

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Paper [10] membahas tentang perencanaan jaringan 5G *New Radio* (NR) pada frekuensi 2,6 GHz di Golden Triangle Jakarta. Perencanaan dilakukan dalam hal cakupan area dengan menggunakan metode propagasi *Urban Macro* (UMa) sesuai standar 3GPP TR 38.901. Simulasi dilakukan menggunakan *software* Mentum Planet 7.3.0. Ada dua skenario yang disimulasikan, yaitu skenario 1 untuk *downlink Outdoor-to-Outdoor* (O2O) *Line of Sight* (LOS) dan skenario 2 untuk *downlink Outdoor-to-Outdoor* (O2O) *Non-Line of Sight* (NLOS). Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk mencakup wilayah Golden Triangle Jakarta dibutuhkan 8 *site* pada skenario 1 dan 314 *site* pada skenario 2. Rata-rata SS-RSRP terendah didapat pada skenario 1 (-95,94 dBm) dan tertinggi pada skenario 2 (-65,873 dBm). Rata-rata data rate tertinggi didapat pada skenario 1 (179,079 Mbps) dan terendah pada skenario 2 (126,4 Mbps). Rata-rata SS-SINR tertinggi didapat pada skenario 1 (4,714 dB) dan terendah pada skenario 2 (2,153 dB).

Paper [11] membahas perencanaan jaringan 5G NR pada frekuensi 3,5 GHz yang disimulasikan dengan *software* Mentum Planet 7.2.1 untuk studi kasus di zona industri Pulogadung seluas 5 km². Penelitian ini menggunakan metode perencanaan sisi *coverage* dengan model propagasi UMa sesuai standar 3GPP. Simulasi dilakukan dengan 8 skenario desain untuk *uplink* dan *downlink* serta kondisi LOS dan NLOS. Hasil simulasi menunjukkan desain *downlink* membutuhkan lebih banyak *site* dibandingkan *uplink* karena margin interferensi *downlink* lebih besar. Dari parameter SS-RSRP yang diamati, skenario *downlink*-O2O-LOS memiliki rata-rata tertinggi -92,95 dBm dan terendah pada skenario *uplink*-O2O-LOS -97,16 dBm. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya *site* yang men-*cover* area perencanaan.

Paper [5] membahas tentang perencanaan jaringan 5G *New Radio* (NR) pada frekuensi 2300 MHz di area urban Kota Cimahi. Penelitian dilakukan dengan metode *coverage planning* dan menggunakan model propagasi 3GPP TR38.900. Berdasarkan perhitungan, dibutuhkan 26 *site* untuk area Kota Cimahi seluas 40,3

km². Kemudian dilakukan simulasi menggunakan *Atoll Planning Software* untuk menganalisis cakupan area berdasarkan parameter SS-RSRP. Hasilnya menunjukkan bahwa cakupan area dengan SS-RSRP di atas -90 dBm hanya mencapai 27,3% dari total area Kota Cimahi. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan model propagasi 3GPP TR 38.900 belum optimal untuk perencanaan 5G di area tersebut meskipun sudah lebih baik dibandingkan model propagasi lain.

Paper [12] membahas mengenai perencanaan implementasi *low band 700 MHz pasca Analog Switch Off (ASO)* untuk layanan seluler 5G di Indonesia. Penelitian dilakukan dengan mensimulasikan kebutuhan jumlah BTS dan biaya implementasi selama 10 tahun ke depan dengan membandingkan penggunaan lebar pita 15 MHz dan 20 MHz. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan lebar pita dari 15 MHz menjadi 20 MHz berdampak pada penghematan jumlah BTS yang dibutuhkan serta menekan biaya implementasi sebesar 8,28 triliun rupiah dalam nilai *Present Value* selama 10 tahun atau setara dengan penghematan 1,457 triliun rupiah per tahunnya.

Paper [13] membahas tentang perencanaan sistem jaringan radio LTE di Kota Bandung dengan menggunakan frekuensi 700 MHz, 2,1 GHz, dan 2,3 GHz. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode simulasi dan analisis nominal RF *planning*. Tahap pertama penelitian ini melibatkan pengumpulan data jumlah penduduk dan peta digital Kota Bandung untuk mendapatkan estimasi jumlah penduduk dan pembagian tipe area di setiap kelurahan. Tahap kedua melibatkan analisis keperluan cakupan dan keperluan trafik berdasarkan perhitungan anggaran daya dan jari-jari sel menggunakan model propagasi *outdoor*. Hasil dari analisis tersebut dibandingkan, dan hasil nominal RF *planning* yang terbanyak dipilih sebagai dasar perhitungan selanjutnya. Tahap ketiga melibatkan analisis peletakan *site* untuk menentukan lokasi *site* yang optimal. Dari hasil perencanaan, frekuensi yang paling cocok untuk teknologi LTE di Kota Bandung adalah frekuensi 700 MHz dengan *bandwidth* 20 MHz, dengan jumlah *site* sebanyak 27 untuk mencakup seluruh area Kota Bandung.

Paper [14] membahas tentang perencanaan jaringan 5G di Kota Denpasar dengan memanfaatkan lokasi balai banjar sebagai tempat penempatan menara *rooftop*. Penelitian dilakukan dengan menghitung parameter jaringan seperti jari-

jari sel, luas *coverage*, dan jumlah menara yang dibutuhkan menggunakan model propagasi rugi-rugi lintasan dan *shadowing*. Hasil menunjukkan jari-jari sel 70,4479 m dan luas *coverage* 0,0129 km² sehingga diperlukan 11.916 menara, dimana hanya 366 menara (3,07%) yang ditempatkan di balai banjir dan 11.550 menara (96,93%) di luar balai banjir. Dengan demikian, pemanfaatan lokasi balai banjir hanya sebagian kecil dan selebihnya tetap memerlukan lahan di luar balai banjir untuk mencakup seluruh Kota Denpasar. Pemetaan dilakukan dengan Google Earth untuk melihat persebaran menara. Untuk memudahkan perbandingan dari beberapa paper dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Paper

