

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Dalam Penelitian yang dilakukan Ghina Fahira; Alfin Hikmaturokhman; Achmad Rizal Danisya membahas mengenai Perencanaan 5G *New Radio* (NR) berdasarkan *coverage area* pada frekuensi *mmwave* 28 GHz di Kawasan Industri Pulogadung. Pada hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk mengakomodasi trafik yang terdapat di kawasan industri Pulogadung, skenario *downlink* membutuhkan lebih banyak *site* dari pada skenario *uplink*; skenario O2I membutuhkan lebih banyak *site* dari pada skenario O2O; dan skenario NLOS membutuhkan lebih banyak *site* dari pada skenario LOS. Dari parameter SS-RSRP yang diamati, skenario 8 (*downlink*-O2I-NLOS) memiliki nilai rata-rata SS-RSRP yang tertinggi, yaitu sebesar -74,45 dBm dan nilai rata-rata SS-RSRP yang terendah dihasilkan oleh skenario 1 (*uplink*-O2O-LOS), yaitu sebesar -99,54 dBm. Hal ini dikarenakan pada skenario 8 memiliki jumlah *site* terbanyak untuk mencakup *area* perencanaan [2].

Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh Septi Andi Ekawibowo pada tahun 2018, membahas mengenai analisis kandidat pita frekuensi pada teknologi 5G *New Radio* (NR) yang cocok untuk penerapan di Indonesia berdasarkan kondisi alokasi spektrum frekuensi yang ada. Dalam mempertimbangkan ketersediaan dari spektrum frekuensi di Indonesia yang didasari oleh tiga tingkatan kandidat pita frekuensi pada 5G *New Radio* (NR), yakni frekuensi 700 MHz di frekuensi rendah; 3,3 GHz-4,2 GHz di frekuensi medium; dan pita frekuensi 24,25-29,5 GHz di frekuensi tinggi, pita frekuensi yang paling cocok untuk penerapan awal di Indonesia adalah band 3,3-4,2 GHz dalam pita frekuensi medium untuk memenuhi kapasitas yang tinggi dan jangkauan yang dibutuhkan untuk tiga skenario penggunaan dari sistem 5G *New Radio* (NR). Sementara untuk memenuhi tuntutan *data rate* yang tinggi untuk eMBB dimana pemakaian pada ponsel yang berlaku sebagai pasar berharga di Indonesia, pita frekuensi 24,25-29,5 GHz yang paling cocok untuk inisial penerapan di Indonesia [3].

Dalam Penelitian pertengahan tahun 2018 oleh *Hutchison Telephone Company Limited* (HTCL) untuk melakukan uji coba jaringan 5G New Radio (NR) di pita frekuensi 26/28 GHz dan 3.5 GHz di lingkungan perkotaan Hong Kong. Dari hasil pengukuran, ditemukan bahwa dalam *area* sekitar 200 meter, kecepatan *downlink* dari *carrier* 5G New Radio (NR) pada pita 3.5 GHz dengan *bandwidth* 100 MHz sekitar 4 sampai dengan 5 kali lebih besar dari pada *carrier* 4G LTE pada pita 1.8 GHz dengan *bandwidth* 2×10 MHz. dengan opsi arsitektur jaringan *Non-Standalone* (NSA) berdasarkan rilis standarisasi 3GPP 15, ditemukan bahwa pita 3.5 GHz memiliki rentang cakupan lebih baik dari pada pita 28 GHz. Pita 26/28 GHz memiliki cakupan kecil karena kehilangan *propagation Loss* dan *penetration loss* yang tinggi tetapi, ketika dibandingkan dengan operator 4G di pita 1.8 GHz, pengukuran menunjukkan operator 5G New Radio (NR) memiliki jangkauan yang sebanding, kecepatan yang jauh lebih baik dan *user experience* yang lebih baik. Untuk pita 26/28 GHz, kecepatan *download* yang sangat tinggi masing-masing sebesar 4.8 Gbps dan 3.2 Gbps di lingkungan *indoor* dan *outdoor* [4].

2.2 5G NEW RADIO (NR)

Generasi ke-5 yaitu 5G New Radio (NR) yang telah dikembangkan oleh 3GPP selama bertahun-tahun dengan tujuan untuk mengatasi berbagai skenario yang akan diaktifkan oleh masa depan ditingkatkan teknologi *mobile*. 5G New Radio (NR) menyajikan banyak manfaat, seperti: eksploitasi pita frekuensi yang lebih tinggi untuk mendukung *bandwidth* transmisi yang sangat luas dan laju data yang sangat tinggi.

Frekuensi yang digunakan pada 5G New Radio (NR) bermacam-macam dan besar frekuensinya yang diatas 6 GHz biasanya disebut *millimeterwave*. Layanan yang memberlakukan cakupan *area*, kehandalan, kecepatan dan menuntut solusi dalam jaringan yang dibuat bermacam-macam. Teknologi 5G New Radio (NR) memiliki keuntungan dengan frekuensi tinggi akan memiliki kemampuan kecepatan data yang akan lebih cepat.

