

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Penelitian [1] berjudul "Rencana 5G NR pada Frekuensi *mmWave*: Studi Kasus di Kawasan Industri Indonesia" yang mengkaji penataan jaringan 5G NR dengan memanfaatkan pengulangan *mmWave* 28 GHz per inklusi area 5 km<sup>2</sup> di kawasan modern Pulogadung. Teknik yang digunakan adalah *Outdoor-to-open air* (O2O) dengan kebutuhan *Line of sight* (LOS), model pembangkitan yang digunakan menyiratkan *Urban Micro* (UMi) berdasarkan normalisasi dari 3GPP TR 38.901. Pengaturan apa yang akan terjadi diperagakan kembali menggunakan Mentum Planet ver 7.2.1. dari persiapan jaringan 5G NR, nilai *pathloss* adalah 110,30 dB untuk *uplink* dan 109,80 dB, jangkauan sel adalah 214,37 m untuk *uplink* dan 202,92m untuk *downlink*; 43 lokal untuk situasi *uplink* dan 60 tujuan untuk situasi *downlink*, SS-RSRP insentif untuk pemeragaan *uplink* membuat nilai dasar -110,96 dBm, nilai tertinggi -68,66 dBm; dan nilai tipikalnya adalah -99,54 dBm.

Penelitian [2] "Analisis *Techno-Economic* pada Implementasi Jaringan Frekuensi Gelombang 5G Mm di Wilayah Sumatera Selatan" yang mengkaji aspek tekno-finansial dari pelaksanaan organisasi 5G yang melibatkan perulangan gelombang mm di wilayah Sumatera Selatan. Dalam ulasan ini, penyelidikan konfigurasi jaringan 5G akan dilakukan mengenai inklusi bantuan 5G dan dari tingkat kemungkinan tugas moneter, sehingga pengujian ini dapat digunakan sebagai sumber perspektif bagi administrator telekomunikasi saat menyampaikan organisasi 5G. Dalam pengaturan inklusi, model proliferasi yang digunakan adalah model SUI (*Standford University*) yang dibuat ulang pada pengulangan *mmWave* 28 GHz - 38 GHz yang merupakan pesaing paling kuat untuk digunakan sebagai standar pengulangan 5G. Sedangkan pemeriksaan keuangan menggunakan batasan CAPEX, OPEX, NPV untuk mendobrak kesadaran moneter.

Penelitian [3] "Analisis dan Prediksi *Techno-moneter* untuk Penyebaran Jaringan Seluler 5G" berbicara tentang bahwa organisasi portabel era keempat (4G) harus mengatasi kesulitan baru yang muncul dalam minat untuk lalu lintas serbaguna dan *Internet of Things*. Oleh karena itu, OMN (Operator Jaringan Seluler) harus ingin memperbaiki jaringan seluler 4G ke 5G pada tahun 2020, yang merupakan tahun yang diperlukan untuk menjalankan 5G. Pengujian tekno ekonomi menggunakan pendekatan demonstrasi numerik dipertimbangkan, dan model penilaian baru diusulkan dengan andal menggunakan pengembangan *broadband* serbaguna. Dua komponen biaya utama untuk menjadi Pengeluaran Modal (CAPEX) dan Pengeluaran Operasional (OPEX) tertentu ditentukan dan dianalisis menggunakan pendapatan yang diperlukan yang dikumpulkan dalam periode pelaksanaan. Hasilnya menunjukkan bahwa 5G sangat berharga, tidak hanya karena sifat portnya yang lebih rendah daripada menggunakan 4G LTE, tetapi juga karena meluasnya penggunaan informasi homogen yang disajikan oleh teknologi seluler 5G dan meningkatnya jumlah pelanggan.

Penelitian [4] "Analisis *Techno-Economic* Desain 4G LTE di Kabupaten Banyumas" membahas tentang antisipasi tekno-moneter jaringan 4G LTE yang dilakukan dengan melibatkan pemrograman atoll mengenai kebutuhan prasyarat inklusi *downlink*, *uplink* dan volume informasi yang diharapkan dengan mempertimbangkan variabel segmen dan proyeksi klien di Kabupaten Banyumas serta menghitung rencana pengiriman inovasi LTE di wilayah inklusi Kabupaten Banyumas. Situs yang diharapkan adalah 124 lokal dan organisasi inovasi LTE mengingat wilayah inklusi Kabupaten Banyumas membutuhkan 124 destinasi, sedangkan perhitungan mengingat batas membutuhkan 71 lokal pada tahun 2016. Hasil rekreasi menggunakan program atol menunjukkan nilai RSRP tipikal sebesar - 80,9 dBm dan nilai SINR 0,64 dB.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Perkembangan Teknologi 5G**

