I, dan pada kondisi LOS membutuhkan lebih sedikit *site* dibanding kondisi NLOS [6].

Pada penelitian [7] yang membahas tentang analisis kandidat pita frekuensi pada teknologi 5G NR yang cocok untuk penerapan di Indonesia berdasarkan kondisi alokasi spektrum frekuensi yang ada. Di Indonesia, pita frekuensi yang tersedia terbagi atas 3 macam, yaitu pada frekuensi rendah yaitu 700 MHz, Frekuensi tengah yaitu band 3,3 GHz sampai 4,2 GHz dan frekuensi tinggi pada band 24 GHz sampai 29,5 GHz. Untuk penerapan awal 5G di Indonesia, frekuensi yang paling cocok adalah band 3,3- 4,2 GHz yang termasuk dalam frekuensi tengah dengan tujuan dapat memenuhi kapasitas yang tinggi serta jangkauan yang lebih lebar [7].

Penelitian [8] melakukan uji coba di lingkungan perkotaan Hong Kong pada pita frekuensi 26, 28 GHz dan 3,5 GHz. Dari hasil yang dilakukan, didapatkan bahwa dalam area sekitar 200 meter, kecepatan *downlink* dari *carrier* 5G NR pada pita 3,5 GHz (*bandwidth* 100 MHz). Pilihan arsitektur jaringan *Non-Standalone* (NSA) berdasarkan rilis 5 standarisasi 3GPP 15, didapatkan bahwa pita 3,5 GHz memiliki rentang cakupan yang lebih baik dari

pada pita 28 GHz. Pita 26/28 GHz ini memiliki cakupan kecil karena kehilangan *propagation loss* dan *penetration loss* yang tinggi. Untuk pita 26-28 GHz, memiliki kecepatan *download* yang sangat tinggi baik di lingkungan *indoor* maupun *outdoor* [8].

2.2 5G New Radio (5G NR)

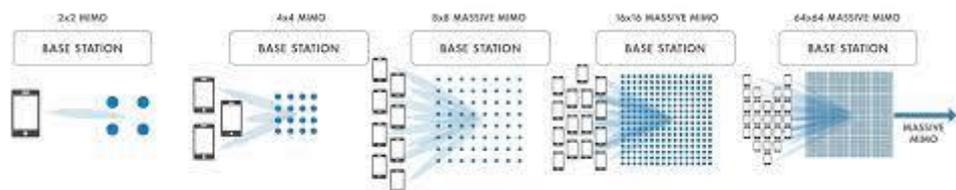
Teknologi 5G adalah generasi baru sistem radio dan arsitektur jaringan yang menawarkan konektivitas *broadband*, *ultra-resilient*, latensi yang sangat rendah, jaringan masif dan *Internet of Things*. Teknologi ini dikembangkan oleh 3GPP dari waktu ke waktu untuk mengatasi potensi skenario masa depan yang dimungkinkan oleh teknologi seluler. Pada teknologi 5G New Radio (NR) Frekuensi yang digunakan bermacam-macam misalnya frekuensi yang diatas 6 GHz disebut *millimeterwave*. cakupan area, kehandalan, kecepatan menjadi layanan yang dibrtikan [9].

2.3 Perkembangan Teknologi 5G NR

2.3.1 Massive MIMO

Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) adalah teknologi yang menggunakan beberapa antenna dalam mentransmisikan aliran data secara simultan.

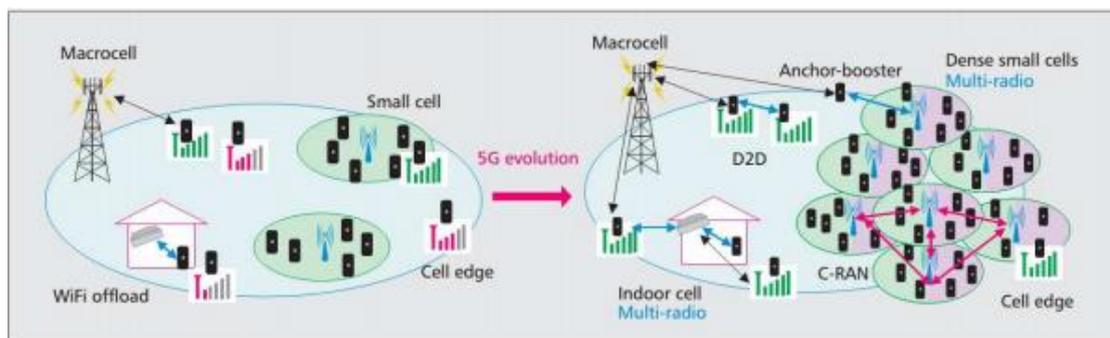
MIMO merupakan salah satu teknologi pada 5G New Radio (NR). Antena yang digunakan lebih dari satu pada stasiun pemancar dan stasiun penerima ialah fungsi dari MIMO. Pada Gambar 2.1 menjelaskan, pada sistem akses broadband nirkabel, MIMO menjadi teknologi yang disarankan untuk digunakan oleh IEEE 802.11n, 802,20 dan 802.16e. Pada dasarnya, MIMO telah digunakan pada teknologi 4G contohnya pada LTE advanced konfigurasi yang digunakan mencapai 8x8. [10]