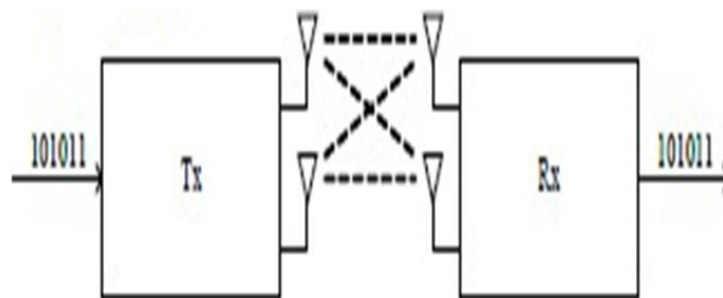
Secara global dimana, teknologi 5G New Radio (NR) akan berkembang dilakukan penelitian oleh berbagai penulis. Adapun berbagai *use case* yang sangat membutuhkan perhatian seperti *connected automotive*, *connected energy*, *wireless*

home entertainment, smart manufacturing, personal assistant, smart city, connected drones, social networks, cloud virtual dan augmented reality [5].

2.3 PERKEMBANGAN TEKNOLOGI 5G NR

2.3.1 Massive MIMO

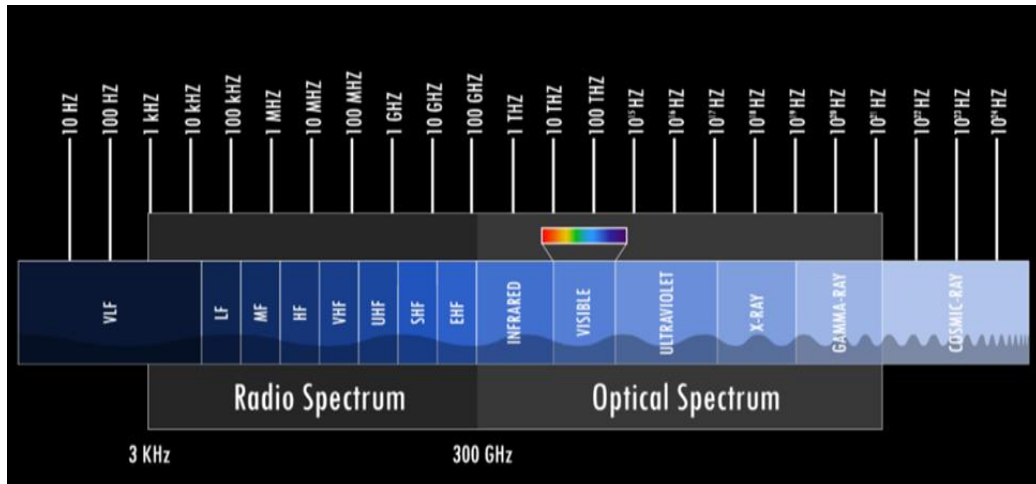
MIMO merupakan salah satu teknologi pada 5G *New Radio* (NR). *Massive* MIMO biasanya digunakan sebagai antenna dimana dalam tiap stasiun pemancar atau juga stasiun penerima menggunakan antenna yang lebih dari satu karena penjelasan dari MIMO sendiri *Multiple Input Multiple Output* dimisalkan MIMO memiliki konfigurasi 2x2 yang menjelaskan MIMO memiliki antenna 2 baik dari sisi penerima maupun sisi pemancar [1]. Teknik MIMO telah menjadi salah satu teknologi utama yang diusulkan dalam IEEE 802.16e, 802.11n, 802,20 untuk sistem akses *broadband* nirkabel. MIMO sebenarnya sudah digunakan dalam setiap stasiun pemancar dan penerima dalam teknologi 4G, contohnya konfigurasi MIMO 2x2. Sementara pada *LTE Advanced* menggunakan konfigurasi MIMO yang mencapai 8x8 [6].



Gambar 2. 1 Sistem MIMO [6]

2.3.2 Beyond 6 GHz (MilimeterWave)

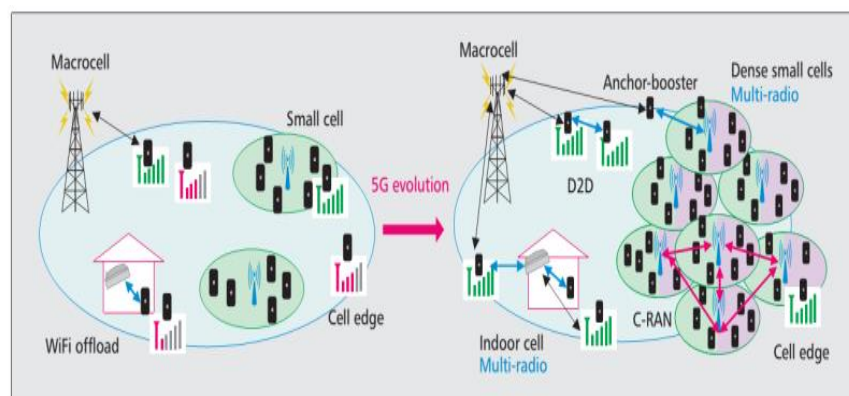
Teknologi *Beyond 6 GHz* disebut juga *milimeter band* yang berarti memiliki Panjang gelombang dari *range* 10 sampai 1 *milimeter*. Gelombang *milimeter* dikatakan *Extremely High Frequency* (EHF) karena memiliki spektrum dari 30-300 GHz. Penggunaan *bandwidth* yang lebih besar dimungkinkan menyebabkan kecepatan yang setara dengan penggunaan kabel (*fiber*) namun, salah satu kelemahan utama gelombang *milimeter* yaitu tidak dapat dengan mudah melewati bangunan atau rintangan, tetapi dapat diserap oleh dedaunan dan hujan [7].