Teknologi seluler sebenarnya sudah memasuki era keempat (*Long Term Evolution*) meskipun bukan berarti kemajuan masa lalu pada dasarnya diabaikan,

inovasi 2G dan 3G masih digunakan saat ini karena mengembangkan inovasi itu sulit, terutama mengenai kerangka kerja. Bagaimanapun, bagi para ilmuwan ini bukan motivasi untuk terus menciptakan inovasi sel. Belum lama ini, meski perkembangan inovasi 4G jauh lebih baik dari inovasi pendahulunya, khususnya 3G, namun tampaknya dalam pelaksanaannya inovasi era keempat ini masih jauh dari kata bagus. Kemudian, pada saat itu, berbagai kalangan seperti akademisi, analis, bisnis, dan pemerintah berupaya merenungkan inovasi yang akan dikembangkan nantinya. Inovasi masa depan (5G) belum dilakukan, namun beberapa norma telah disusun oleh *International Telecommunication Union* (ITU). Inovasi 5G adalah masa depan kerangka kerja radio dan struktur organisasi yang ingin memberikan beberapa manfaat yang dapat menutupi kelemahan masa lalu, misalnya, *ultrabroadband*, super kuat, sangat rendah aktivitas, dan organisasi raksasa untuk mengakui individu dan Internet Hal. Kemudian dalam kerangka kerja jarak jauh satu-satunya, 5G disiapkan untuk menawarkan berbagai jenis bantuan untuk berbagi perangkat organisasi yang berkembang yang dapat berkomunikasi satu sama lain yang disebut *Machine to Machine*. Akibatnya, motivasi di balik organisasi 5G ini adalah untuk mengakui korespondensi *Internet of Things* (IoT) dan *Machine to Machine* (M2M). Untuk mencapai ini, tentu saja, akan menempatkan beberapa prasyarat berdasarkan organisasi dalam hal penggunaan baterai, biaya *gadget*, dormansi, ketergantungan jaringan, dan lain-lain. Terlebih lagi, aplikasi IoT dan M2M ini akan menghasilkan volume informasi yang sangat besar, yang sangat sulit bagi organisasi akses radio [5]. Beberapa aplikasi pendukung khususnya *Software Defined Networking* (SDN) dan *Network Function Virtualization* (NFV) menjadi jawaban untuk menjalankan aplikasi informasi berukuran besar yang keduanya bersinergi dengan komputasi terdistribusi. Inovasi ini digunakan untuk menjalankan aplikasi informasi besar dan menyusun tahap 5G. Untuk menjamin bahwa organisasi akan menangani adegan bantuan masa depan yang berbeda, pertemuan yang berbeda, misalnya, Jaringan Seluler Generasi Berikutnya (NGMN), Persatuan Telekomunikasi Internasional - Komunikasi Radio (ITU-R),

dan Kemitraan Swasta Publik Infrastruktur 5G (5G PPP) bekerja fokus untuk kerangka kerja 5G.

### 2.2.2 Frekuensi Gelombang Milimeter (*mmWave*)

Pita perulangan yang terletak antara 30 GHz hingga 300 GHz dikenal sebagai gelombang milimeter. Gelombang milimeter menikmati manfaat/bantuan yang menjadikannya kemungkinan yang kuat untuk aplikasi korespondensi serbaguna jarak jauh di masa depan. Karena manfaat ini, gelombang mm cocok untuk korespondensi sel 5G melalui inovasi jarak jauh sub-6GHz. Manfaat ini meliputi:

- a) Memberikan kecepatan transfer yang lebih menonjol dan selanjutnya jumlah pendukung dapat lebih banyak.
- b) Karena kapasitas transfer data yang lebih sedikit dalam kisaran milimeter, ini lebih berharga untuk kemajuan sel yang lebih sederhana.
- c) Penyertaan tidak terbatas sehubungan dengan pandangan (LOS) menjadi permintaan utama dari kemungkinan cara bubar. Esensi LOS ini diterapkan secara luas pada inovasi jarak jauh tradisional, dalam hal apa pun, untuk usia awal inovasi *Radio Frequency Identification* (RFID).
- d) Ada komponen saluran suara yang dibuat untuk mengawasi berbagai jenis kemalangan gelombang perulangan mm karena organisasi 5G bekerja dengan cukup. Saluran terdengar mengacu pada penilaian atau penilaian atribut pengalihan yang membantu dalam perencanaan yang efektif dan kemajuan organisasi 5G seperti yang ditunjukkan oleh kebutuhan kualitas yang diharapkan.
- e) Ukuran kabel penerima sangat kecil dan karenanya kabel penerima yang tak terhitung jumlahnya dimasukkan dalam ukuran kecil. Hal ini memungkinkan pemanfaatan M-MIMO pada eNode B/*Access Point* hingga batas kenaikan.
- f) *Dynamic beamforming* digunakan untuk menghindari kemalangan yang lebih tinggi pada perulangan gelombang mm.

g) Jaringan gelombang milimeter 5G mendukung *backhaul multi-gigabit* hingga 400 meter dan akses seluler hingga 200-300 meter.

