

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh SA Ekawibowo meneliti tentang “*Analysis of 5G Band Candidates for Initial Deployment in Indonesia*”, yang dimana membahas tentang Analisis calon frekuensi 5G band untuk penempatan diawal Indonesia. Penelitian ini mempertimbangkan ketersediaan spektrum frekuensi di Indonesia berdasarkan tiga *layers*. Band paling cocok untuk penyebaran kandidat awal di 5G adalah 3.3-4,2 GHZ di medium *frequency* untuk memenuhi *High Cover* dan *Coverage* yang dimana dibutuhkan untuk 3 skenario untuk penggunaan sistem 5G. Sementara itu untuk memenuhi permintaan *Data Rate* yang tinggi memakai konsep eMMB yang dimana *Mobile celluler* adalah pasar yang paling berharga di Indonesia, 24, 25-29 GHZ, adalah frekuensi yang paling cocok [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Ferdinanta Karo Karo, yang dimana meneliti tentang “*5G New Radio (NR) Network Planning at Frequency of 2.6 GHz in Golden Triangle of Jakarta*”, yang dimana membahas tentang 5G Planning di *frequency* 2600 MHz di area *Golden Triangle* Jakarta. Penelitian ini menggunakan software *Mentum Planet 7.4* dengan metode perencanaan *Coverage* di kawasan Segitiga Emas Jakarta. Perencanaan dalam studi kasus. Penelitian ini menggunakan model sebaran yang mengikuti perencanaan, menggunakan (*Urban Macro*) dan menggunakan 2 skenario perencanaan, *Outdoor-to-Outdoor* (O2O) *Line Of Sight* (LOS) dan *Outdoor-to-Outdoor* (O2O) tidak ada *Line Of Sight*. (NLOS). Hasil observasi parameter (SS-RSRP) menunjukkan bahwa Skenario 2 (*Downlink-O2O-NLOS*) memiliki rata-rata SS-RSRP tertinggi sebesar -65,873 dBm sedangkan mean SS-RSRP terendah dicapai pada skenario 1 (*Downlink O2O-LOS*), yaitu -95,94 dBm. Hasil pengamatan parameter (*Data Rate*) menunjukkan bahwa Skenario 2 (*Downlink-O2O-NLOS*) memiliki rata-rata *Data Rate* terendah sebesar 126,4 Mbps sedangkan Skenario 1 (*Downlink-O2O- LOS*) memiliki rata-rata *Data Rate* tertinggi sebesar 179.078 Mbps. Hasil pengamatan parameter (SSSINR) menunjukkan bahwa Skenario 2 (*O2O-NLOS Downlink*) memiliki rata-rata

SS-SINR terendah sebesar 2,153 dB sedangkan SS-SINR rata-rata tertinggi diperoleh pada Skenario 1 (*Downlink*)-O2O-LOS, yaitu. 4,71dB [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Ari Sukarno yang berjudul “*Performance Analysis of 5G Stand Alone Inter-band Carrier Aggregation*”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan 5G yang memiliki kecepatan *data* lebih besar dengan menggunakan teknik *Carrier Aggregation*. *Carrier Aggregation* (CA) merupakan cara yang mampu meningkatkan kecepatan *data* oleh operator komponen agregat, sehingga dapat membuat *bandwidth* yang lebih luas. Ada tiga mode skenario CA yang dapat digunakan: CA *Contiguous intra-band*, CA *Non-contiguous intra-band*, dan CA *Non-contiguous antar-band*. Pada Penelitian ini, perencanaan jaringan 5G dengan *Carrier Aggregation* pada *inter-band* menggunakan *bandwidth* 40 MHz pada frekuensi 2300 MHz dan *bandwidth* 100 MHz pada frekuensi 3500 MHz disimulasikan pada twitter Mentum Planet. Simulasi yang dilaksanakan di Kawasan Industri Marunda Center Bekasi menggunakan *Downlink outdoor-to-indoor* (O2I) dengan skenario *Line Of Sight* (LOS). Parameter yang dianalisis dalam Penelitian ini menggunakan tiga parameter utama yaitu SS-RSRP, SS-SINR dan *Data Rate*, yang menghasilkan CA SS-RSRP meningkat 0,14%, SS-SINR meningkat 4,48%, dan *peak Data Rate* meningkat hingga 1412,26 Mbps dari 312,872 Mbps [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Dhuja H.Y Pratama yang berjudul “*Performance Evaluation of Inter-band Carrier Aggregation for Low-Band and Mid-Band in 5G Network*”. Penelitian ini membahas tentang evaluasi performansi dari *Inter-Band Carrier Aggregation* untuk frekuensi *Low-Band* dan *mid-band* di jaringan 5G. Penelitian ini, *Inter-band Carrier Aggregation* (CA) meningkatkan kecepatan *data* dengan tetap mempertahankan luas cakupan. Frekuensi yang digunakan adalah 700 MHz dengan *bandwidth* 40 MHz dan 3500 MHz dengan *bandwidth* 100MHz. Ini simulasi menggunakan Mentum Planet Twitter versi 7.2 Penelitian ini mengamati Kawasan Industri Karawang dan menggunakan skenario *Outdoor-to-Outdoor* (O2O) dengan *Line Of Sight* (LOS). Parameter yang diamati adalah SS-RSRP, SS-SINR, dan *Data Rate*. Hasilnya, SS-RSRP meningkat sebesar 8,76%, SS-SINR meningkat

sebesar 0,83%, dan *peak Data Rate* meningkat dari 757,55 Mbps menjadi 1192,26 Mbps [10].