Gambar 2. 2 Rentang Frekuensi Komunikasi Wireless [8]

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

Pada teknologi ini mengacu pada kombinasi jaringan sel yang bermacam-macam contohnya makro, piko atau sel femto dan juga berpacu pada teknologi akses yang bermacam-macam yaitu (2G, 3G, 4G, Wi-fi). Berbagai teknologi yang diintegrasikan pada *area* cakupan operator dapat berpotensi memberikan pelanggan mempunyai pengalasan yang lebih teratur dibanding yang didapat dari jaringan yang *homogen* [1].



Gambar 2. 3 Evolusi infrastruktur heterogeneous networks (HetNets) [1]

2.4 VISI 5G NEW RADIO (NR)

Standar 5G New Radio (NR) pada komunikasi *mobile* tertera pada IMT-2020. Teknologi 5G New Radio (NR) bertujuan untuk meningkatkan kemampuan sistem dari generasi sebelumnya. Teknologi 5G NR memiliki tujuan lainnya untuk dapat

menggabungkan sistem aplikasi dan komunikasi *mobile* yang berbeda menjadi satu baris jaringan yang mengerjakan fungsi berbeda dengan lebih efisien, untuk menentukan parameter sistem komunikasi 5G *New Radio* (NR) dengan mempertimbangkan pembagian yang diusulkan dari system tersebut menjadi tiga tujuan utama:

2.4.1 *Enhanced Mobile Broadband (eMBB)*

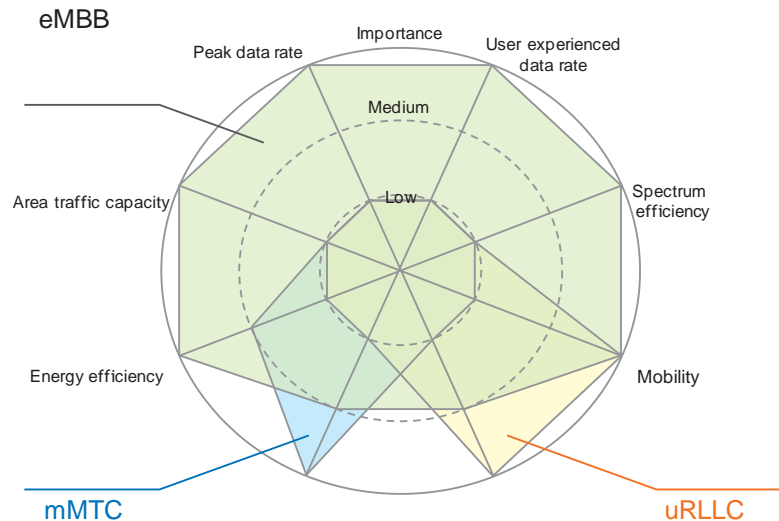
Menangani kasus *user* manusia untuk mengakses konten, layanan, dan data multi-media. *Broadband* seluler akan terus meningkat dimana, dalam layanannya tarif data yang tinggi, lalu lintas yang memiliki volume yang tinggi dan juga *area* cakupan yang luas [3]. Skenario penggunaan ini mencakup berbagai kasus, termasuk cakupan *area* luas dan *hotspot* yang memiliki persyaratan yang beda [9].

2.4.2 *Massive Machine Type Communications (mMTC)*

Kasus penggunaan ini ditandai dengan sangat besarnya jumlah *device* yang terhubung, biasanya dengan pengiriman data yang sensitive tanpa *delay* berada pada volume relatif rendah. Layanan ini *Massive Machine Type Communications* sangat ditandai dengan adanya perangkat-perangkat yang besar contohnya, salah satu seperti perangkat sensor, perangkat IOT yaitu juga biasanya perangkat-perangkat yang tidak menghasilkan data yang berjumlah kecil. Kesimpulannya (mMTC) ini data tarifnya sendiri tinggi tidak penting adalah kasus penggunaan mesin-senteris [10].

2.4.3 *Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC)*

Kasus penggunaan ini memiliki persyaratan ketat untuk kemampuan seperti *throughput* yang baik, *latency* yang rendah, dan ketersediaan (*availability*) yang tinggi. Layanan ini pada latensi yang sangat rendah diperlukan dan juga keandalan serta ketersediaan yang sangat tinggi juga diperlukan seperti ada contoh-contoh yaitu otomatisasi pabrik, *Mobil Self-Driving*, *e-Health*, Keselamatan lalu lintas itu mencakup manusia dan juga mesin-sinteris komunikasi [10].