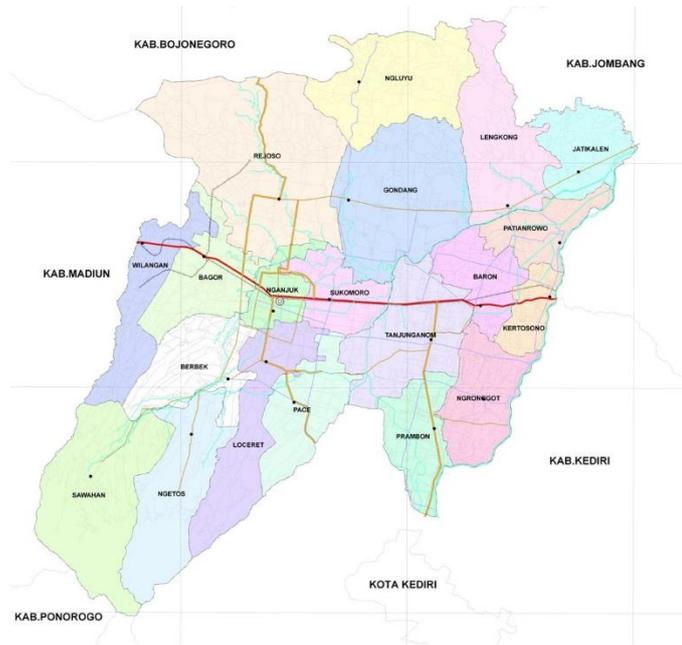
No	Judul Artikel	Ringkasan Metodologi	Ringkasan Hasil dan Pembahasan
1.	5G <i>New Radio (NR) Network Planning at Frequency of 2.6 GHz in Golden Triangle of Jakarta</i> (Tahun Terbit 2021)	Perencanaan dilakukan dalam hal cakupan area dengan menggunakan metode propagasi <i>Urban Macro</i> (UMa). Terdapat dua skenario yang disimulasikan, yaitu skenario 1 untuk <i>downlink</i> O2O LOS dan skenario 2 untuk <i>downlink</i> O2O NLOS.	Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk mencakup wilayah Golden Triangle Jakarta dibutuhkan 8 <i>site</i> pada skenario 1 dan 314 <i>site</i> pada skenario 2. Rata-rata SS-RSRP terendah didapat pada skenario 1 (-95,94 dBm) dan tertinggi pada skenario 2 (-65,873 dBm). Rata-rata data rate tertinggi didapat pada skenario 1 (179,079 Mbps) dan terendah pada skenario 2 (126,4 Mbps). Rata-rata SS-SINR tertinggi didapat pada skenario 1 (4,714 dB) dan terendah pada skenario 2 (2,153 dB).
2.	5G NR <i>Planning at Frequency 3.5 GHz: Study Case in Indonesia Industrial Area</i> (Tahun Terbit 2020)	Penelitian ini menggunakan metode perencanaan sisi <i>coverage</i> dengan model propagasi UMa sesuai standar 3GPP. Simulasi dilakukan dengan 8 skenario desain untuk <i>uplink</i> dan <i>downlink</i> serta kondisi LOS dan NLOS.	Hasil simulasi menunjukkan desain <i>downlink</i> membutuhkan lebih banyak <i>site</i> dibandingkan <i>uplink</i> karena margin interferensi <i>downlink</i> lebih besar. Dari parameter SS-RSRP yang diamati, skenario <i>downlink</i> -O2O-LOS memiliki rata-rata tertinggi -92,95 dBm dan terendah pada skenario <i>uplink</i> -O2O-LOS -97,16 dBm. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya <i>site</i> yang men- <i>cover</i> area perencanaan.
3.	Analisis Model Propagasi 3GPP TR38.900 Untuk Perencanaan Jaringan 5G <i>New Radio (NR)</i> Pada Frekuensi 2300	Penelitian dilakukan dengan metode <i>coverage planning</i> dan menggunakan model propagasi 3GPP TR38.900, dengan kondisi NLOS.	Berdasarkan perhitungan, dibutuhkan 26 <i>site</i> untuk area Kota Cimahi seluas 40,3 km ² . Hasilnya menunjukkan bahwa cakupan area dengan SS-RSRP di atas -90 dBm hanya mencapai 27,3% dari total area Kota Cimahi.

No	Judul Artikel	Ringkasan Metodologi	Ringkasan Hasil dan Pembahasan
	MHz di Area Urban (Tahun Terbit 2022)		
4.	Perencanaan Implementasi <i>Low Band</i> 700 Mhz Pasca ASO untuk Seluler 5G di Indonesia (Tahun Terbit 2023)	Penelitian dilakukan dengan mensimulasikan kebutuhan jumlah BTS dan biaya implementasi selama 10 tahun ke depan dengan membandingkan penggunaan lebar pita 15 MHz dan 20 MHz.	Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan lebar pita dari 15 MHz menjadi 20 MHz berdampak pada penghematan jumlah BTS yang dibutuhkan serta menekan biaya implementasi sebesar 8,28 triliun rupiah dalam nilai <i>Present Value</i> selama 10 tahun atau setara dengan penghematan 1,457 triliun rupiah per tahunnya.
5.	Simulasi Perencanaan <i>Site Outdoor Coverage System</i> Jaringan Radio LTE di Kota Bandung Menggunakan <i>Spectrum</i> Frekuensi 700 MHz, 2,1GHz dan 2,3GHz (Tahun Terbit 2016)	Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode simulasi dan analisis nominal RF <i>planning</i> .	Dari hasil perencanaan, frekuensi yang paling cocok untuk teknologi LTE di Kota Bandung adalah frekuensi 700 MHz dengan <i>bandwidth</i> 20 MHz, dengan jumlah <i>site</i> sebanyak 27 untuk mencakup seluruh area Kota Bandung.
6.	Perencanaan <i>Coverage</i> Jaringan 5G Berdasarkan Propagasi Rugi Rugi Lintasan dan <i>shadowing</i> (Tahun Terbit 2021)	Penelitian dilakukan dengan menghitung parameter jaringan seperti jari-jari sel, luas <i>coverage</i> , dan jumlah menara yang dibutuhkan menggunakan model propagasi rugi-rugi lintasan dan <i>shadowing</i> .	Hasil menunjukkan jari-jari sel 70,4479 m dan luas <i>coverage</i> 0,0129 km ² sehingga diperlukan 11.916 menara, dimana hanya 366 menara (3,07%) yang ditempatkan di balai banjar dan 11.550 menara (96,93%) di luar balai banjar.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Kabupaten Nganjuk

Kabupaten Nganjuk merupakan daerah yang berada di provinsi Jawa Timur, luas Wilayah Nganjuk yaitu 122.433,10 hektar, atau sekitar 1.224 km² dan peta wilayahnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Wilayah Kabupaten Nganjuk [15]

Kabupaten Nganjuk terletak di dataran rendah dan pegunungan, dengan kondisi dan struktur tanah yang sangat subur untuk berbagai jenis tanaman, termasuk tanaman pangan dan perkebunan. Produktivitas tanah ini didukung oleh aliran Sungai Widas sepanjang 69,332 km, yang mengairi wilayah seluas 3.236 hektar, serta Sungai Brantas, yang mengairi area seluas 12.705 hektar. Kecamatan yang terletak di kaki Gunung Wilis meliputi Ngetos, Sawahan, Wilangan, sebagian dari Loceret, dan Pace. Sementara itu, di bagian utara Gunung Kendeng terdapat Kecamatan Ngluyu. Tabel 2.2 menyajikan rincian luas wilayah per kecamatan di Kabupaten Nganjuk.