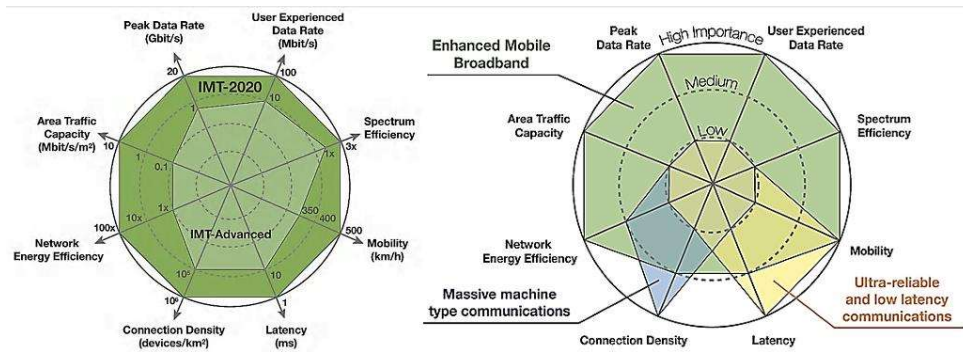
2.2 Teknologi 5G New Radio (NR)

Teknologi 5G New Radio (NR) merupakan istilah yang digunakan untuk penyebutan generasi kelima dari fase berikutnya dari 4G. Teknologi 5G NR merupakan sistem *wireless packet switch* yang memungkinkan untuk bisa digunakan pada ponsel dengan *bandwidth* yang lebih besar, 5G ini bertujuan sebagai kunci dunia digital yang akan berguna untuk transformasi ekonomi. Semakin besar angka pada generasi tersebut maka terdapat teknologi transmisi terbaru dan kecepatan *data* yang semakin cepat [11]. Teknologi yang digunakan oleh 5G NR adalah teknologi radio yang baru, teknologi 5G NR hanya digunakan untuk meningkatkan dari jaringan kapasitas 4G yang ada oleh operator jaringan. Kecepatan yang didapatkan oleh para pengguna juga bergantung pada pita spektrum operatornya masing-masing saat menggunakan jaringan 5G NR yang juga bergantung pada dana yang dikeluarkan operator yang untuk diinvestasikan pada pemancar baru dan tiangnya [12].

Dua organisasi standar yang berperan besar dalam pengembangan 5G adalah *International Telecommunication Union* (ITU) dan *3rd Generation Partnership Project* (3GPP). Persyaratan dan kriteria yang disusun oleh ITU untuk 5G dirangkum dalam *International Mobile Telecommunications 2020* (IMT-2020). Di mana tahun 2020 mencerminkan harapan untuk meluncurkan teknologi dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengembangan 5G NR merupakan bagian dari evolusi *mobile broadband* yang sedang berlangsung untuk memenuhi persyaratan 5G sebagaimana didefinisikan oleh IMT-2020, serupa dengan evolusi teknologi nirkabel 3G dan 4G. Teknologi 5G NR akan menghubungkan ponsel cerdas, mobil, meteran, perangkat yang dapat dikenakan, dll. Ini bertujuan untuk membuat *broadband* nirkabel seperti kabel dengan kinerja seperti serat dengan biaya per bit yang jauh lebih rendah. Dengan tingkat latensi, keandalan, dan keamanan baru, 5G NR akan berevolusi untuk menghubungkan *Internet of Things* (IoT) yang masif secara efisien dan menghadirkan jenis layanan penting misi baru. Standar 3GPP 5G NR,

ditentukan untuk dirilis dengan Versi 15 dari 3GPP dan dikembangkan lebih lanjut untuk menyertakan fitur, fungsi, dan layanan baru dari sana. NR akan menentukan antarmuka udara yang akan mendukung koneksi komunikasi generasi berikutnya [13].

Dari berbagai teknologi inti yang diperkirakan menjadi visi teknologi 5G, masing-masing skenario dapat didefinisikan ulang berdasarkan penerapan kebutuhan teknologi, *International Telecommunication Union (ITU)* di Rec. ITUR M 2083-0 membahas upgrade di IMT-2020, dimana ada delapan fitur utama dalam jaringan 5G, berbagai fitur yang mendukung skenario penggunaan yang berbeda. *International Mobile Telecommunication 2020 (IMT-2020)* menguraikan bagaimana perspektif untuk teknologi 5G di masa depan, yang dapat dilihat di uraian Gambar 2.1 [14]



Gambar 2.1 *Capability Persective from the ITU-R IMT-2020* [14].

Dalam 8 fitur yang ada pada Gambar 2.1 tersebut, dibagi menjadi 3 bagian utama yang terdapat pada, yaitu:

a. *Enhanced Mobile Broad Band*

Pada fitur ini berfokus kepada kemampuan untuk meningkatkan *Data Rate*, dengan kecepatan *throughput* yang pada akhirnya bisa mencapai 20 Gbps, ketika frekuensi gelombang *milimeter* (mmW) tersedia, eMBB akan memungkinkan pengalaman berbasis *data* baru yang membutuhkan kecepatan *data* tinggi, menghasilkan pengalaman pengguna yang lebih cepat dan lebih baik. Tetapi manfaat eMBB lebih dari sekadar kecepatan unduh yang lebih cepat dan menghadirkan peluang baru dan pengalaman pengguna yang lebih lancar [15].

b. *Ultra Reliable & Low Latency Communations*

Pada fitur ini berfokus kepada latensi yang sangat rendah dibawah 1 ms. *Data Rate* tidak diharapkan menjadi sangat tinggi di URLLC, tetapi menawarkan mobilitas tinggi. Pada beberapa *use case*-nya, dibutuhkan latensi yang rendah, seperti *automation, intelligent transportation, Smart electricity grid, entertainment support, and remote diagnosis and surgery*. Sehingga dibutuhkan latensi yang rendah agar layanan tersebut dapat dilakukan, maka URLLC berfokus pada latensi yang rendah dan kepadatan *Traffic* [16].

c. *Massive Machine Type Communications*

Pada fitur ini, digunakan dalam pengoperasian aplikasi IoT skala besar, yang dimana perangkat IoT harus diproduksi secara masal dan biaya yang rendah, dengan masa pakai baterai yang lama Jaringan mMTC dirancang agar toleran terhadap latensi, efisien untuk blok *data* kecil yang akan dikirim atau diterima, dan untuk dikirim pada pipa *bandwidth* rendah. Persyaratan kinerja utama untuk layanan jaringan mMTC adalah untuk mendukung kepadatan koneksi yang tinggi, hingga 1 juta perangkat per km persegi, yang merupakan 10 kali jumlah maksimum yang dimungkinkan saat ini dengan 4G LTE [17].