Gambar 2.1 Model Sistem Massive MIMO

2.3.3 Advanced Radio Access Networks (RANs): Heterogeneous Networks (HetNets)

HetNets merupakan teknologi yang mengacu pada kombinasi jaringan dari berbagai macam sel seperti *makro*, *piko* atau *sel femto* dan teknologi akses yang berbeda yaitu 2G, 3G, 4G, Wi-Fi. Pada Gambar 2.2 dengan teknologi yang mengintegrasikan beragam topologi area cakupan, operator sangat dimungkinkan memberikan pengalaman kepada pelanggan yang lebih konsisten dibandingkan dengan apa yang dapat dicapai dengan jaringan homogen [11].



Gambar 2.2 Infrastruktur *heterogeneous networks*

2.4 Visi 5G New Radio (5G NR)

Standar 5G NR telah dibuat oleh *International Telecommunication Union* (ITU) dan telah diumumkan pada program *International Mobile Telecommunication* tahun 2020 (IMT-2020). IMT-2020 bertujuan untuk memajukan kemampuan sistem komunikasi *mobile* dan sistem aplikasi menjadi satu baris yang lebih efisien dalam fungsi yang berbeda. Seperti pada Gambar 2.3 visi teknologi 5G NR, terbagi menjadi tiga yaitu :

a) *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB)

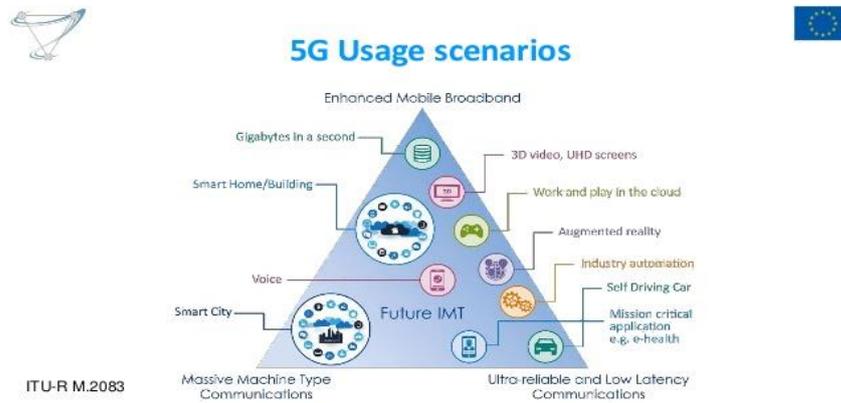
Menangani kasus pengguna untuk mengakses konten multimedia, layanan, dan data. Permintaan untuk *mobile broadband* akan terus tumbuh, mengarah ke *mobile broadband*. Skenario pengaplikasian ini mencakup kasus yang berbeda dengan persyaratan yang berbeda yaitu cakupan area dan *hotspot*.

b) *Ultra-Reliable Low Latency Communication* (URLLC)

Kasus penggunaan ini memiliki persyaratan ketat untuk fitur seperti throughput yang baik, latensi rendah, dan ketersediaan yang tinggi. Contohnya seperti operasi medis jarak jauh, keselamatan transportasi, dll.

c) *Massive Machine Type Communication (mMTC)*

Kasus penggunaan ini dicirikan oleh sejumlah besar perangkat yang terhubung, biasanya mentransmisikan data sensitif dengan kecepatan yang relatif rendah dan tanpa penundaan. Perangkat tersebut harus memiliki masa pakai baterai yang sangat lama dan biaya akuisisi yang rendah.