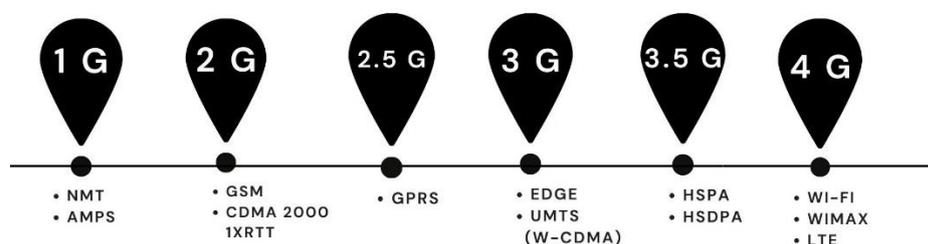
Tabel 2.2 Data Wilayah Kabupaten Nganjuk [16]

Kecamatan	Luas Wilayah (Ha)
Sawahan	11.588,60
Ngetos	6.021,20
Berbek	4.829,70
Loceret	6.869,50
Pace	4.845,70
Tanjunganom	7.084,20
Prambon	4.115,80
Ngronggot	5.298,50
Kertosono	2.267,50
Patianrowo	3.559,30
Baron	3.680,20

Kecamatan	Luas Wilayah (Ha)
Gondang	9.594,30
Sukomoro	3.538,80
Nganjuk	2.258,60
Bagor	5.115,30
Wilangan	5.063,90
Rejoso	15.166,30
Ngluyu	8.614,90
Lengkong	8.717,30
Jatikalen	4.203,50
Jumlah	122.433,10

2.2.2 Perkembangan Jaringan

Sebelum munculnya teknologi 5G yang sangat canggih, sudah ada beberapa generasi teknologi sebelumnya yang menjadi cikal bakal perkembangan teknologi komunikasi. Pada tahun 1980 muncul teknologi 1G yang menyediakan layanan suara sistem analog. Kemudian pada akhir dekade 1980 berkembang teknologi 2G yang mampu mentransmisikan sinyal suara. Selanjutnya hadir teknologi 3G yang menyediakan akses email dan layanan multimedia. Teknologi 4G kemudian hadir dengan protokol internet dan tingkat keamanan tinggi. Hingga akhirnya muncul teknologi 5G yang sedang gencar dikembangkan oleh sebuah perusahaan besar di China. 5G merupakan perkembangan dari 4G yang dikembangkan dengan rancangan yang super canggih. Seluruh negara bahkan di seluruh dunia sedang memperbincangkan generasi kelima. Evolusi jaringan dapat dilihat pada Gambar 2.2 [17].



Gambar 2.2 Evolusi Jaringan Seluler

1G adalah singkatan dari *First Generation*, yang merujuk pada generasi pertama teknologi jaringan komunikasi, dimana sinyal radio ditransmisikan dalam

bentuk analog. 2G singkatan dari *Second Generation*, yang merupakan generasi kedua teknologi jaringan telepon seluler dan yang pertama menggunakan enkripsi digital dalam percakapan. Perbedaan utama antara jaringan 1G dan 2G adalah bahwa jaringan 1G menggunakan sinyal radio analog, sedangkan 2G menggunakan sinyal digital. Generasi 2G kemudian berkembang menjadi 2.5G GPRS (*General Packet Radio Service*), yang secara teori memiliki kecepatan data mencapai 35 hingga 171 *Kilobits per second* (Kbps). Generasi berikutnya setelah GPRS adalah EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*), atau sinyal E. Meskipun disebut '*Evolution*', tidak memiliki kecepatan transfer data yang sangat tinggi. Kecepatan transfer data EDGE berkisar antara 120 Kbps hingga 384 Kbps.

3G adalah singkatan dari *Third Generation*, yang merupakan generasi ketiga teknologi jaringan telekomunikasi. Teknologi ini menjadi populer karena kemampuannya mengakses internet melalui perangkat seperti ponsel pintar dan tablet, dengan kecepatan transmisi berkisar antara 384 Kbps hingga 2 Mbps. Kemajuan dari 3G adalah 3.5G, yang sering disebut juga Turbo 3G atau HSPA (*High Speed Packet Access*), yang mampu mencapai kecepatan transmisi hingga 14 Mbps untuk unduhan dan 5,76 Mbps untuk unggahan.

Kemudian muncul teknologi *Long Term Evolution* (LTE), sebagai inovasi jaringan seluler generasi keempat (4G) yang distandarisasi oleh 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). LTE merupakan evolusi dari teknologi 3G dan 3.5G, yang dikembangkan oleh *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) dan *High-Speed Downlink Packet Access* (HSPA). Pada UMTS, laju transfer data maksimum adalah 2 Mbps, sedangkan pada HSPA laju transfer data hingga 14,4 Mbps pada bagian unduhan dan 5,6 Mbps pada bagian unggahan. LTE meningkatkan laju transfer data hingga 100 Mbps pada bagian unduhan dan 50 Mbps pada bagian unggahan.

5G adalah singkatan dari generasi kelima, yang merupakan tingkat berikutnya dari standar ponsel. Ini memungkinkan akses dan layanan portabel di seluruh dunia, menawarkan layanan berkualitas tinggi, dan mendukung transmisi data dengan kapasitas yang sangat besar dan biaya bit rendah hingga satu gigabit. Selain itu, teknologi ini meningkatkan statistik lalu lintas dua kali lipat dan mendukung layanan *broadband* seperti suara, video, interaktif, dan Internet.

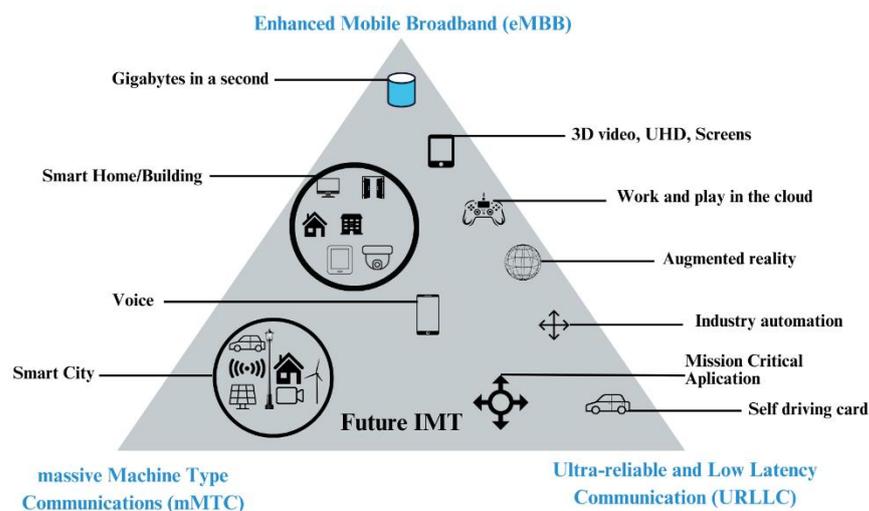
Jaringan seluler 5G berfokus pada terminal klien; terminal klien memiliki kemampuan untuk menggunakan berbagai teknologi seluler sekaligus dan menggabungkan berbagai metode dengan teknologi yang berbeda. 5G memungkinkan penggunaan *bandwidth* lebih besar pada ponsel, yang membuat perangkat akhir dapat memilih antara berbagai penyedia ponsel. 5G adalah sistem nirkabel *packet-switched* yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan mencakup area yang luas. Untuk koneksi *backhaul* nirkabel, ini menggunakan gelombang CDMA, BDMA, dan milimeter, dan menggunakan teknik pengodean/modulasi data yang ditingkatkan. 5G juga menawarkan kecepatan mobilitas 100 Mbit/dtk penuh dan 1 Gbit/dtk rendah. Antena pintar juga digunakan untuk mendukung kecepatan dan jangkauan data yang lebih besar. Arsitektur jaringan 5G terdiri dari jaringan akses yang sangat kuat serta jaringan inti, yang bertanggung jawab untuk melakukan kontrol dan memastikan pemenuhan parameter kinerja yang ditentukan. Untuk menghubungkan *Base Station* (BS) dengan perangkat, ada berbagai jenis teknologi jaringan akses yang memungkinkan mekanisme akses jaringan yang lebih fleksibel dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya jaringan. 5G bertujuan untuk menjadi jalan menuju dunia digital dan membantu mengubah ekonomi. Semakin besar jumlah orang di seluruh dunia yang memegang kendali dalam hal ini. Namun, karena teknologi transfer yang lebih baru dan kecepatan transfer data yang lebih cepat tersedia, arah landas bertanggung jawab untuk mengirimkan angka generasi ini.