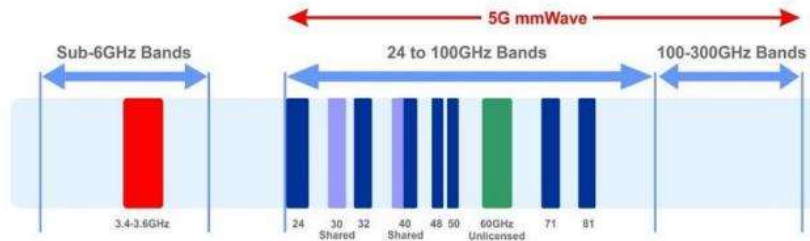
2.2.1 *Massive MIMO*

M-MIMO adalah sebuah pengembangan dari teknologi MIMO saat ini yang dimana terletak pada suatu akses poin, stasiun pusat. Ada sejumlah besar susunan antena yang dapat menampung kecepatan *data* yang tinggi dan kualitas layanan yang baik. Elemen antena banyak dalam array aktif dengan tujuan manfaat memiliki kapasitas lebih untuk mobilitas rendah, pengguna kepadatan tinggi. Dengan M-MIMO, efisiensi spektrum dapat ditingkatkan 20 kali lipat dengan menggunakan 8*8 antena / 256 antena di sisi pengirim dan penerima dibandingkan dengan sistem 4 antena [18].

2.2.2 *Milimeter-wave (mmWave)*

Milimeter-wave adalah adalah frekuensi pita yang tergolong tinggi, dengan rentang frekuensi diatas 6GHZ. gelombang mmWave memiliki

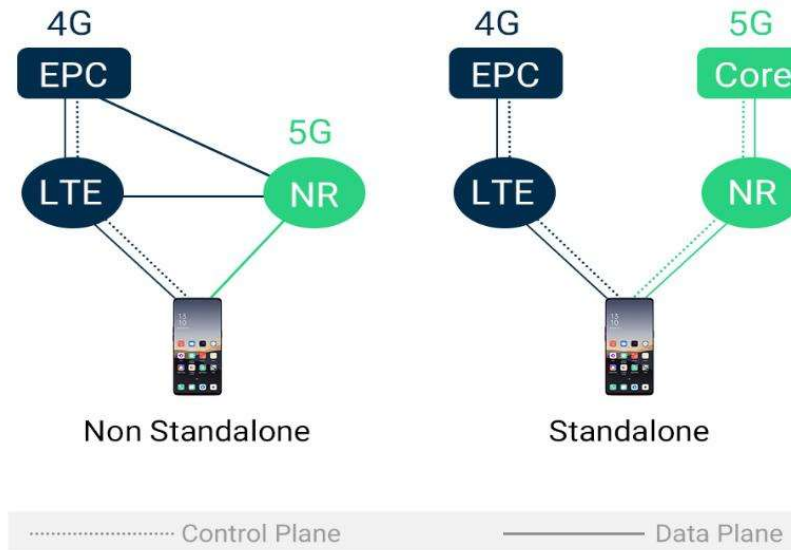
frekuensi dengan panjang gelombang dari 1 hingga 10 mm. Apa yang termasuk dalam spektrum frekuensi ultra-tinggi. *Bandwidth* tinggi yang dihasilkan oleh mmWave memungkinkan teknologi ini memberikan kecepatan akses yang lebih cepat. Untuk menggunakan mmWave, pengguna harus berada dalam jarak 100 meter dari menara sinyal. (BTS). Pada Gambar 2.2 mmWave terdapat pada 24 to GHz Bands [19].



Gambar 2. 2 Pembagian Spektrum 5G [19].

2.2.3 Arsitektur 5G NR

Setelah 4G/LTE, 5G adalah generasi berikutnya dari teknologi 3GPP yang ditetapkan untuk komunikasi *data* seluler nirkabel. 5G akan mengantarkan perubahan arsitektur jaringan yang signifikan dari akses radio ke inti. Pada Gambar 2.3, dua solusi yang ditentukan oleh 3GPP untuk jaringan 5G di Rilis 15 adalah :



Gambar 2. 3 Arsitektur 5G NSA dan 5G SA [20].

a. *5G Non-Standalone (NSA)*:

Arsitektur 5G NSA, yang dimana *core* network yang ada di 4G (EPC) masih terhubung ke 5G *core*, yang artinya teknologi yang ada pada 5G NSA masih terkait dengan teknologi yang ada pada 4G .

b. *5G Standalone (SA)*

5G Standalone merupakan paket komplit arsitektur baru yang tidak terhubung dengan 4G, memungkinkan sejumlah keuntungan seperti pengurangan latensi, peningkatan *throughput*, dan lebih banyak *bandwidth*. Ini juga memberikan kesempatan untuk membuka kemampuan baru seperti penyimpanan *data*.

2.2.4 Implementasi dari layanan 5G NR

1. Komunikasi *Machine To Machine (M2M)*

Komunikasi M2M menggambarkan gaya komunikasi di mana dua atau lebih entitas seperti perangkat/mesin berkomunikasi satu sama lain secara mandiri. Komunikasi M2M memainkan peran yang menjanjikan dalam memungkinkan visi *Internet of Things (IoT)* dengan menyediakan konektivitas di mana-mana antara berbagai perangkat cerdas. Istilah M2M dalam IoT menggambarkan pertukaran informasi secara otonom di antara banyak perangkat yang saling terhubung satu sama lain. Dengan demikian komunikasi M2M mencakup berbagai kasus penggunaan. Misalnya, area aplikasi M2M mencakup sistem transportasi cerdas (ITS), logistik dan manajemen rantai pasokan, pengukuran cerdas, *e-healthcare*, pengawasan dan keamanan, kota pintar, dan otomatisasi rumah. Secara khusus, banyak perangkat cerdas diharapkan dapat digunakan di sektor otomotif, keamanan, *e-healthcare*, dan logistik. [21].