Gambar 2.3 Visi Teknologi 5G

2.5 Arsitektur Jaringan 5G NR

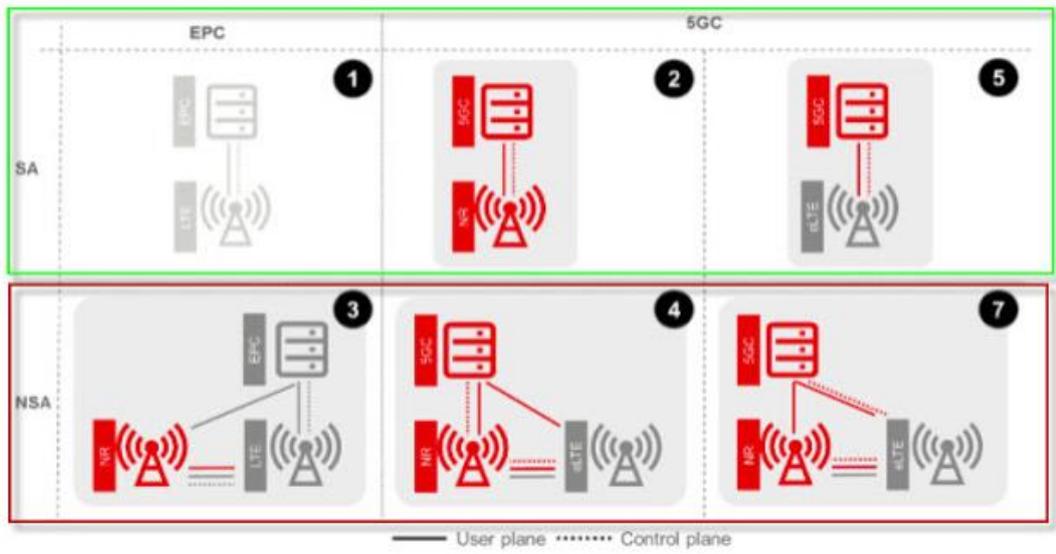
2.5.1 *Non-Stand Alone*

Non-Stand Alone ialah mode penyebaran jaringan yang berarti 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 *5G C* tergantung pada pilihan operator. Arsitektur ini banyak dipilih operator, dengan menggabungkan LTE dan *5G New Radio (NR)* dengan menggunakan EPC atau yang baru *5G Core* untuk memberikan layanan sel *user 5G*, solusi ini membuat hubungan erat dengan RAN LTE [12].

2.5.2 *Stand Alone*

Stand alone ialah jaringan yang berdiri sendiri. Arsitektur ini memiliki teknologi yang bernama *New Radio (NR)* dan *5G Core (5GC)*, arsitektur *stand alone* menyediakan pengalamatan *5G end to end*. Jaringan *stand Alone*

masih akan beroperasi dengan jaringan 4G LTE untuk memberikan layanan berkelanjutan antara dua generasi jaringan [12].



Gambar 2.4 Arsitektur jaringan *Stand Alone* dan *Non Stand Alone*

Pada Gambar 2.4 memperlihatkan, dengan arsitektur *stand alone* Jaringan 5G dapat beroperasi secara mandiri. Dan pada Tabel 2.1 dijelaskan perbedaan dari penggunaan arsitektur *Stand Alone* antara lain efisiensi, pengurangan biaya perangkat dan peningkatan kinerja *throughput* data, membantu dalam mengembangkan kasus penggunaan nirkabel serta komunikasi latensi rendah yang handal (URLLC).

Tabel 2.1 Perbedaan Jaringan *Stand Alone* dan *Non-Stand Alone*

Perbedaan		Stand Alone	Non-Stand Alone
<i>Spektrum Availability</i>	Sub-6 GHz	Pilihan terbaik untuk jaringan <i>coverage</i>	Tergantung pada jaringan LTE untuk <i>coverage</i>
	<i>mmWare band</i>	Dapat bekerjasama <i>Stand Alone</i> dengan menggunakan berbasis <i>hotspot</i>	Diperlukan untuk penyebaran jaringan berbasis <i>hotspot</i>
<i>Service Offerings</i>		Mencakup semua pengguna termasuk eMBB dan yang	Hanya mendukung penggunaan eMBB

		lainnya tergantung URLLC dan Mmtc	
Network KPI	Data rate (DL/UL)	20 Gbps/10Gbps	20 Gbps/10Gbps
	Latency	1 ms	4 ms