Kecepatan jaringan 5G diberi peringkat gigabit per detik. Karena jaringan 4G sudah cukup memuaskan, diperkirakan kecepatan jaringan 5G bisa 10x hingga 100x lebih cepat dibandingkan dengan jaringan 4G. Teknologi 5G menggabungkan teknologi yang sudah ada dan menghasilkan metode baru. Tujuan lain adalah untuk meningkatkan fleksibilitas jaringan, memperluas kemampuan akses, dan mengintegrasikan lini bisnis ke dalam fungsi jaringan. *vertical* melalui penggunaan teknologi *Software Define Network* dan *Virtualization* 5G secara bertahap akan menjadi *hotspot* baru di bidang akademik dan bisnis. 5G diharapkan menjadi teknologi komunikasi terkemuka untuk memenuhi kebutuhan informasi masyarakat dan menghubungkan dunia nirkabel tanpa hambatan. Ini dimungkinkan oleh peningkatan *bandwidth* dan sistem komunikasi seluler nirkabel berbasis, serta

pesatnya perkembangan aplikasi jaringan seluler. Dengan perkembangan ini, *Internet of Things* (IoT) dan jaringan nirkabel seluler untuk pengguna pribadi dan bisnis akan mengalami perubahan yang signifikan terhadap lingkungan. Komputer, teknologi informasi, dan komunikasi nirkabel akan saling berhubungan dengan erat dan mendalam, dan perangkat keras dan lunak baru akan dibuat dengan cepat untuk mendukung pengembangan teknologi 5G [18].

2.2.3 5G Use Case

Penelitian tentang komunikasi seluler generasi kelima (5G) dimulai sekitar tahun 2012. 5G juga sering dibahas dalam konteks yang jauh lebih luas, seperti teknologi akses radio terbaru dan layanan baru yang diharapkan dapat diakses melalui komunikasi seluler di masa depan.



Gambar 2.3 5G Use Case [19]

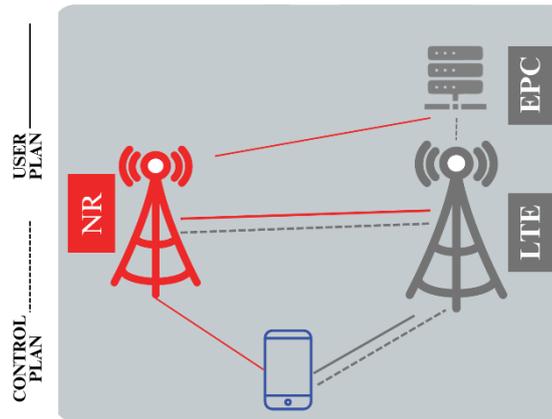
International Telecommunication Union (ITU) menunjukkan skenario jasa sebagai dasar pengembangan aplikasi 5G, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB) melanjutkan evolusi peningkatan kecepatan akses data yang memungkinkan pengalaman pengguna yang lebih baik dan volume data yang lebih besar untuk memenuhi kebutuhan langsung dari layanan *mobile broadband* saat ini. *Massive Machine Type Communication* (mMTC) untuk layanan yang dikarakteristikan oleh banyak perangkat, seperti

sensor jarak jauh, aktuator, dan pemantauan berbagai peralatan. Persyaratan utama untuk layanan tersebut adalah harga perangkat yang sangat rendah dan konsumsi energi yang sangat efisien, sehingga memungkinkan masa pakai baterai yang sangat lama. *Ultra-Reliable Low Latency Communication* (URLLC) adalah pelayanan yang memerlukan waktu respons yang sangat rendah dan tingkat keandalan yang sangat tinggi. Layanan ini menuntut kapasitas *throughput* yang tinggi serta ketersediaan jaringan yang tinggi pula. Dengan kata lain, URLLC dicirikan oleh latensi yang sangat minim, keandalan sistem yang maksimal, *throughput* yang besar, dan availabilitas jaringan yang hampir 100% [4].

2.2.4 Arsitektur Jaringan 5G

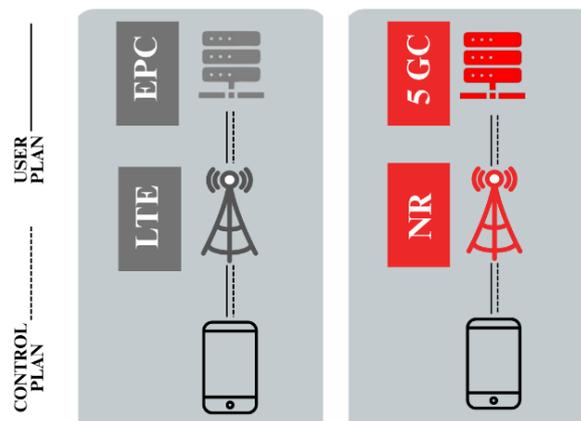
3GPP mengatakan bahwa komponen 5G *core* baru (5GC) dan teknologi akses radio 5G "*New Radio*" (NR) akan digabungkan dalam konfigurasi yang berbeda, dikenal sebagai *Standalone* (SA) dan *Non-Standalone* (NSA) [20]. Mode penyebaran jaringan yang pertama disebut "*Non-Standalone*". Dengan kata lain, sel radio NR (*New Radio*) dan LTE digabungkan untuk memberikan akses radio dengan konektivitas ganda. Bergantung pada pilihan operator, pusat jaringan bisa berupa *Elevated Packet Core* (EPC) atau 5GC. Dalam skenario ini, operator dapat memilih untuk memanfaatkan penerapan 4G yang ada dengan menggabungkan sumber daya radio LTE dan NR untuk menyediakan layanan seluler 5G menggunakan EPC atau 5GC baru. Solusi ini menyediakan konektivitas mendalam dengan LTE RAN (*Radio Access Network*).

Terdapat dua konektivitas dalam NSA seperti pada Gambar 2.4. Ini mencakup fitur *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), NR, dan konektivitas dual (EN-DC) yang *support* 5G NR dengan EPC. *User Equipment* (UE) yang tersambung ke eNodeB berfungsi sebagai *Master Node* (MN), sementara en-gNB berfungsi sebagai *Node Sekunder* (SN). eNodeB terhubung ke EPC melalui *interface* S1, sedangkan gNodeB terhubung ke EPC melewati *interface* X2. Interfaces S1-U dan X2-U masing-masing memungkinkan gNodeB terhubung ke EPC.