Gambar 2. 4 Visi Teknologi 5G [9]

2.5 IMPLEMENTASI LAYANAN 5G *NEW RADIO* (NR)

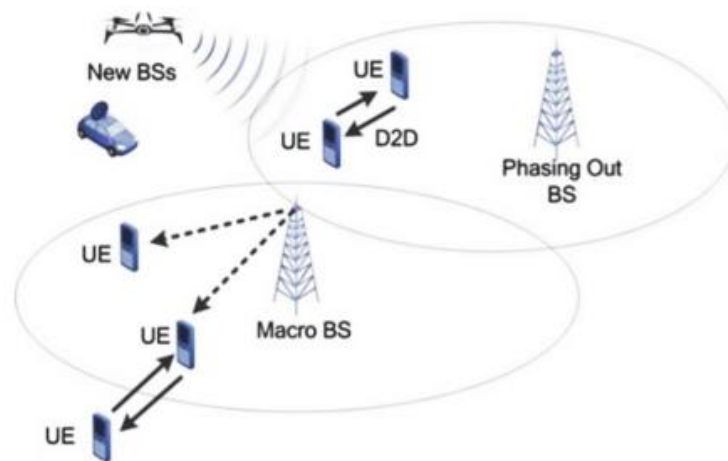
2.5.1 Komunikasi *Machine to Machine* (M2M)

Komunikasi *Machine to Machine* (M2M) merupakan salah satu yang dianggap penyediaan aplikasi yang canggih seperti *smart cities*, kendaraan otomatis dan juga otomatisasi pada bidang industri. Perangkat dalam pengembangannya yang besar dengan harga yang murah dan cakupan radio akses ditingkatkan didukung oleh *LTE Advanced*. *Machine to Machine* (M2M) biasanya akan melibatkan mesin satu dengan mesin yang lain dan juga pastinya sistemnya akan melakukan tukar-menukar informasi dengan menggunakan *remote servers* lewat jaringan seluler.

2.5.2 Komunikasi *Device to Device* (D2D)

Komunikasi *Device to Device* (D2D) ini memiliki *data rate* yang tinggi, daya yang rendah, dan juga layanan *low latency* antara pengguna akhir di jaringan 5G *New Radio* (NR) masa depan. Komunikasi D2D merupakan fitur yang memungkinkan *user* dapat berkomunikasi secara langsung tanpa melalui *access point* atau *base station*. Teknologi ini memungkinkan dua unit *user equipment* (UE) berkomunikasi satu dengan yang lain pada jarak tertentu, dan salah satu fitur lain yang sedang dikembangkan adalah dimana satu *user* yang didalam cakupan sel jaringan, dapat membagikan aksesnya dan memperluas cakupan sel dari jaringan.

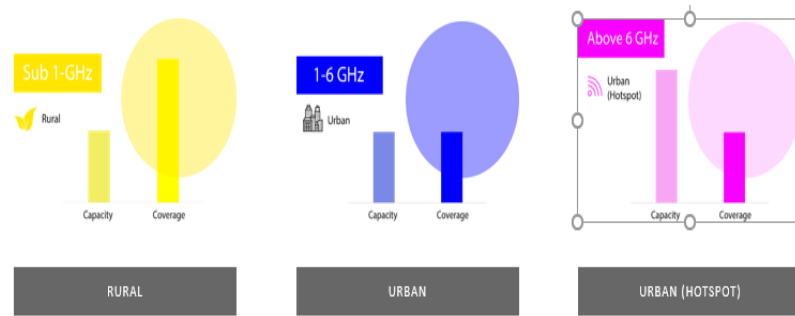
Perangkat *user* D2D juga akan berguna dalam perkembangan *Internet of Things* (IoT), dimana alat-alat akan saling terhubung dan dapat berkomunikasi. Sensor-sensor yang saling terhubung, bertukar data dan dapat membuat keputusan secara otomatis merupakan salah satu contohnya. Pemanfaatan lain dari komunikasi D2D adalah dapat membantu mengembalikan kondisi layanan pada daerah paska bencana dapat dilihat pada Gambar 2.5, bagaimana sistem komunikasi D2D dapat membantu membangun kembali jaringan seluler paska bencana.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Penggunaan D2D untuk Aplikasi Penanggulangan Jaringan pada Paska Bencana [11]

2.6 5G NR FREQUENCY SPECTRUM

- 1) Spektrum 1 GHz pada spektrum dibawah 1 GHz teknologi jaringan 5G *New Radio* (NR) menyediakan urban, sub urban, dan rural dengan frekuensi dibawah 1 GHz luas untuk cakupan *area*.
- 2) Spektrum 1-6 GHz pada cakupan dan juga kapasitas layanan frekuensi yang merupakan pilihan awal bagi seluruh operator di jaringan 5G *New Radio* (NR) ini merupakan yang paling bagus atau ideal dan juga pada *range spectrum* nya yang 3.3-3.8 GHz.
- 3) *Spectrum* diatas 6 GHz, merupakan frekuensi yang *range* nya tinggi atau biasa disebut *Ultra High Broadband Speed*. Frekuensi yang paling banyak dialokasikan di dunia internasional yaitu frekuensi 26 dan 28 GHz [12].