2.6 Perencanaan Cakupan Area

Perencanaan jaringan umumnya bertujuan untuk membangun jaringan yang efektif dan efisien, sehingga banyak faktor yang perlu dipertimbangkan, seperti pengaturan standar dan permintaan untuk memenuhi persyaratan. Perencanaan jaringan seluler biasanya meliputi cakupan area dan kapasitas. Cakupan area adalah rencana jaringan yang dilihat dari area yang dicakup oleh jaringan. Perhitungan radio *link budget* digunakan untuk menentukan pathloss maksimum yang diperbolehkan antara antena gNodeB dan UT dan model propagasi digunakan untuk menentukan radius sel. Perencanaan kapasitas untuk berapa banyak pengguna yang dapat terhubung dan dilayani oleh gNodeB. Perencanaan berbasis kapasitas mempertimbangkan kapasitas sel gNodeB serta area perencanaan pengguna/Km dan parameter *throughput* layanan [13].

2.7 Model Propagasi Jaringan 5G

Ada beberapa skenario utama yang dipertimbangkan pada model kanal 5G NR, antara lain :

2.7.1 Model Propagasi RMa (*Rural Macrocell*)

Model pathloss RMa biasanya digunakan untuk pemancar (Tx) di atas ketinggian 35 meter. Yang paling penting, prediksi statistik kekuatan sinyal yang diterima di daerah pedesaan (rural). Model pathloss ini dapat dikembangkan dengan menggunakan sinyal *narrowband* atau *wideband* karena rata-rata tingkat daya yang diterima dalam domain lokal (waktu atau ruang) berasal dari *bandwidth* [14].

Rumus yang digunakan Pada model propagasi RMa (*Rural Macro*) untuk kasus *Line of Sight* (LOS) [15], ialah :

$$PL1 = 20 \log_{10} (40\pi d^3 D f c / 3) + \min (0.03 h^{1.72}, 10) \log_{10} (d^3 D) - \min (0.044 h^{1.72}, 1.14.77) + 0.002 \log_{10} (h) d^3 D \quad (2.1)$$

$$PL2 = PL1(dBP) + 40\log_{10} (d3D/dBP) \quad (2.2)$$

Keterangan :

PL = *Pathloss* (dBm)

d3D = Resultan dari ($h_{BS}-h_{UT}$)

fc = Frekuensi (GHz)

Dan rumus pada kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) [15] :

$$PL (UMa - NLOS) = 161.04 - 7.1\log_{10} (W) + 7.5\log_{10} (h) - (24.37 - 3.7h/h_{BS})^2 \log_{10} (h_{BS}) + (43.42 - 3.1 \log_{10} (h_{BS}))(\log_{10} (d3D) - 3) + 20\log_{10} (fc) - (3.2(\log_{10} (11.75))^2 - 4.97) \quad (2.3)$$

Keterangan :

PL = *Pathloss* (dBm)

d3D = resultan dari h_{BS} dan h_{UT} (m)

W = *weidht street* (m)

h = *height building* (m)

fc = frekuensi (GHz)

h_{BS} = *height base station* (m)

h_{UT} = *height UT* (m)

2.7.2 Model Propagasi UMa (*Urban MacroCell*)

Pada model propagasi UMa (*Urban Macro*) untuk kasus *Line of Sight* (LOS) [15], mempunyai rumus :

$$PL1 = 22.0 \log_{10} (d3d) + 28.0 + 20 \log_{10} (fc) \quad (2.4)$$

$$PL2 = 40 \log_{10}(d3d) + 28.0 + 20 \log_{10} (fc) - 9 \log_{10} ((d'BP)^2 (h_{BS} - h_{UT})^2) \quad (2.5)$$

Keterangan :

PL = *Pathloss* (dBm)

D3D = resultan dari $h'_{BS}- h'_{UT}$)

Fc = Frekuensi

Dan rumus pada kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) [15] :

$$PL (UMa - NLOS) = 161.04 - 7.1 \log_{10} (W) + 7.5 \log_{10} (h) - (24.7 - 3.7(h/(BS))^2 \log_{10} (h_{BS})) + (43.42 -$$

$$3.1 \log_{10}(h_{BS}) (\log_{10}(d_{3D}) - 3) + 20 \log_{10}(fc) - (3.2(\log_{10}(17.625))^2 - 0.6(h_{UT} - 1.5)) \quad (2.6)$$

Keterangan :