Gambar 2.4 Non-Stand Alone (NSA) [21]

Jaringan 5G SA adalah jaringan yang mandiri tanpa sistem operasi jaringan lain. Arsitektur jaringan SA menggunakan *air interface* 5G baru yang biasa dikatakan NR dan 5GC. Ini memberikan pengalaman 5G *end-to-end* yang memungkinkan pengguna terhubung secara sinkron dari awal hingga akhir. Agar dapat menyediakan layanan berkelanjutan antara dua generasi jaringan, jaringan ini akan beroperasi bersama dengan jaringan 4G LTE.



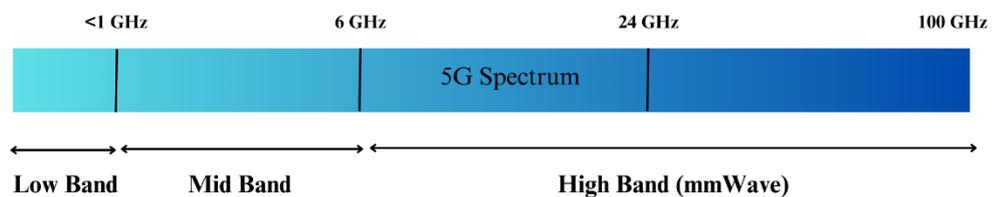
Gambar 2.5 Stand Alone (SA) [21]

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa jaringan 5G mampu beroperasi secara mandiri sekaligus berkolaborasi dengan jaringan LTE untuk mencakup wilayah yang belum terjangkau oleh jaringan 5G. Hal ini memungkinkan integrasi antara pengguna 5G dan pengguna non-5G, serta menurunkan biaya dan meningkatkan kinerja *throughput*. Keuntungan dari jaringan terpisah termasuk peningkatan

efisiensi dan kemudahan penggunaan, dan membantu pengembangan komunikasi latensi rendah (URLLC). Salah satu perbedaan antara jaringan 5G SA dan NSA adalah bahwa jaringan SA mengendalikan sistem pengoperasian 5G secara langsung tanpa campur tangan dari *core* 4G; sebaliknya, jaringan NSA menggunakan sinyal 5G menumpang di jaringan *core* 4G [22].

2.2.5 Pita Frekuensi Jaringan 5G di Indonesia

Teknologi 5G memerlukan tiga kategori spektrum frekuensi agar dapat memberikan jangkauan yang luas dan mendukung berbagai kegunaan yang ditawarkan teknologi 5G. Pada Gambar 2.6 terlihat bahwa ketiga kategori spektrum frekuensi yang diperlukan untuk teknologi 5G digunakan pada jaringan seluler. *Low bands* di bawah 1 GHz digunakan terutama untuk aplikasi *Massive IoT and Mobile Broadband* (MMTC), sehingga memberikan jangkauan yang luas. *Mid bands* pada rentang 1 hingga 6 GHz, menawarkan *bandwidth* yang lebih besar untuk keperluan dan *mission-critical*. *High bands*, seperti yang digunakan di atas 24 GHz (mmWave), dipilih untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang sangat besar [6].



Gambar 2.6 Pita Frekuensi Jaringan 5G [23]

Teknologi 5G memungkinkan koneksi yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan generasi sebelumnya. Namun, standar 5G masih dalam tahap penetapan, salah satunya spesifikasi alokasi pita frekuensi. 5G diperkirakan menggunakan pita frekuensi yang jauh lebih tinggi, yaitu 3,5 GHz hingga 26 GHz. Frekuensi tinggi rentan terhadap penghalang seperti bangunan yang dapat menyebabkan sinyal mudah terblokir. Oleh karena itu, diperlukan teknologi baru agar 5G tetap dapat berfungsi optimal. Salah satu teknologi yang dimungkinkan adalah pemancar seluler berukuran lebih kecil yang disebut gelombang milimeter. Jumlah pemancar dan penerima akan lebih banyak sehingga kepadatan pengguna yang dilayani

menjadi lebih tinggi. Dengan demikian, diharapkan performansi 5G tetap terjaga meskipun rentan terhadap penghalang [17].

Karena energinya yang rendah, *Low band frequency* memiliki cakupan yang lebih luas karena dapat melakukan perjalanan jarak jauh dan menembus objek seperti dinding dan bangunan. Akibatnya, seiring dengan semakin meluasnya gelombang data, layanan 5G dapat lebih mudah termasuk di pedesaan. Namun, persediaannya terbatas pada spektrum frekuensi rendah. Oleh karena itu, para pemangku kepentingan yang menggunakan spektrum telah berusaha untuk mendapatkan pita frekuensi yang lebih tinggi untuk mengatasi masalah kapasitas. Pita frekuensi yang lebih rendah akan membantu meningkatkan jangkauan data seluler dan pengalaman pengguna. Pada 2019, Ofcom melelang beberapa pita 700MHz dan melampirkan persyaratan untuk penggunaan spektrum tersebut.

Persyaratan *Middle band frequency* untuk 5G dan permintaan akan layanan seluler baru adalah 3,4–3,8 GHz, yang merupakan pita utama 5G di Eropa karena peningkatan kapasitas *broadband mobile* di wilayah yang luas. Pada 2019, Ofcom meluncurkan pita 2,3 GHz dan 3,4 GHz untuk layanan seluler di Inggris, serta pita 3,6–3,8 GHz untuk penggunaan 5G baru yang inovatif. Ofcom juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan pembagian spektrum 3,8–4,2 GHz untuk penggunaan 5G.

Memiliki *bandwidth* yang lebih besar, *High Band Frequency* lebih mudah dilenturkan ke beberapa pita siaran, meningkatkan kapasitas jaringan. Dengan setiap peningkatan jaringan 2G, 3G, 4G (LTE), dan sekarang 5G, *bandwidth* telah berubah untuk memungkinkan transfer data yang lebih cepat dan dengan kecepatan yang lebih tinggi. Misalnya, frekuensi 2G di Inggris mulai pada 2GHz, 3G naik ke 2,4GHz, dan 4G naik ke 2,8GHz. Dengan setiap perpindahan ini, panjang gelombang menjadi lebih pendek, yang memungkinkan pengiriman data dengan kecepatan yang lebih tinggi dengan teknologi yang terkait. Tabel 2.3 memberikan gambaran lebih lanjut tentang masalah ini [23].

Tabel 2.3 Pita Frekuensi Teknologi 5G [12]

<i>Band</i>	Frekuensi	Keterangan
<i>Low band</i>	<1 GHz	1. Jangkauan area yang luas, dengan kecepatan rendah (50 Mbps).

<i>Band</i>	Frekuensi	Keterangan
		2. Digunakan didaerah rural dan sangat baik dalam hal penetrasi O2O. 3. Diaplikasikan pada layanan eMBB dan URLLC.
<i>Mid Band</i>	1,8-6 GHz	Keseimbangan kecepatan dan jangkauan baik pada cakupan <i>outdoor</i> maupun <i>indoor</i> dengan kecepatan hingga 900 Mbps, dan latensi lebih rendah (<3ms). Diaplikasikan pada layanan eMBB, URLLC. <i>indoor</i> , <i>Massive IoT</i> .
<i>High Band</i>	>24 GHz	1. Kecepatan sangat tinggi hingga 10 Gbps, jangkauan pendek dan latensi rendah (<1ms). Diaplikasikan pada layanan eMBB, FWA, URLLC, dan <i>Bachaul</i> .