Gambar 2. 6 5G New Radio (NR) Spectrum [13]

2.7 KAPABILITAS DAN PERSYARATAN 5G NR

5G *New Radio* (NR) hingga sekarang masih belum mempunyai penetapan standar yang berlaku di dunia, dan organisasi telekomunikasi yang ada di dunia berlomba-lomba melakukan penelitian. Organisasi Internasional yang meregulasi radio dan telekomunikasi Internasional bernama *International Telecommunication Union* (ITU) [10].

Organisasi yang meregulasi radio dan telekomunikasi Internasional pada tahun 2020 mengeluarkan rekomendasi ITU-RM.0283-02, yang mengacu pada visi IMT” *Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond*” [3]. Pada tabel 2.1 akan menjelaskan rangkuman perbandingan kapabilitas 5G *New Radio* (NR) dengan teknologi yang ada pada sebelumnya.

Tabel 2. 1 Rekomendasi Pengembangan Kapabilitas 5G *New Radio* (NR) dari ITU [3]

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

Tabel 2.1 Rekomendasi Kapabilitas 5G (NR) dari ITU lanjutan

Parameter	IMT-2020	IMT <i>Advanced</i>
<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

Pada table 2.1 nMTC *Connection density* (kepadatan koneksi) adalah yang paling utama, sementara yang sangat tidak dibutuhkan yaitu *spectrum* (bps/Hz) pada kolom 3 dan *peak data rate* (Gbps) pada kolom 1. Pada URLLC, yang paling utama yaitu *latency* (ms) pada kolom 5 dan *mobility* (km/h) pada kolom 4. Pada eMBB, ada beberapa parameter yang penting diantara lain *peak data rate* (Gbps) pada kolom 1; *mobility* (km/h) pada kolom 4; *area traffic capacity* (Mbps/m²) pada kolom 6; *latency* (ms) pada kolom 5; *user experienced data rate* (Mbps) pada kolom 2; *connection density* (dev/km²) pada kolom 7; *mobility* (km/h) pada kolom 4.

2.8 ARSITEKTUR JARINGAN 5G NEW RADIO (NR)

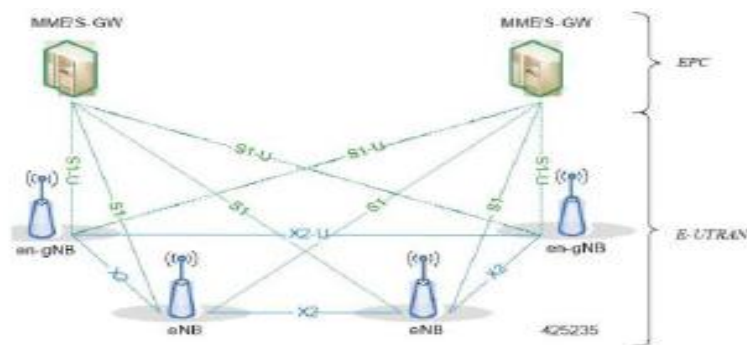
2.8.1 Non-Stand Alone

Mode pertama penyebaran jaringan disebut *Non Stand Alone* (jaringan tidak mandiri) yang berarti sel radio NR digabungkan dengan sel radio LTE menggunakan *dual connectivity* untuk menyediakan akses radio dan inti jaringan dapat berupa *Elvoved Packet Core* (EPC) tergantung pada pilihan operator.



Gambar 2. 7 Arsitektur Jaringan *Non-Stand Alone* [14]

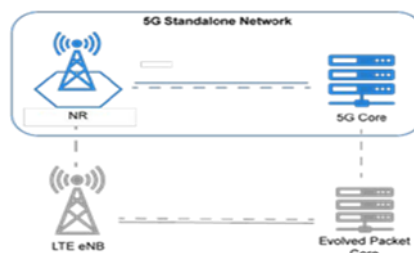
Dalam *Non-Stand Alone* terdapat *dual connectivity* dimana terdapat fitur E-UTRAN *New Radio* (NR), *Dual Connectivity* (EN-DC) yang mendukung 5G *New Radio* (NR) dengan *Evolved Packet Core* (EPC). *User Equipment* (UE) terhubung ke eNodeB bertindak sebagai *master node* (MN) dan en-gNB bertindak sebagai *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 [14].



Gambar 2. 8 Arsitektur EN-DC [15]

2.8.2 Stand Alone

Berbeda dari *Non Stand Alone* untuk jaringan 5G *New Radio* (NR) *Stand Alone* memiliki pengertian yang bertolak belakang dimana, kalau *Non Stand Alone* berarti tidak mandiri sedangkan *Stand Alone* berarti mampu mandiri. Jaringan *stand alone* menyediakan layanan dalam bentuk pengamatan 5G *New Radio* (NR) *end to end*, dan jaringan ini masih tetap beroperasi untuk memberikan layanan antara dua generasi yang masih berlanjut pada 4G.



Gambar 2. 9 Arsitektur Jaringan *Stand Alone* [14]

Pada gambar 2.9 menunjukkan bahwa jaringan 5G *New Radio* (NR) dapat beroperasi secara mandiri, pada waktu yang sama interoperasi dengan jaringan LTE

berlangsung untuk mencakup *area* yang belum dicakup oleh 5G *New Radio* (NR) lalu menggabungkan pengguna 5G *New Radio* (NR) dan *non* pengguna 5G *New Radio* (NR), keuntungan dalam *Stand Alone* antara lain efisiensi yang lebih mudah dan lebih baik, mengurangi biaya perangkat dan meningkatkan kinerja *throughput* data hingga ke batas jaringan, membantu pengembangan kasus penggunaan nirkabel serta komunikasi latensi rendah yang handal (URLLC) [14].