2. Komunikasi *Device to Device (D2D)*

Device-to-device (D2D) untuk jaringan seluler generasi kelima (5G) memungkinkan peralatan pengguna (UE) untuk berkomunikasi secara langsung dengan UE lain tanpa atau dengan keterlibatan sebagian

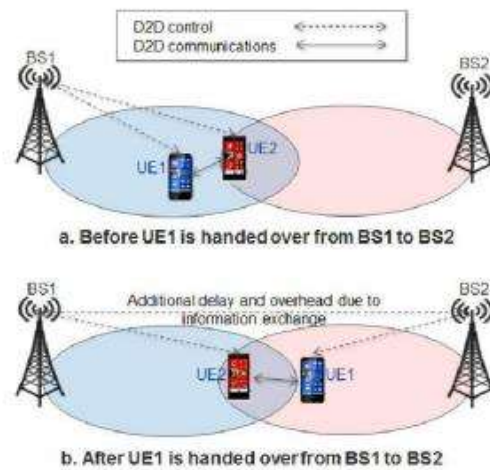
infrastruktur jaringan, seperti titik akses seluler atau stasiun pangkalan seluler [22].

3. Smart *Mobility Management*

Ada dua solusi *Smart Mobility Management* yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak negatif kontrol sumber daya radio multipoint pada D2D dengan mengontrol penyerahan D2D dan pemilihan sel selama mobilitas perangkat D2D.:

A. D2D – *Aware handover solution.*

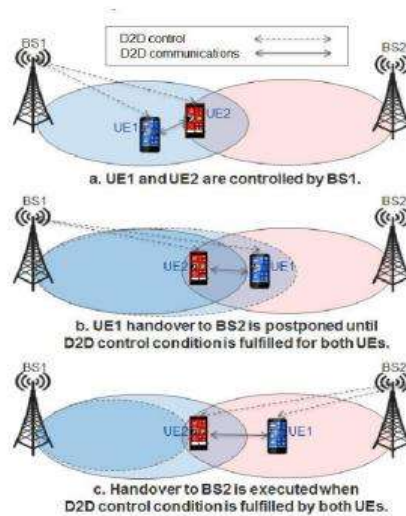
Diperkenalkan untuk meminimalkan *latency* dalam komunikasi D2D dan mengurangi sinyal *overhead* dalam kasus mobilitas DUE, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2. 4 *Aware handoff* [23].

B. D2D – *triggered handover solution.*

Digunakan untuk mengurangi *signaling overhead* yang disebabkan oleh pertukaran informasi antar BS, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6 berikut ini [23]:



Gambar 2. 5 Triggered Handover [23].

2.2.5 Spektrum Frekuensi 5G

Teknologi 5G menghadirkan beberapa tantangan baru bagi operator nirkabel. Di satu sisi jaringan 5G dimaksudkan untuk mendukung kecepatan *broadband* seluler yang lebih cepat dan latensi yang lebih rendah yang memungkinkan aplikasi baru seperti video sesuai permintaan dan kendaraan otonom. Di sisi lain, 5G akan membutuhkan operator nirkabel untuk memiliki akses ke spektrum dalam jumlah besar untuk membuat layanan baru ini menjadi kenyataan. GSMA, organisasi perdagangan *global* yang mewakili operator seluler, merekomendasikan agar regulator dan lembaga pemerintah yang mengontrol alokasi spektrum 5G menyediakan 80-100 MHz spektrum yang berdekatan per operator di pita 5G utama dan sekitar 1 GHz spektrum per operator tersedia dalam gelombang *milimeter band*. Tetapi spektrum adalah sumber daya yang langka dan itu berarti bahwa operator nirkabel di seluruh dunia kemungkinan besar harus menggunakan campuran spektrum *Low-Band*, *Mid-band*, dan *High band*, untuk memberikan jenis pengalaman 5G yang diinginkan pelanggan mereka, pada Gambar 2.7 merupakan pembagian spektrum secara *global* [24].

1. *Low-Band* (Sub 1GHZ)

Low-Band adalah spektrum dibawah 1 GHZ, yang dimana digunakan untuk kebutuh *Coverage* yang dimana difokuskan untuk aplikasi MMTC (*massive IoT* dan *Mobile broadband*). Operator *celluler* dapat melayani ribuan pelanggan dalam jarak ratusan mil persegi hanya dengan satu *gNodeB*. Namun, kekurangan dari *Low-Band* ini adalah tidak dapat menyediakan pita yang lebih lebar sehingga tidak dapat memaksimalkan *High Data Rate*.

2. *Mid-Band* (Sub 6GHZ)

Mid-band 5G menyediakan *Coverage* dan *Cover*. *Mid-band* berada dalam rentang 1 GHZ - 6 GHZ adalah spektrum *mid-band* dan dianggap ideal untuk 5G karena dapat membawa banyak *data* sekaligus menempuh jarak yang signifikan. GHZ-2600 MHz untuk 5G.

3. *High-Band* (Diatas 6 GHZ)

High-band menghadirkan kecepatan super cepat dalam jarak pendek. Pada kategori ini spektrumnya dapat menampung kanal yang lebar sehingga dapat memenuhi *Data Rate* yang dibutuhkan walaupun sangat tinggi. Namun, karena dapat mencangkup sangat luas dan berbanding terbalik dengan spektrum dari segi tinggi rendahnya, sehingga penggunaannya terbatas pada rentang ini karena hanya pada area kecil didalam gedung dan di perkotaan [24].