Menteri Johnny menjelaskan bahwa Kementerian Kominfo saat ini mengolah dan mengembalikan spektrum radio untuk memaksimalkan pemanfaatannya. Menurutnya, jaringan 5G di Indonesia akan mencakup *band* rendah 700 MHz, *band* menengah 3,5 GHz dan 2,6 GHz, dan *band* tinggi 26 GHz dan 28 GHz [24].

2.2.6 Perencanaan berdasarkan Cakupan Area

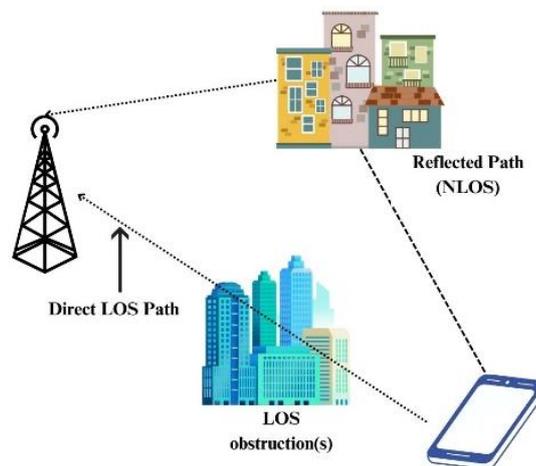
Perencanaan jaringan di wilayah Nganjuk menggunakan metode *coverage planning*. *Coverage planning* merupakan strategi perencanaan untuk membangun jaringan di area tertentu dengan tujuan untuk mencakup seluruh wilayah tersebut. Proses ini mencakup kalkulasi dan perhitungan *Link Budget* yang mendetail. Tujuan dari *coverage planning* adalah menentukan banyaknya *site* (titik pemancar) yang optimal sesuai dengan luas wilayah yang akan dicakup. Dengan *coverage planning*, diharapkan jaringan yang dibangun dapat menyediakan cakupan yang luas dengan kualitas yang baik di area tersebut [5].

Langkah pertama dalam perencanaan jaringan termasuk mempertimbangkan parameter input dan spesifikasi peralatan jaringan secara

teknik, seperti daya pancar, daya terima, *path loss*, sensitifitas alat, dan faktor lainnya. Selain itu, proses ini mempertimbangkan redaman sinyal yang terjadi di jalur propagasi sinyal ke arah *uplink* dan *downlink*. Hasil perhitungan akan lebih akurat jika digunakan model propagasi yang sesuai [25].

2.2.7 Model Propagasi

Model propagasi menghitung kekuatan sinyal yang diterima penerima dari pemancar pada jarak tertentu. Model propagasi juga memprediksi area jangkauan radio pemancar dan redaman sinyal atau kehilangan jalur. Karakteristik propagasi radio tidak sama di semua lingkungan, yang menunjukkan bahwa setiap medan memiliki karakteristik wilayah yang berbeda. Oleh karena itu, estimasi redaman yang tepat sangat penting dalam proses perencanaan jaringan telekomunikasi. Prediksi model propagasi juga bergantung pada lingkungannya.



Gambar 2.7 Kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) [21]

Untuk menghitung kehilangan jalur redaman yang disebabkan oleh pentransmisian jaringan radio pada pita frekuensi di atas 6 GHz, dengan menggunakan model propagasi 3GPP ETSI TR [6]. Dengan menggunakan *upper band frequency*, pemodelan ini dapat digunakan dalam pengembangan jaringan teknologi 5G di masa depan. Model propagasi ini mempertimbangkan tiga kondisi area yang berbeda: *Rural Macro* (RMA), *Urban Micro* (UMi), dan *Urban Macro* (UMa). Selain itu, ada dua kategori kondisi, yaitu LOS dan NLOS [7]. Gambar 2.7 dalam kondisi LOS, sinyal langsung dominan terhadap sinyal tidak langsung karena tidak ada gangguan (*blocking*) antara antenna pengirim dan penerima. Karena tidak

ada hambatan yang menyebabkan kehilangan atau perubahan sinyal, jalur LOS biasanya memiliki kualitas sinyal yang lebih baik. Sebaliknya, dalam kondisi N-LOS, terjadi gangguan (*blocking*) antara antenna pengirim dan penerima, seperti bukit atau gedung. Karena bangunan maka sinyal yang dipancarkan oleh *base station* tidak selalu sampai ke *user* secara langsung. Sinyal akan memantul pada bangunan sebelum akhirnya tertangkap oleh perangkat. Proses pemantulan ini disebut sebagai jalur refleksi. Pemantulan tersebut mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima oleh *user*. Terdapat 2 skenario komunikasi yaitu *Outdoor to Outdoor* (O2O) dan *Outdoor to Indoor* (O2I). Skenario O2O adalah ketika *user* dan *base station* berada di luar ruangan. Sedangkan scenario O2I adalah ketika *base station* berada di luar ruangan dan *user* berada di dalam ruangan.

2.2.7.1 Rural Macro (RMa)

Rural macro merujuk pada pemodelan yang digunakan di daerah pertanian atau daerah yang memiliki sedikit penduduk, dengan tujuan untuk mengurangi penetrasi sinyal ke dalam gedung. Sinyal langsung dan tidak langsung mendominasi sinyal yang diterima. Untuk permasalahan NLOS, model propagasi RMa menggunakan persamaan (2.1) [26].

$$\begin{aligned}
 PL_{RMa-NLOS} = & 161,04 - 7,1 \log_{10}(W) + 7,5 \log_{10}(h) - (24,37 - \\
 & 3,7 \left(\frac{h}{h_{BS}}\right)^2) \log_{10}(h_{BS}) + (43,42 - 3,1 \log_{10}(h_{BS}))(\log_{10}(d_{3D}) - 3) + \\
 & 20 \log_{10}(f_c) - (3,2(\log_{10}(11,75h_{UT}))^2 - 4,97
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Keterangan:

PL = *Pathloss* (dBm)

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

h_{BS} = tinggi dari gNB (m)

h_{UT} = tinggi dari UT (m)

f_c = frekuensi (GHz)

2.2.7.2 Urban Macro (UMa)

Pemodelan urban makro digunakan di daerah padat penduduk, dimana sinyal yang diterima merupakan penjumlahan antara sinyal langsung dan sinyal tidak langsung. Perhitungan *pathloss* dengan kondisi LOS dapat menggunakan persamaan (2.2) apabila *cell radius* lebih besar dari jarak *break point* dan menggunakan persamaan (2.3) apabila *cell radius* lebih kecil dari jarak *break point*.

Sedangkan perhitungan *pathloss* dengan kondisi NLOS memakai persamaan (2.4) dan persamaan (2.5) [7].