Tabel 2. 2 Perbedaan Jaringan *Stand Alone* dan *Non-Stand Alone* [16]

Perbedaan		<i>Stand Alone</i>	<i>Non-Stand Alone</i>
<i>Spectrum 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>hotspot</i>
<i>Service Offering</i>		Mencakup semua pengguna termasuk eMBB dan yang lainnya tergantung URLLC dan mMTC	Hanya mendukung penggunaan eMBB
Network KPI	<i>Data Rate</i> (DL/UL)	20 Gbps/10 Gbps	20 Gbps/10 Gbps
	<i>Latency</i>	1 ms	4 ms

2.9 PERENCANAAN JARINGAN 5G NEW RADIO (NR)

2.9.1 Perencanaan Jaringan Berdasarkan Cakupan Area

Pengertian dari perencanaan ini yaitu dimana sebuah wilayah akan dicakup lewat jaringan 5G *New Radio* (NR). Dalam melakukan perencanaan cakupan *area* akan dapat dipengaruhi beberapa parameter yaitu seperti diantaranya daya yang dipancarkan lalu daya yang diterima dan juga *path loss*; sensitivitas perangkat, melakukan perhitungan radius pada *link budget* dan juga radius *cell*.

Mengetahui radius sel dilakukan perhitungan melalui model propagasi yang digunakan, dan juga untuk mengetahui nilai MAPL antar gNodeB dan antenna UT maka akan dilakukannya perhitungan *Link Budget*. Mengetahui kapasitas yang baik dengan memperhatikan banyaknya pengguna dalam hitungan jaraknya/ km pada wilayah yang ingin dilakukannya perencanaan, bagaimana *throughput* layanan dari suatu gNodeB. Dan juga melakukan perhitungan dengan banyaknya pengguna yang bisa terhubung dan dilayani oleh gNodeB [17].

2.10 MODEL PROPAGASI JARINGAN 5G (NR) PADA OUTDOOR

2.10.1 Model Propagasi Rural Macrocell (3D-RMa)

Model *path loss* RMa umumnya digunakan untuk *transmitter* (Tx) dengan tinggi di atas 35 meter, dan yang terpenting adalah untuk memprediksi statistika dari kekuatan sinyal yang diterima (*received signal*) dalam *area* rural (pedesaan). *Path loss* skala besarnya berasal dari frekuensi pada saluran *outdoor macrocell*, kecuali untuk meter pertama dari *propagation loss* yang merupakan fungsi dari frekuensi kuadrat. Model *path loss* ini dapat dikembangkan menggunakan sinyal *narrowband* ataupun *wideband*, karena rata rata dari level daya yang diterima pada *area* lokal (dalam waktu atau ruang) berasal dari *bandwidth* [18].

Pada skenario 3D-RMa LOS memiliki *Path loss* (dB), f_c (GHz), *Distance* (m) yaitu [19] :

$$PL1 = 20\log_{10}(40\pi d3D / 3) \min(0.03h^{1.72}, 10) \log_{10}(d3D) - \min(0.44h^{1.72}, 14.77) + 0.002\log_{10}(h)d3D \quad (2.1)$$

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

Keterangan :

PL = nilai *path loss* (dBm)

$d3D$ = resultan dari nilai $(h'BS-h'UT)$ dan nilai $d2D$
 f_c = frekuensi (GHz)

Lalu skenario 3D-RMa NLOS memiliki memiliki *Path loss* (dB), f_c (GHz), *Distance* (m) yaitu : [19]

$$PL = 161.04 - 71 \log_{10}(W) + 7.5 \log_{10}(h) - 24.37 - 3.7(h / hBS)^2 \log_{10}(43.42 - 3.1 \log_{10}(hBS)) (\log_{10}(d3D) - 3) + 20 \log_{10}(f_c) - (3.2(\log(11.75hUT))^3 - 4.97) \quad (2.3)$$

Keterangan :

PL = nilai *path loss* (dBm)
 $d3D$ = resultan dari jarak antara hBS dan hUT (m)
 $d'BP$ = jarak *break point* (m)
 f_c = frekuensi (GHz)
 hBS = tinggi gNB (m)
 hUT = tinggi UT (m)

Kemudian *Applicability Range, Antenna Height Default Values* yaitu : [19]

$10 \text{ m} < d2D < 5000 \text{ m}$, $hBS = 35 \text{ m}$, $hUT = 1.5 \text{ m}$, $W = 20 \text{ m}$, $H = 5 \text{ m}$ $H = \text{avg. building height}$, $W = \text{street width}$ *Applicability ranges* : $5 \text{ m} < h < 50 \text{ m}$; $5 \text{ m} < W < 50 \text{ m}$; $10 \text{ m} < hBS < 150 \text{ m}$; $1 \text{ m} < hUT < 10 \text{ m}$.