	<1GHz	3GHz	4GHz	5GHz	24-30GHz	37-50GHz	64-71GHz	>95GHz
	600MHz (2x35MHz)	2.5/2.6GHz (B41/n41)	3.1-3.45GHz 3.45-3.55GHz 3.55-3.7GHz	3.7-4.2GHz	5.9-7.1GHz	24.25-24.45GHz 24.75-25.25GHz 27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz 47.2-48.2GHz	57-64GHz 64-71GHz >95GHz
	600MHz (2x35MHz)		3.475-3.65 GHz			26.5-27.5GHz 27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz	64-71GHz
	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz	5.9-6.4GHz	24.5-27.5GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz		26GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz		26GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.46-3.8GHz		26GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.6-3.8GHz		26.5-27.5GHz			
	700MHz	2.5/2.6GHz (B41/n41)	3.3-3.6GHz	4.8-5GHz	24.75-27.5GHz		40-43.5GHz	
	700/800MHz 2.3-2.39GHz		3.4-3.42-3.7-3.42GHz 3.42GHz 3.7GHz 4.0GHz		5.9-7.1GHz	25.7-26.5GHz 26.5GHz 28.9GHz 29.5GHz	28.9-37.5GHz 37.5-38.7GHz	
			3.6-4.1GHz	4.5-4.9GHz	26.6-27GHz 27-29.5GHz		39-43.5GHz	
	700MHz		3.3-3.6GHz		24.25-27.5GHz 27.5-29.5GHz		37-43.5GHz	
			3.4-3.7GHz		24.25-27.5GHz		39GHz	

Gambar 2. 6 Global snapshot of 5G Spectrum [25].

Spektrum frekuensi 5G di Indonesia sudah diregulasi oleh kominfo, yang dimana menurut Menteri Johnny menjelaskan saat ini Kementerian Kominfo melakukan *farming* dan *refarming* spektrum frekuensi radio agar pemanfaatan pita frekuensi radio berlangsung optimal. Menurutnya, jaringan 5G di Indonesia disiapkan untuk *Low Band* pada pita frekuensi 700 MHz, *Middle Band* pada pita frekuensi 3,5 GHz dan 2600 MHz, dan *High Band* pada pita frekuensi 2600 MHz dan 28 GHz. Untuk pita frekuensi 3,7 GHz sampai 4,2 GHz masih dipakai untuk keperluan komunikasi satelit dan bukan untuk 5G [26].

a. Kondisi frekuensi 700 MHz di Indonesia

Frekuensi 700 megahertz (MHz) telah lama menjadi tulang punggung layanan lalu lintas *data* melalui internet. Masa depan ekonomi global diharapkan sangat bergantung pada kemampuan transmisi *data* yang handal melalui medium internet. Dalam upaya tersebut, Indonesia tengah mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi 700 MHz yang memiliki nilai *strategis*. Saat ini, rentang frekuensi 700 MHz masih digunakan untuk keperluan penyiaran televisi analog. Perlu dicatat bahwa televisi analog memiliki perbedaan mendasar dibandingkan dengan layanan televisi berbayar, televisi kabel, dan siaran televisi melalui streaming. Menurut hasil survei yang dilakukan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) pada tahun 2019, terungkap bahwa sekitar 66% atau sekitar 44,5 juta rumah tangga di Indonesia masih mengandalkan layanan televisi analog untuk hiburan mereka. Di sisi lain, sekitar 26% telah beralih ke layanan televisi berlangganan seperti kabel, parabola, atau streaming. Meskipun demikian, kemajuan teknologi terutama dalam hal akses internet lebar membuat perubahan dalam paradigma penyiaran analog menjadi suatu keharusan. Era penyiaran analog perlahan mulai meredup seiring dengan perkembangan teknologi. Penggunaan rentang frekuensi 328 MHz dalam spektrum 700 MHz kini perlu dipertimbangkan ulang mengingat perubahan ini. [27].

Analog Switch Off (ASO), yang dimana merupakan program dari pemerintah untuk mengganti TV analog menjadi TV digital, sudah dilakukan pada saat ini didaerah Jakarta, pada November 2023. Perubahan / migrasi ke TV Digital ini juga ternyata berhubungan dengan 5G. Sebab, slot frekuensi 700 MHz yang ditinggalkan TV analog bisa digunakan untuk jaringan baru tersebut yang akan membuat kecepatan *internet* semakin bertambah [28].

b. Kondisi frekuensi 2600 MHz di Indonesia

Frekuensi 2600 MHz di Indonesia dipergunakan untuk industri TV satelit berbayar, yang dimana industri TV berbayar tidak memberikan dampak yang signifikan bagi masyarakat maupun bagi negara. Terlebih lagi pendapatan negara bukan pajak (PNBP) dari industri tv satelit berbayar ini juga tidak optimal. Pemerintah pun sebenarnya telah memiliki dasar hukum untuk mencabut izin penggunaan frekuensi 2600 MHz. Frekuensi 2600 MHz merupakan frekuensi rekomendasi yang paling tepat untuk penggelaran 5G. Dari sisi teknologi dan ekosistem 5G di 2600 MHz juga sudah sangat *mature*, sehingga frekuensi yang paling mungkin segera dilelang pemerintah untuk dapat dimanfaatkan layanan 5G adalah di 2600 MHz yang memiliki lebar pita 190 MHz. [29].