- PL = *Pathloss* (dBm)
- d3D = resultan dari h_{BS} dan h_{UT} (m)
- W = *weidht street* (m)
- h = *height building* (m)
- fc = frekuensi (GHz)
- h_{BS} = *height base station* (m)
- h_{UT} = *height UT* (m)

2.7.3 Model Propagasi Umi (Urban Microcell)

Pada model propagasi UMi (Urban Micro) untuk kondisi *Line of Sight* (LOS), mempunyai rumus [16] :

$$PL1 = 33.24 + 21 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(fc) \quad (2.7)$$

$$PL2 = 40 \log_{10}(d_{3D}) + 28.0 + 20 \log_{10}(fc) - 9 \log_{10}((d_{BP})^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2) \quad (2.8)$$

Keterangan :

- PL = *Pathloss* (dBm)
- d3D = Resultan dari ($h'_{BS} - h'_{UT}$)
- fc = Frekuensi

Dan rumus pada kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) [15] :

$$PL(UMi - NLOS) = 36.7 \log_{10}(d_{3D}) + 22.7 + 26 \log_{10}(fc) - 0.3(h_{UT} - 1.5) \quad (2.9)$$

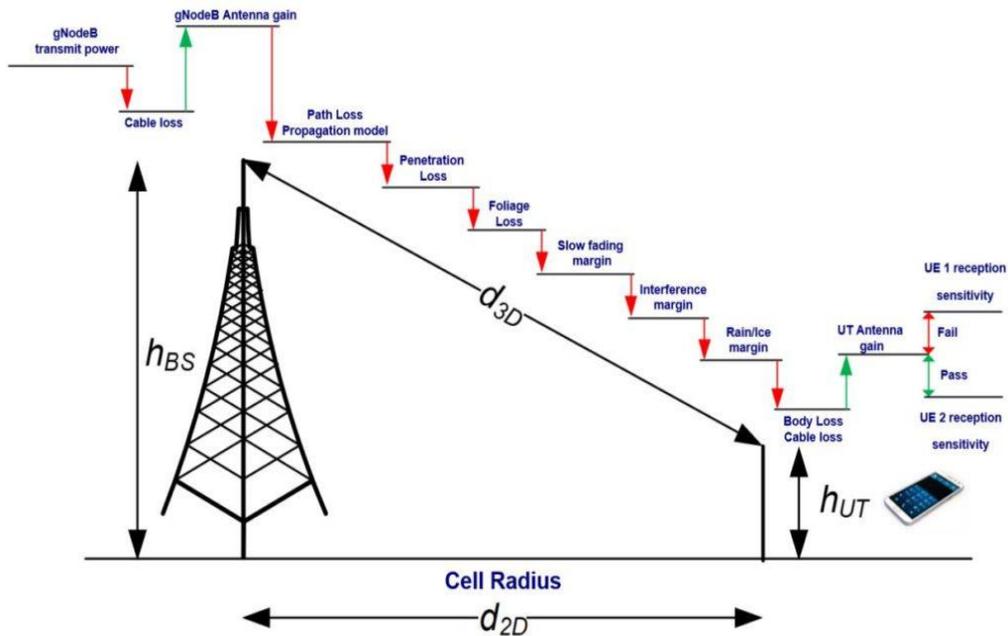
Keterangan :

- PL = nilai *pathloss* (dBm)
- d3D = resultan dari h_{BS} dan h_{UT} (m)
- fc = frekuensi (GHz)
- h_{UT} = *height UT* (m)

2.8 Link budget

Perhitungan *link budget* bertujuan untuk memperkirakan nilai redaman jalur antara antenna mobile dan antenna mobilestation atau redaman maksimum dari sinyal yang diterima. Penelitian ini berfokus pada penghitungan *pathloss*

pada sisi *uplink* dan *downlink* dengan parameter yang digunakan seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Faktor yang mempengaruhi *Link budget*

Faktor-faktor yang mempengaruhi *link budget* di pada 5G dan 4G hampir sama. Namun, pada 5G terdapat dampak dari *foliage loss*, *body block loss*, dan *rain/ice margin* [17].

Perhitungan *Gain* dan *Loss* total digunakan untuk menyimpulkan level sinyal yang diterima/*received signal level* (RxSL) di penerima (UT). Langkah pertama adalah menentukan nilai *pathloss*, untuk mendapatkan nilai tersebut dibutuhkan beberapa perhitungan parameter lain yang nilainya secara tidak langsung di dapatkan yaitu parameter lain yang nilainya tidak secara langsung di dapatkan yaitu parameter *thermal noise* dan *subcarrier quantity*. *Thermal noise* adalah suatu *noise* yang diakibatkan karena adanya efek panas dari suatu perangkat dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.10.