2.10.2 Model Propagasi Urban Macrocell (UMa)

Model propagasi ini terjadi dengan 2 jenis yaitu *outdoor to outdoor* dan *outdoor to indoor* dengan tinggi TX biasanya sekitar 25 m; tinggi Rx sekitar 1,5-2,5 m dan ISD sebesar 500 m [20]:

Pada skenario 3D-UMa LOS memiliki *Path loss* (dB), f_c (GHz), *Distance* (m) yaitu [19]:

$$PL1 = 22.0 \log_{10}(d3D) + 28.0 + 20 \log_{10}(f_c) \quad (2.4)$$

$$PL2 = 40 \log_{10}(d3D) + 28.0 + 20 \log_{10}(f_c) - 9 \log_{10}((d'BP)^2(hBS - hUT)) \quad (2.5)$$

Keterangan :

PL = nilai *path loss* (dBm)
 $d3D$ = resultan dari nilai $(h'BS-h'UT)$ dan nilai $d2D$
 f_c = frekuensi (GHz)

Lalu skenario 3D-UMa NLOS memiliki memiliki *Path loss* (dB), f_c (GHz), *Distance* (m) yaitu [19]:

$$PL = \max(PL_{3D-UMi-NLOS}, PL_{3D-UMi-LOS}), PL(UMi - NLOS) = 161.04 - 7.1 \log_{10}(w) + 7.5 \log_{10}(h) - (24.37 \left(\frac{h}{h_{BS}}\right) \log(h_{BS}) + (43.42 - 3.1 \log_{10}(h_{BS}))(\log_{10}(d_{3D}) - 3) + 20 \log_{10}(f_c) - (3.2(\log_{10}(17.625))^2 - 0.6(h_{UT} - 1.5)) \quad (2.6)$$

Keterangan :

PL = nilai *path loss* (dBm)

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

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

f_c = frekuensi (GHz)

hBS = tinggi gNB (m)

hUT = tinggi UT (m)

2.10.3 Model Propagasi *Urban Micro* (3D - UMi)

Model Propagasi UMi juga hampir sama dengan model propagasi UMA yaitu memiliki *base stasiun outdoor to outdoor* dan *outdoor to indoor* yang biasanya pemasangannya dibawah dibawah tingkat *rooftop* gedung-gedung sekitar. Luas cakupan *area* terbuka biasanya sekitar 50-100 m; dengan tinggi Tx 10 m; tinggi Rx sekitar 1,5-2,5 m; dan ISD sekitar 200 m [20].

Tabel 2. 3 Ketentuan Parameter yang Digunakan untuk Model Umi-street

<i>Parameters</i>		<i>Ketentuan Umi-street canyon</i>
<i>Cell layout</i>		<i>Hexagonal grid, 19 micro sites, 3 sectors, per site (ISD = 200 m)</i>
Tinggi antena gNodeB (hBS)		10 m
Lokasi UT	<i>Outdoor/Indoor</i>	<i>Outdoor dan Indoor</i>
	LOS/NLOS	LOS dan NLOS
	<i>Height hUT</i>	1,5 – 22,5 m

Tabel 2.4 Ketentuan Parameter yang Digunakan untuk Model Umi-street lanjutan

<i>Parameters</i>	Ketentuan Umi-street canyon
Mobilitas UT (horizontal plane only)	3 km/h
Jarak minimal BS-UT	10 m

Pada skenario 3D-UMi LOS memiliki *Path loss* (dB), f_c (GHz), *Distance* (m) yaitu : [19]:

$$PL1 = 32.4 + 21 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c) \quad PL2 = 40 \log_{10}(d_{3D}) + 28.0 + 20 \log_{10}(f_c) - 9 \log_{10}((d'_{BP})^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2) \quad (2.7)$$

Keterangan :

PL = nilai *path loss* (dBm)

d_{3D} = resultan dari nilai (h'BS-h'UT) dan nilai d_{2D}

f_c = frekuensi (GHz)

Lalu skenario 3D-UMi NLOS memiliki memiliki *Path loss* (dB), f_c (GHz), *Distance* (m) yaitu [19]:

$$PL (UMi - NLOS) = 35.3 \log_{10} (d_{3D}) + 22.4 + 21.3 \log_{10} (f_c) - 0.3(h_{UT} - 1.5) \quad (2.8)$$

Keterangan :

PL = nilai *path loss* (dBm)

d_{3D} = resultan dari jarak antara h_{BS} dan h_{UT} (m)

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

f_c = frekuensi (GHz)

h_{BS} = tinggi gNB (m)

h_{UT} = tinggi UT (m)

Kemudian *Applicability Range, Antenna Height Default Values* pada 3D-UMi LOS yaitu :