2.2.6 Pathloss

Path loss adalah melemahnya atau redaman daya dalam pengiriman informasi melalui gelombang radio yang dikirim dari pemancar ke penerima. Atenuasi yang dihasilkan saat memancarkan gelombang radio merupakan kombinasi dari redaman yang dihasilkan oleh radiasi ruang bebas dan redaman yang disebabkan oleh peluruhan benda-benda di sekitarnya. Frekuensi dan jarak merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi besarnya path loss. Saat mentransmisikan gelombang radio di jaringan, ketinggian antena pemancar (hbs) dan ketinggian antena penerima diperhitungkan. (hUT) [30].

$$PL_{(ab)} = A - (10 \times \log(C)) + D - E - F - G - H - G - H - J - K - L - P - Q - R \tag{2.1}$$

Keterangan :

PL = nilai path loss (dBm)

C = SubCarrier Quantity

D = Tx antenna gain (dBi)

E = gNodeB cable loss (dBi)

F = penetration loss (dB)

G = foliage loss (dB)

H = body Block loss (dB)

I = interference margin (dB)

J = Rain/ice margin (dB)

K = Slow fading margin (dB)

L = GNodeB antenna gain (dB)

P = Thermal noise power (dBm)

Q = GNodeB noise figure (dB)

R = Demodulation threshold SINR (dB)

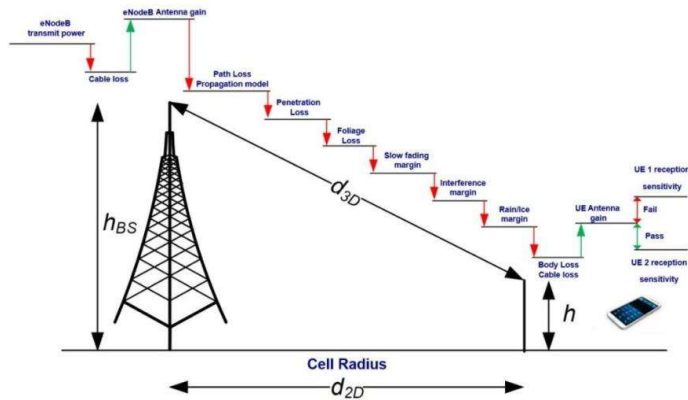
Sebelum menghitung nilai *Pathloss*, dilakukan perhitungan *thermal noise* terlebih dahulu, dikarenakan terdapat efek panas di perangkat, perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$N_{Thermal} = 10 \times \log_{10}(k \times T \times B) \quad (2.2)$$

Keterangan:

K = Konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-20}$ mWs/K)

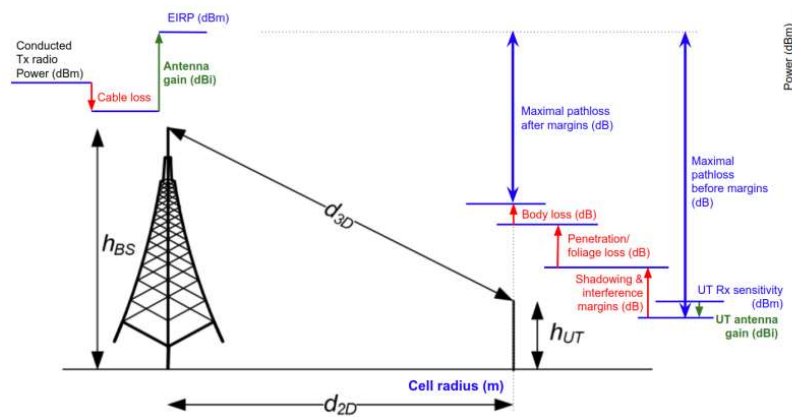
T = Temperature (K) B = Bandwidth (MHz)



Gambar 2. 7 Pathloss Propagation [31].

2.2.7 Link budget

Link budget adalah alat penting dalam desain jaringan seluler. Ini digunakan untuk menentukan radius sel atau, dengan kata lain, wilayah cakupan. Dengan mengetahui radius sel, kita tahu seberapa dekat jarak situs seluler yang dibutuhkan. Nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) berbeda pada arah *Uplink* dan *Downlink* yang diperhitungkan dengan model propagasi yang cocok .



Gambar 2. 7 Maximum Allowable Path Loss (MAPL) [32].

2.2.8 Model Propagasi

Model propagasi yang digunakan untuk penelitian 5G NR ini, yaitu *Urban Macro Area* (Uma). Uma digunakan untuk skenario penyebaran pada daerah padat penduduk, yang dimana sinyal yang diterima merupakan penjumlahan antara sinyal langsung dan sinyal tidak langsung. Untuk *scenario Line Of Sight* (LOS) adalah [33].

$$PL_1 = 28.0 + 22 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c) \quad (2.1)$$

$$PL_2 = 28.0 + 40 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c) - 9. \log_{10} ((d'_{BP})^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2) \quad (2.2)$$

Untuk *Scenario Non-Line Of Sight* (N-LOS), adalah :

$$PL_{UMa-NLOS} = \max(PL_{UMa-LOS}, PL'_{UMa-NLOS}) \quad (2.3)$$

$$PL'_{UMa-NLOS} = 13.54 + 39.08 \log_{10} + (d_{3D})20 \log_{10} (f_c) - 0.6 (h_{UT} - 1.5) \quad (2.4)$$

Keterangan:

PL = nilai *pathlost* (dBm)

h_{BS} = tinggi base station (m)

h_{UT} = tinggi user (m)