Perhitungan *Thermal Noise* :

$$N_{Thermal} = 10 \times \log (10(k \times T \times B)) \quad (2.10)$$

Keterangan :

K = Konstanta Boltzman (1.38×10^{-20} mWs/K)

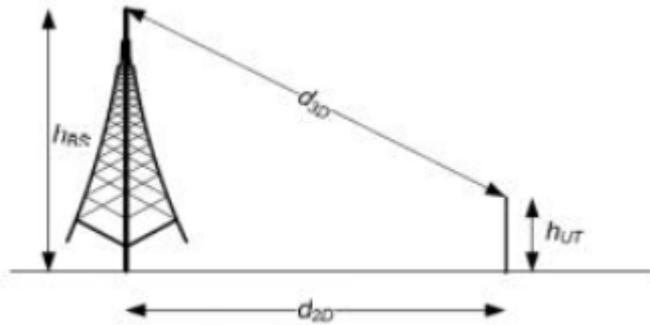
T = Temperatur (293° K)

B = *Bandwidth* (30 MHz)

Selanjutnya melakukan perhitungan *Pathloss* (PL) dimana untuk melakukan perhitungan ini digunakan persamaan 2.11 Perhitungan *Pathloss* :

$$PL \text{ (dB)} = A - (10 \times \log(C)) + D - E - F - G - H - I - J - K + L - P - Q - R \quad (2.11)$$

Kemudian, dibutuhkan nilai 'd_{2D}' (jarak antara pemancar dan penerima/jari-jari *cell*) dan 'fc' (frekuensi *center*). Dapat disimpulkan bahwa *cell radius* atau 'd_{2D}' ditentukan oleh rumus *pythagoras* dengan ketentuan seperti Gambar 3.2.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Pythagoras antara d_{3D} ; d_{2D} dan (h_{BS}-h_{UT})

Setelah nilai d_{3D} akan didapat dari perhitungan PL model propagasi, kemudian dapat menghasilkan nilai d_{2D} sebagai *cell radius* dari rumus *pythagoras*.

$$d_{2D} = \sqrt{(d_{3D})^2 - (h_{BS} - h_{UT})^2} \quad (2.12)$$

Dengan mengetahui *cell radius*, dapat disimpulkan area yang dapat dicakup oleh 1 gNodeB menggunakan rumus *coverage* dengan 1 sektor, yaitu:

$$(CA) = 2,6 \times d^2 \quad (2.13)$$

Terakhir, jumlah gNodeB yang dibutuhkan dalam cakupan area yang ingin dilakukan perancangan dapat dihitung dengan :

$$\text{Jumlah gNodeB} = \frac{(\text{Total luas permukaan daerah (Km}^2))}{(\text{CA dari 1 gNodeB (km}^2))} \quad (2.14)$$

2.9 5G NR Resource Block

Pada jaringan 5G NR, 1 *Resource Block* (RB) berisi 12 *sub-carrier* dalam domain frekuensi yang mirip dengan LTE. Dalam *bandwidth* blok sumber daya LTE ditetapkan hingga 180 KHz tetapi dalam NR tidak tetap dan bergantung pada jarak *sub-carrier* [18].

Penelitian ini menggunakan *bandwidth* sebesar 30 MHz dan *subcarrier spacing* sebesar 30 KHz. Jumlah RB dapat dilihat pada Tabel 2.2 :

Tabel 2. 2 Jumlah Resource Block untuk Frequency 700 MHz dan 2,3 GHz

μ	0	1	2
SCS (KHz)	15 (KHz)	30 (KHz)	60 (KHz)
5 (MHz)	25	11	N/A
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)	N/A	162	79
70 (MHz)	N/A	189	93
80 (MHz)	NA	217	107
90 (MHz)	N/A	245	121
100 (MHz)	N/A	273	135

2.10 Parameter *Synchronization Signal-Reference Signal Receivedpower* (SS-RSRP)

Synchronization signal-reference signal received power (SS-RSRP) ialah parameter untuk mengukur kekuatan sinyal. Dimana *User terminal* (UT) melakukan pengukuran pada kekuatan sinyal yang diterima pada *Secondary Synchronization Signal* (SSS) untuk setiap pemancar *cell* terdekat.