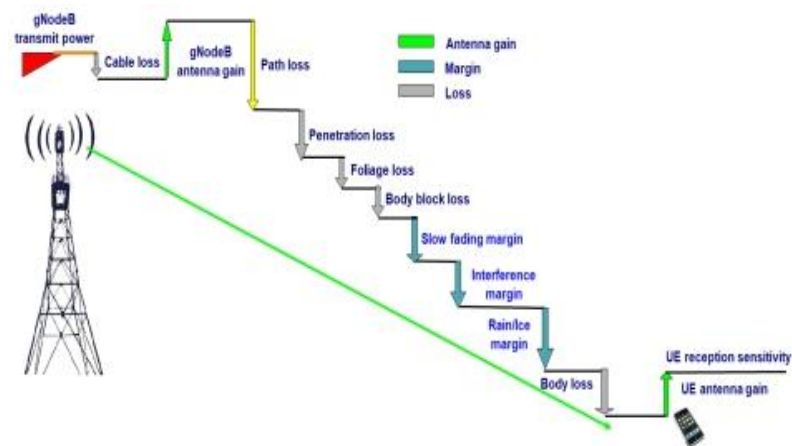
$$10m < d_{2D} < d'_{BP^1}, d'_{BP} < d_{2D} < 5000m^1, h_{BS} = 10m^1, 1.5 m \leq h_{UT} \leq 22.5m^1$$

Kemudian *Applicability Range, Antenna Height Default Values* pada 3D-UMi NLOS yaitu :

$$10\text{m} < d_{2D} < 2000\text{m}^2, h_{BS} = 10\text{m}, 1.5\text{m} \leq h_{UT} \leq 22.5\text{m}$$

2.11 LINK BUDGET

Pada perhitungan *link budget* bertujuan untuk memperkirakan nilai *Maksimum Allowable Path loss* (MAPL) atau maksimal pelemahan sinyal yang diterima antara *mobile* antena dan *mobile station* antena dengan nilai-nilai parameter yang digunakan pada skripsi ini seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Faktor yang Mempengaruhi Link Budget pada 5G New Radio (NR) [21]

Faktor pada *link budget* di teknologi 5G New Radio (NR) dan 4G tidak memiliki perbedaan dalam konsep dasar. Namun, 5G New Radio (NR) memperkenalkan dampak dari *body block loss*, *foliage loss* dan *rain/ice margin* (terutama untuk mmWave). *Link budget* melibatkan 2 jenis faktor [21]:

- Faktor-faktor yang pasti : setelah bentuk dan skenario produk ditentukan, parameter yang sesuai (*power*, *antenna gain*, *noise figure*, *demodulation threshold*, *penetration loss*, dan *body loss*). Faktor-faktor yang tidak pasti : dampak dari beberapa faktor 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*).

2.12 PARAMETER SECONDARY SYNCHRONIZATION - REFERENCE SIGNAL RECEIVED POWER (SS-RSRP)

Pada jaringan 5G *New Radio* (NR) untuk mengukur kekuatan sinyal dari sinyal referensi disebut *Synchronization signal-reference signal received power* (SS-RSRP). Proses pengerjaannya yaitu *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) didefinisikan sebagai rata-rata daya (Watt) dalam total waktu yang diukur pada *User Terminal* (UT) dari sinyal sinkronisasi sekunder (SS) yang diberikan pemancar *cell*. Sumber daya waktu pengukuran untuk SS-RSRP terbatas dalam durasi jendela *Secondary Synchronization - Physical Broadcast Channel* (SS-PBCH).

Pada gNodeB, terdapat sirkuit pemrosesan yang dikonfigurasi untuk mengkodekan sejumlah *Synchronization Signal Blocks* (SSBs). Setiap SSBs terkait dengan *beam* yang berbeda dari sejumlah *multiple-in-multiple-out* (MIMO) kemudian, masing-masing SSBs terdiri dari *Primary Synchronization Signal* (PSS); *Secondary Synchronization Signal* (SSS); dan *Physical Broadcast Channel* (PBCH) yang berisi informasi sistem [22].

2.13 PARAMETER SECONDARY SYNCHRONIZATION - SIGNAL-TO-NOISE RATIO (SS-SINR)

SS-SINR merupakan rasio perbandingan kuat sinyal antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dibanding *noise background* yang timbul (tercampur dengan sinyal utama). Dalam arti *rasio* yang antara rata-rata *power* diterima dengan rata-rata interferensi dan *noise*.

2.14 PARAMETER DATA RATE

Data rate merupakan besaran kecepatan akses data yang dapat diakses oleh *user* kuantitas dari data yang sukses di transfer antara *node* per unit waktu, biasanya di ukur dalam detik dimana, akan menghasilkan kecepatan data yang terbaik sesuai yang dirancang [23].

2.15 MENTUM PLANET VERSI 7.3.0

Dalam melakukan kegiatan perancangan pada jaringan seluler, dibutuhkan sebuah *planning tool* karena, perhitungan link budget tidak akan menyediakan lokasi *site* (*latitude* dan *longitude*). Bahkan jika lokasi *site* diberikan berdasarkan lokasi 4G yang sudah ada, tidak ada pilihan dalam *link budget* untuk menjalankan pemilihan *site* 5G *New Radio* (NR). Mentum Planet merupakan *planning tool* yang mempunyai fungsionalitas pemilihan lokasi dan perencanaan lapangan 5G *New Radio* (NR) yang sudah tertera pada persyaratan 3GPP, seperti memenuhi kebutuhan pemakaian teknologi *massive* MIMO dan *numerology* fleksibel, serta penggunaan frekuensi *mmwave*. *Software* Mentum Planet mempunyai propagation model yang akurat dan unik, sudah divalidasi untuk frekuensi 5G *New Radio* (NR) [24].