Line of sight (LOS)

$$PL_{UMA-LOS} = \begin{cases} PL_1 \rightarrow 10m \leq d_{2D} \leq d'_{BP} \\ PL_2 \rightarrow d'_{BP} \leq d_{2D} \leq 5km \end{cases}$$

$$PL_1 = 32.4 + 20\log_{10}(d_{3D}) + 20\log_{10}(f_c) \quad (2.2)$$

$$PL_2 = 32.4 + 40\log_{10}(d_{3D}) + 20\log_{10}(f_c) - 10\log_{10}((d_{BP})^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2) \quad (2.3)$$

Non-Line of sight (N-LOS)

$$PL'_{UMA-NLOS} = 13.54 + 39.09\log_0(d_{3D}) + 20\log_{10}(f_c) - 0.6(h_{UT} - 1.5) \quad (2.4)$$

$$PL_{UMA-NLOS} = \max(PL_{UMA-LOS}, PL'_{UMA-NLOS}) \text{ for } 10m \leq d_{2D} \leq 5km \quad (2.5)$$

Keterangan:

d_{2D} = cell radius (m)

d'_{BP} = jarak break point (m)

2.2.7.3 Urban Micro (UMi)

Pemodelan *urban micro* digunakan di wilayah yang padat penduduk dengan banyak gedung bertingkat. Sinyal yang diterima dari pemodelan ini adalah total dari sinyal langsung dan tidak langsung yang dominan. Perhitungan *pathloss* dengan kondisi LOS, apabila *cell* radius lebih kecil daripada breakpoint maka menggunakan persamaan (2.6) dan apabila *cell* radius lebih besar daripada *breakpoint* menggunakan persamaan (2.7). Sedangkan kondisi NLOS dengan menggunakan persamaan (2.8).

Line of sight (LOS)

$$PL_{UMi-LOS} = \begin{cases} PL_1 \rightarrow 10m \leq d_{2D} \leq d'_{BP} \\ PL_2 \rightarrow d'_{BP} \leq d_{2D} \leq 5km \end{cases}$$

$$PL_1 = 32.4 + 21\log_{10}(d_{3D}) + 20\log_{10}(f_c) \quad (2.6)$$

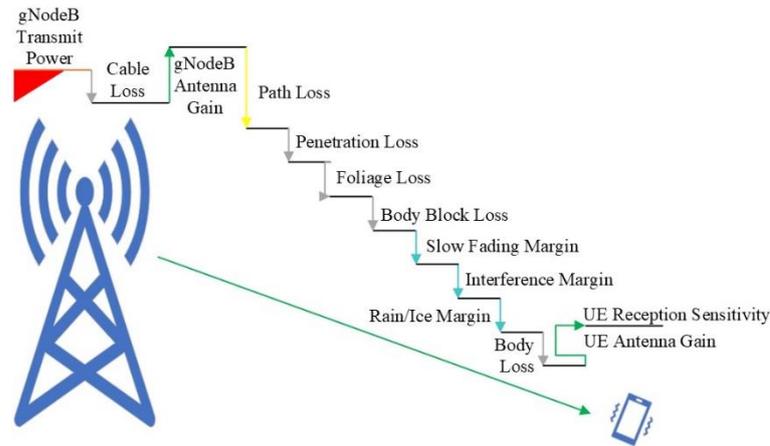
$$PL_2 = 32.4 + 40\log_{10}(d_{3D}) + 20\log_{10}(f_c) - 9,5\log_{10}((d'_{BP})^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2) \quad (2.7)$$

Non-Line of sight (N-LOS)

$$PL_{UMi-NLOS} = 32,3 \log_{10}(d_{3D}) + 22,4 + 21,3 \log_{10}(f_c) - 0,3(h_{UT} - 1,5) \quad (2.8)$$

2.2.8 Link Budget 5G

Link Budget adalah proses perhitungan yang mempertimbangkan semua peningkatan dan penurunan sinyal dalam sistem untuk menentukan level sinyal (RxSL) yang diterima oleh perangkat penerima UE. Selanjutnya, level signal (RxSL) yang didapat kemudian dibandingkan dengan sensitivitas penerima (RxS) untuk memastikan apakah status saluran telah baik.



Gambar 2.8 Faktor *Link Budget* 5G

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai penghitungan *Link Budget* pada jaringan 5G. Faktor-faktor yang mempengaruhi *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) antara lain daya pancar gNodeB, gNodeB *cable loss*, *gain* antenna gNodeB, model propagasi *pathloss*, rugi penetrasi, rugi *foliage*, *slow fading margin*, margin hujan/es, *body loss*, dan *gain* antenna perangkat pengguna [10].

Tabel 2.4 Parameter *Link Budget* 5G [10]

<i>Maximum Allowable Pathloss (MAPL)</i>	
Parameter	Notasi
<i>gNodeB Transmitter Power</i> (dBm)	a
<i>Resource Block</i>	
<i>Subcarrier quantity</i>	b
<i>gNodeB antenna gain</i> (dBi)	c
<i>gNodeB cable loss</i> (dBi)	d
<i>Penetration loss</i> (dB)	e
<i>Folliage loss</i> (dB)	f

Maximum Allowable Pathloss (MAPL)	
Parameter	Notasi
<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>Bandwidth (MHz)</i>	
<i>UE antenna gain (dB)</i>	k
<i>Boltzman Constant (mWs/K)</i>	
<i>Temperature (K)</i>	
<i>Thermal noise power (dBm)</i>	l
<i>UT noise figure (dB)</i>	m
<i>Demodulation threshold SINR (dB)</i>	n

Perhitungan cakupan area mempertimbangkan rugi-rugi sinyal (*loss*) antara gNodeB dan *User Terminal* (UT). Perhitungan ini bergantung pada data *Link Budget* yang menggambarkan parameter-parameter yang digunakan oleh UT dan gNodeB, sebagaimana tercantum dalam tabel 2.4. Parameter-parameter tersebut antara lain *thermal noise* yang ditentukan dengan persamaan (2.9) dan jumlah *subcarrier* yang ditentukan dengan persamaan (2.10), untuk mengetahui jumlah *resource block* yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

$$N_{thermal} = 10 \times \log(K \times T \times B) \quad (2.9)$$

$N_{thermal}$ = Thermal Noise

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

T = Temperature (293° K)

B = Bandwidth (MHz)

$$S_{cq} = R_B \times S_{RB} \quad (2.10)$$

S_{cq} = Subcarrier quantity

R_B = Resource Block

S_{RB} = Subcarrier per Resource Block

Tabel 2.5 Jumlah Resource Block untuk Medium Frekuensi Band [10]

Bandwidth	Subcarrier Spacing (SCS)		
	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)	N/A	217	107
90 (MHz)	N/A	245	121
100 (MHz)	N/A	273	135

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *pathloss*. *Pathloss* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.11) dan bertujuan untuk mengetahui redaman sinyal maksimum yang diizinkan antara perangkat pengguna dan gNodeB. Nilai *pathloss* ini sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan *Link Budget* untuk perencanaan jaringan 5G NR.

$$Pathloss (dBm) = a - 10 \log(b) + c - d - e - f - g - h - i - j + k - l - m - n \quad (2.11)$$

Kemudian, menghitung d_{3D} dengan menggunakan model propagasi UMa untuk kondisi NLOS dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.12).

$$LP = 32,4 + 20 \log_{10}(f_c) + 30 \log_{10}(d_{3D}) \quad (2.12)$$

Keterangan:

L_p = nilai dari *Pathloss* (dBm)

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

f_c = frekuensi (GHz)