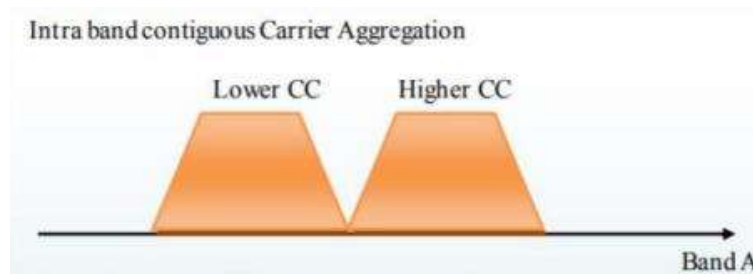
f_c = Frekuensi (GHz)

d_{3d} = Jarak antara h_{BS} dan h_{UT}

2.2.9 Carrier Aggregation

Carrier Aggregation sebelumnya sudah digunakan untuk LTE-A dengan fokus untuk meningkatkan *bandwidth* dan *bitrate* yang dimana sudah terdapat pada *release 10* di 3GPP. *Carrier Aggregation* (CA) merupakan *strategi* teknis yang menggabungkan dua atau lebih frekuensi pembawa (*Carrier*) dalam waktu bersamaan. Teknik ini dapat diterapkan pada band frekuensi yang sama maupun berbeda guna meningkatkan kapasitas total dan lebar pita (*bandwidth*) yang tersedia. Hal ini bertujuan untuk mencapai tingkat kecepatan transfer *data* puncak (*peak Data Rates*) sesuai standar IMT Advanced. Batas maksimal total lebar pita yang dapat digabungkan dalam satu agregasi adalah 100 Megahertz (MHz) [34]. *Carrier Aggregation* memiliki 3 *scenario* spektrum, yaitu :

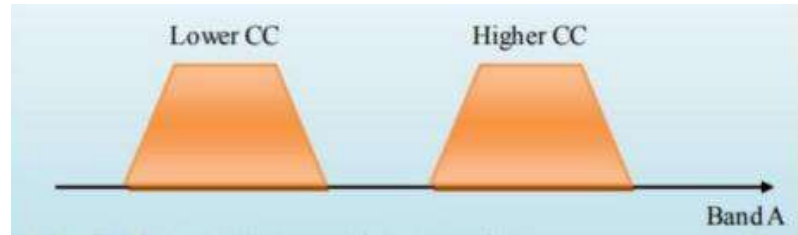
1. *Intra-band Contiguous CA*



Gambar 2. 8 Intra-band Contiguous CA [10].

Intra-band Contiguous CA adalah teknik penggunaan dua atau lebih frekuensi *Carrier* secara bersamaan pada frekuensi *band* yang sama. Pada *Carrier Aggregation Intra-band Non-contiguous* antara kedua *component Carrier* dipisahkan oleh beberapa blok frekuensi *Carrier* operator lainnya yang berada dalam *band* frekuensi yang sama sehingga keberadaan kedua frekuensi *Carrier* tersebut tidak bersebelahan seperti pada Gambar 2.8 [35].

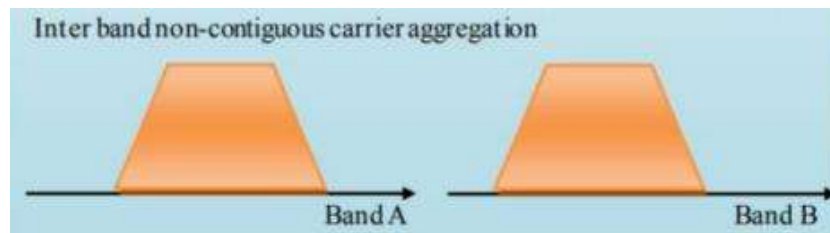
2. *Intra-band Non-contiguous CA*



Gambar 2. 9 *Intra-band Non-contiguous CA* [10].

Intra-band Non-contiguous CA adalah teknik yang menggunakan dua atau lebih frekuensi pembawa secara bersamaan ketika masing-masing komponen pembawa berada dalam pita frekuensi yang berbeda. Dalam *Intra-band CA Non-contiguous*, menggunakan frekuensi yang lebih rendah sebagai salah satu komponen pembawa menawarkan keuntungan dalam hal jangkauan dan kapasitas., seperti pada Gambar 2.9 [35].

3. *Inter-band Non-contiguous CA*



Gambar 2. 10 *Inter-band Non-contiguous CA* [10].

Inter-band Non-contiguous CA memiliki CC yang ditempatkan di pita frekuensi yang berbeda dengan. *Inter Band Non-contiguous CA* memiliki perbedaan nilai *band* frekuensi, seperti pada Gambar 2.10 [10].

2.2.10 Parameter yang digunakan dalam perancangan

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

Setiap generasi ponsel memiliki nama untuk setiap parameter yang menunjukkan perbedaan teknologi. Dalam teknologi 2G, RSRP disebut sebagai level Rx dan dalam teknologi 3G disebut RSCP. RSRP adalah kekuatan sinyal dari sinyal referensi. Dalam uji mengemudi 4G, parameter ini merupakan jenis parameter khusus dan digunakan oleh perangkat untuk melakukan transmisi. Dalam studi eksperimental teknologi 5G, digunakan nama *Synchronization Signal - Reference Signal Received Power (SS-*

RSRP). SS-RSRP 30 didefinisikan sebagai daya linier rata-rata dari elemen sumber daya yang membawa informasi sinyal referensi dalam rentang frekuensi *bandwidth* yang digunakan. Simbol preset melintasi *subCarrier* dari blok sumber daya, sehingga pengukuran hanya dilakukan dengan elemen sumber daya yang membawa informasi sinyal referensi khusus sel. SS RSRP adalah informasi tentang tingkat kekuatan sinyal di dalam sel [36].

2. ***Secondary Synchronization Signal-To noise And Interference Ratio (SS-SINR)***

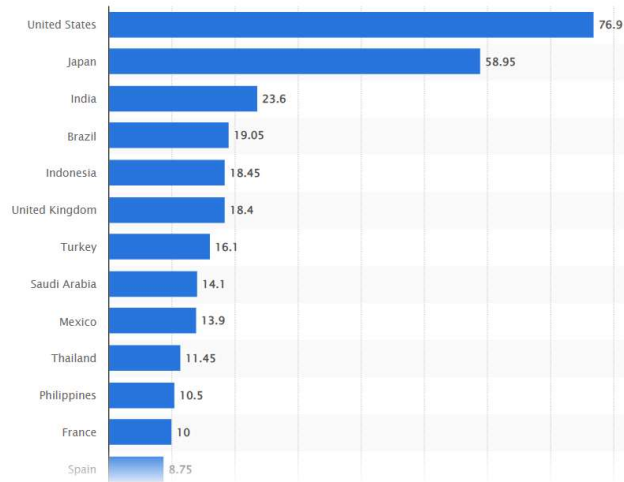
Secondary Synchronization Signal-To noise And Interference Ratio (SS-SINR) adalah rasio rasio kekuatan sinyal antara sinyal utama yang ditransmisikan dan interferensi terhadap peningkatan kebisingan latar belakang (dicampur dengan sinyal utama). Relatif terhadap daya terima rata-rata terhadap interferensi dan noise rata-rata [22].