Secondary Synchronization - Reference Signal Received Power (SS-RSRP) diartikan sebagai rata-rata daya (Watt) dalam satu waktu yang diukur pada *User terminal* (UT) dari sinyal sinkronisasi sekunder (SS) yang diterima dari pemancar *cell*. Pada gNodeB, terdapat sejumlah *Synchronization Signal Blocks* (SSBs) dikonfigurasi untuk mengkodekan [19].

SS-RSRP merupakan salah satu parameter yang akan dianalisis pada perencanaan jaringan 5G NR pada tugas akhir ini, dengan legenda nilai SS-RSRP pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Legenda dari Nilai SS-RSRP [20]

SS-RSRP (dBm)	Legend	Keterangan
< -120		Sangat buruk
-120 s/d -110		Buruk
-110 s/d -95		Cukup
-95 s/d -75		Baik
-75 s/d -65		Sangat Baik
-65 s/d - 0		<i>Excellent</i>

2.11 Parameter *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR)

SINR merupakan perhitungan untuk menentukan kualitas dari suatu sinyal frekuensi. Minimum RSRP dan SINR yang sesuai tergantung dengan *bandwidth* frekuensinya.

Parameter yang akan dianalisis pada perencanaan jaringan 5G NR pada tugas akhir ini yaitu SS-SINR dengan legenda dari nilai SS-SINR pada Tabel 2,3, yaitu :

Tabel 2. 4 Legenda dari Nilai SS-SINR [20]

SINR (dB)	Legend	Keterangan
<0		Sangat buruk
0 s/d 5		Buruk
5 s/d 10		Cukup
10 s/d 20		Baik
20 s/d 30		Sangat Baik
>30		<i>Excellent</i>

2.12 Software Yang Digunakan

Pada Penelitian ini menggunakan *software* Atoll 3.4. Atoll adalah perangkat lunak yang berfungsi untuk mendesain jaringan nirkabel multi-teknologi yang mendukung operator nirkabel dari desain awal hingga pengoptimalan jaringan. Atoll mencakup kemampuan desain jaringan *RAN-multiple* RAT yang terintegrasi untuk radio 3GPP dan 3GPP2 teknologi akses termasuk 5G NR, LTE, NB-IoT, UMTS, GSM, dan CDMA. Ini menyediakan

operator dan vendor dengan kerangka kerja yang kuat untuk merancang dan mengoptimalkan jaringan multi-teknologi terintegrasi saat ini dan di masa depan. Atoll mendukung kemajuan teknologi terkini seperti MIMO masif, *beamforming* 3D, dan *mmWave* propagasi untuk desain dan peluncuran jaringan 5G. Fitur integrasi dan penyesuaian Atoll membantu operator menyederhanakan perencanaan dan pengoptimalan jaringan [20].

2.13 Deskripsi Wilayah Perencanaan

2.13.1 Pengertian Kawasan Industri

Menurut Peraturan Pemerintah No. 24 tahun 2009, Kawasan Industri mempunyai arti sebagai kawasan tempat pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh perusahaan kawasan industri yang telah memiliki izin usaha kawasan industri [21].

2.13.2 Deskripsi Kawasan Industri Jababeka

Kawasan Industri Jababeka terletak di Kota Jababeka, dengan luas 5.600 hektar dan merupakan pengembangan unggulan PT Jababeka Tbk, yang terdiri dari kawasan industri, perumahan dan komersial. Dengan luas lahan kurang lebih 1.700 hektar, Jababeka menjadi lokasi paling bergengsi di Indonesia untuk manufaktur, industri dan teknologi. Lanskapnya unik dengan berbagai fasilitas dan layanan berkualitas. Dirancang sepenuhnya dan memiliki infrastruktur yang lengkap dan modern yang mampu mendukung berbagai sektor industri serta komunitas perumahan yang memenuhi standar internasional. Sejak didirikan pada tahun 1989, Jababeka telah diakui sebagai kawasan industri paling sukses di Indonesia dalam hal menarik Perusahaan Multinasional, nasional dan UKM. Jababeka sangat cocok untuk komunitas industri modern, yang saat ini terdiri dari 730.000 karyawan yang bekerja di lebih dari 2.000 perusahaan dari 30 negara, termasuk Amerika Serikat, Jepang, Korea Selatan, dll [5].