Setelah menghitung nilai jarak (d_{3D}) antara perangkat pengguna dan gNodeB melalui nilai *pathloss* dari model propagasi, nilai d_{2D} yang merupakan radius sel dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.13).

$$d_{2D} = \sqrt{((d_{3D})^2 - (h_{BS} - h_{UT})^2)} \quad (2.13)$$

Keterangan:

d_{2D} = Cell Radius (m)

Kemudian menghitung luas area cakupan (*coverage area*). Luas area cakupan dari sebuah situs gNodeB 5G dapat dihitung menggunakan radius sel-selnya. Untuk situs yang memiliki tiga sektor antena, luas total area cakupan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.14).

$$C_A = 1,9 \times 2,6 \times (d_{2D})^2 \quad (2.14)$$

Keterangan:

C_A = Coverage Area dari gNodeB (m^2)

Terakhir yaitu mengetahui jumlah lokasi pemancar (*site*) yang dibutuhkan di suatu area, pertama-tama Anda harus mengetahui luas area yang akan dicakup, dan kemudian luas area tersebut dibandingkan dengan luas area cakupan dari satu gNodeB. Perhitungan jumlah *site* gNodeB dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.15).

$$N_{gNodeB} = \frac{\ell_{Area}}{C_A} \quad (2.15)$$

Keterangan:

ℓ_{Area} = Total luas permukaan daerah (m^2)

N_{gNodeB} = Jumlah gNodeB

2.2.9 Jenis-jenis *Fading*

Fading adalah perubahan fase, polarisasi, dan atau level suatu sinyal, atau dapat dikatakan bahwa itu terjadi karena perubahan level daya sinyal yang diterima penerima. Semua mekanisme propagasi, termasuk refraksi, refleksi, difraksi, hamburan, dan redaman gelombang radio, terlibat dalam fading. Fenomena fading terbagi menjadi dua kategori yaitu *large scale fading* dan *small scale fading*.

2.2.9.1 Large Scale Fading

Large scale fading mewakili pelemahan daya sinyal rata-rata atau kehilangan jalur karena pergerakan di area yang luas dan dipengaruhi oleh

konfigurasi medan antara pemancar dan penerima, dan pada jarak yang sangat jauh (beberapa ratus atau ribuan meter), terjadi penurunan daya yang stabil. Pemeriksaan daya pada jarak tersebut menunjukkan bahwa daya berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata dan fluktuasi ini memiliki periode yang cukup panjang. Fading skala besar ditandai dengan kehilangan jalur rata-rata (*path loss*) dan bayangan (*shadowing*). *Pathloss* adalah besarnya daya yang hilang dalam jarak tertentu. *Shadowing* ditandai dengan variasi rata-rata *path loss* antara pemancar dan penerima di lokasi tetap.

2.2.9.2 Small Scale Fading

Small scale fading merupakan *fading* yang berlangsung selama beberapa menit atau jam yang disebabkan oleh pantulan multipath gelombang transmisi dari penghambur lokal, seperti rumah, gedung, dan bangunan lainnya, atau arena halangan lain, seperti pepohonan di sekitar suatu unit bergerak. Berdasarkan penyebaran penundaan *multipath*, terdapat dua jenis pemudaran skala kecil yaitu *flat fading* dan fading selektif frekuensi. Jenis pemudaran *multipath* ini bergantung pada lingkungan propagasi. *Flat fading* dan pemudaran selektif frekuensi dianggap sebagai pemudaran skala kecil. Dispersi waktu karena *multipath* menyebabkan sinyal yang ditransmisikan mengalami pemudaran datar atau pemudaran selektif frekuensi, dimana penyebaran penundaan kecil menimbulkan pemudaran datar dan penyebaran penundaan besar menghasilkan pemudaran selektif frekuensi. Saluran nirkabel dikatakan mengalami *flat fading* jika memiliki gain konstan dan respon fase linier pada *bandwidth* yang lebih luas daripada *bandwidth* sinyal yang ditransmisikan. Sedangkan *fading* selektif frekuensi mempengaruhi berbagai bagian spektral dari sinyal radio dengan amplitudo yang berbeda.

Fading skala kecil terdiri dari *slow fading* dan *fast fading*. Penyebaran *Doppler* menyebabkan dispersi frekuensi: penyebaran *Doppler* yang tinggi menyebabkan pemudaran cepat, dan penyebaran *Doppler* yang rendah menyebabkan pemudaran lambat. Saluran dapat diklasifikasikan sebagai saluran yang cepat memudar atau lambat memudar tergantung pada seberapa cepat sinyal *baseband* yang ditransmisikan berubah dibandingkan dengan tingkat perubahan saluran. *Fast fading* terjadi ketika respons impuls saluran berubah dengan cepat selama periode simbol, yang berarti waktu koherensi saluran lebih kecil daripada

periode simbol. Dengan demikian, distorsi sinyal yang disebabkan oleh *fast fading* meningkat seiring dengan meningkatnya penyebaran *Doppler* dibandingkan dengan *bandwidth* sinyal. Ketika respons impuls saluran berubah pada tingkat yang jauh lebih lambat daripada sinyal yang ditransmisikan, dapat terjadi *slow fading*. Dengan demikian, sinyal memudar dengan lambat [27].

2.2.10 Parameter SS-RSRP

Secondary Synchronization Signal - Reference Signal Received Power (SS-RSRP) didefinisikan sebagai daya rerata yang dibawa oleh sinyal referensi pada rentang frekuensi yang digunakan. Hal ini mengindikasikan tingkat kekuatan sinyal di dalam sel area cakupan. Pada jaringan 5G, perangkat pengguna mengukur kekuatan sinyal yang diterima dari Sinyal Sekunder Sinkronisasi (SSS) untuk setiap sel pemancar terdekat. SS-RSRP merupakan daya rata-rata (dalam satuan watt) dari sinyal sinkronisasi sekunder yang dipancarkan oleh pemancar sel pada perangkat UE. Indikator nilai SS-RSRP menunjukkan tingkat kekuatan sinyal dalam sel seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.5 [28].

Tabel 2.6 Indikator SS-RSRP [28]

<i>Range</i>	Indikator
<i>Very Good</i>	-85 dBm
<i>Good</i>	(-95) dBm sampai (-85) dBm
<i>Normal</i>	(-105) dBm sampai (-95) dBm
<i>Bad</i>	≤ 105 dBm

2.2.11 Parameter SS-SINR

Tabel 2.7 Indikator SS-SINR [28]

<i>Range</i>	Indikator
<i>Very Good</i>	>30 dB
<i>Good</i>	15 sampai >30 dB
<i>Normal</i>	0 – 15 dB
<i>Bad</i>	$< -10-0$ dB

Secondary Synchronization Signal - Signal to Interference Plus Noise Ratio (SS-SINR) merupakan rasio antara kekuatan sinyal yang ditransmisikan dibandingkan dengan tingkat kebisingan latar belakang. SS-SINR juga dapat dikatakan sebagai rasio antara daya sinyal rata-rata yang diterima dengan rata-rata gangguan dan derau. SS-SINR menunjukkan kualitas sinyal dibandingkan interferensi dan *noise*. Semakin tinggi nilai SS-SINR maka semakin baik kualitas sinyalnya. Indikator nilai SS-SINR ditunjukkan pada Tabel 2.6 [28].