3. ***Data Rate***

Data Rate, adalah akses ke *data* yang dapat digunakan pengguna. Laju *data* adalah jumlah total paket yang berhasil terdeteksi ke suatu tujuan selama periode tertentu dibagi dengan durasi periode tersebut.

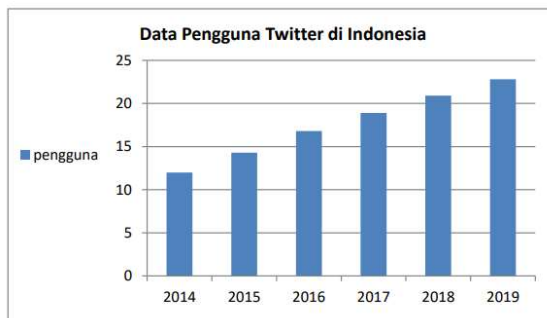
2.2.11 ***Traffic Twitter di Indonesia***

Twitter merupakan situs jejaring sosial yang saat ini sedang berkembang pesat karena penggunaanya dapat berinteraksi dengan pengguna lain dari komputer atau perangkat *mobile* mereka dimanapun dan kapanpun. Angka yang dipublikasikan di *resource* Statista.Twitter menunjukkan bahwa pada awal tahun 2023 Twitter memiliki 18,45 juta pengguna di Indonesia. Angka ini berarti cakupan iklan Twitter di Indonesia sebesar 6,6 persen dari total populasi [37].



Gambar 2. 11 Negara dengan pengguna twitter terbanyak di dunia [38].

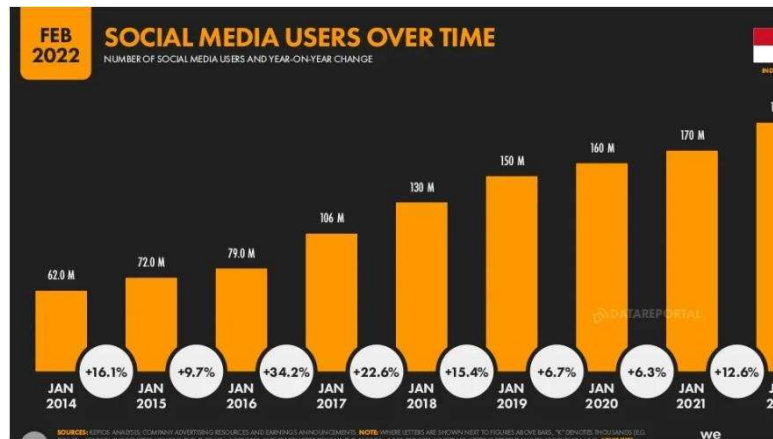
Pada Gambar 2.11 didapati bahwa, jumlah pengguna Twitter di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, bahkan Indonesia merupakan negara terbesar kelima yang paling banyak memposting setiap harinya, dengan pusat *tweet* tersebut berasal dari kota Jakarta. Menurut sumber Techinasia, kota ini menyumbang 2,4% dari 10,6 juta pengguna Twitter pada periode Januari-Maret 2019. [6].



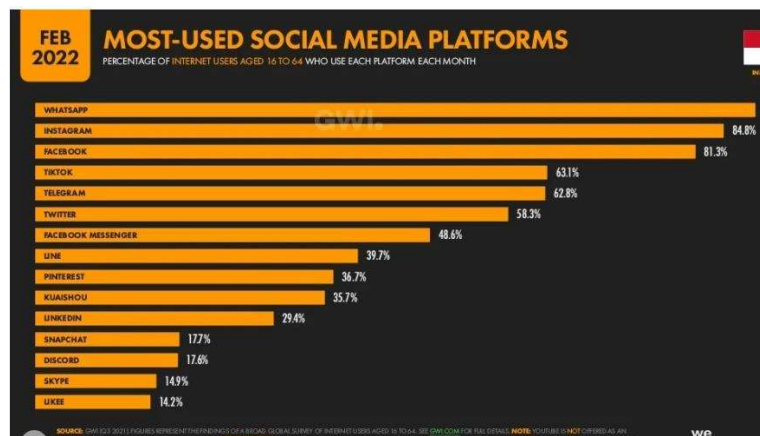
Gambar 2. 12 Data pengguna twitter di Indonesia [6].

Pada Gambar 2.12, data terbaru dari *we are social & kepios* menunjukkan bahwa setiap tahunnya pengguna *social media* di Indonesia terus bertambah. Twitter menjadi pengguna terbanyak ke-6 dengan 58,3%, yang berarti twitter masih banyak digunakan di Indonesia. Twitter disukai karena mempunyai beberapa fitur seperti *tweet*, *re-tweet*, chat, dll, yang

dimana menjadi daya tarik sendiri. Pada fitur *tweet* dan *re-tweet*, pengguna memberikan informasi pada setiap kali menggunakan fitur tersebut, yang dimana informasi-informasi tersebut menghasilkan informasi yang berharga, sehingga dapat diolah menjadi *data*, yang dimana *data* ini terdapat pada Gambar 2.13 dan Gambar 2.14 [39].



Gambar 2. 13 Data Pengguna *social media* dari tahun 2014-2023 [39].



Gambar 2. 14 Pengguna terbanyak *social media* berdasarkan media *platform* [39].