Selain itu, pita 5G mm juga memiliki kelemahan. Ketidacukupan ini harus dipertimbangkan saat menyusun rencana keuangan koneksi gelombang milimeter 5G [6]. Ini adalah dasar untuk organisasi efektif gelombang milimeter 5G. Adapun kerugian dari gelombang milimeter 5G sebagai berikut:

- a) Gelombang milimeter melalui penyempitan miring seperti infiltrasi, pengurangan curah hujan, dan sebagainya. Ini membatasi kebutuhan inklusi *slack* gelombang mm dalam organisasi sel 5G. *Pathloss* selain dalam mm sesuai dengan kuadrat pengulangan. Gelombang ini tiba pada jarak 2 meter di dalam dan sekitar 200-300 meter di luar mengingat kebutuhan saluran dan tingkat AP/eNB di atas permukaan tanah.
- b) Hanya *backing* LOS kondisi *spread*. mengingat sejauh mana pengaruh LOS yang terbatas.
- c) Penyempitan dedaunan sangat besar pada pengulangan gelombang mm.
- d) Pemanfaatan daya yang lebih tinggi pada gelombang milimeter karena lebih banyak jumlah modul RF dan jumlah kabel penerima. Untuk menghindari kelemahan ini, desain *cross breed* yang memiliki rantai RF lebih sedikit daripada jumlah kabel penerima harus digunakan di kolektor. Selanjutnya, sirkuit penanganan sederhana berdaya rendah direncanakan pada peralatan gelombang mm.

### **2.2.3 Persyaratan untuk 5G**

Untuk mengetahui kesulitan khusus dan merencanakan apa yang akan menimpa inovasi 5G, harus ada prasyarat namun tidak semuanya harus dipenuhi secara bersamaan.

#### **2.2.3.1 Kecepatan data**

- a) Kecepatan data mengacu pada jaringan yang dapat diisi sepanjang jumlah keseluruhan informasi yang dapat diakses dalam satuan potongan/detik/wilayah.

- b) Tingkat tepi adalah klien yang berada dalam inklusi berbasis web yang menghadapi tingkat informasi yang buruk namun pada saat yang sama biasa.
- c) Batasnya adalah bahwa klien berharap untuk mendapatkan tingkat informasi yang paling ideal pada setiap pengaturan organisasi yang mungkin.

#### 2.2.3.2 Latensi

Pada jaringan 4G itu pada permintaan untuk 15ms dan pada *subframe* 1ms, ketidakaktifan ini sangat komparatif dengan penggunaan untuk administrasi saat ini. 5G dapat menggabungkan program game 2 ag, ada kemajuan baru yang membutuhkan 5G untuk membantu kelembaman untuk perjalanan lingkaran penuh sekitar 1ms yang seharusnya lebih cepat dari 4G, misalnya, inovasi berbasis *cloud* yang diberdayakan menggunakan lapisan kontak dan eksperimen mimpi yang lebih baik. Karena dapat mengurangi subframe ke batasan kemalasan ekstrem yang secara kritis memengaruhi pilihan keributan untuk konvensi berlapis-lapis dan organisasi tiga pusat. Energi dan biaya saat beralih dari 4G ke 5G untuk biaya dan energi yang digunakan harus dikurangi dan melakukan apa pun untuk tidak meningkat per koneksi karena kecepatan yang ditawarkan dapat meningkat [7].

#### 2.2.4 Skenario Jasa dan Visi Teknologi 5G

*International Telecommunication Union* (ITU) sebagai asosiasi dunia yang dibentuk untuk menormalkan dan mengelola komunikasi radio dan media global telah memberikan saran ITU-R M.2083-0 sehubungan dengan visinya untuk tahun 2020 dan masa lalu yang tertuang dalam *International Mobile Program* telekomunikasi untuk tahun 2020 dan kemudian beberapa. IMT-2020 akan tumbuh dan menjunjung tinggi cakupan luas pemrograman dan situasi penggunaan yang akan melewati IMT yang sedang berlangsung. Memanfaatkan inovasi 5G, dimaksudkan untuk dapat membantu perangkat dan perangkat lunak yang digunakan dalam kendaraan pintar, IoT, jam tangan pintar. Berikutnya adalah 3 situasi bantuan yang dilakukan untuk berbagi 5G dari ITU:

#### 2.2.4.1 *Enhanced Mobile Broadband*

Perkembangan populer untuk *broadband* portabel berkembang selangkah demi selangkah, sejalan dengan visi ini kami terus berupaya untuk meningkatkan kapasitas *broadband* serbaguna dalam mendapatkan konten media, administrasi, dan informasi [8]. Dalam situasi ini, klien *broadband* portabel akan diberikan wilayah pemrograman terbaru dan kebutuhan tambahan untuk pemrograman *broadband* serbaguna yang ada untuk mengembangkan eksekusi lebih lanjut.

Bantuan ini lebih dipusatkan pada pemanfaatan informasi cepat untuk memindahkan transmisi data berukuran besar untuk menyatukan kebutuhan individu hingga 10 GB misalnya untuk digunakan dalam VR, AR, UHD, dll.

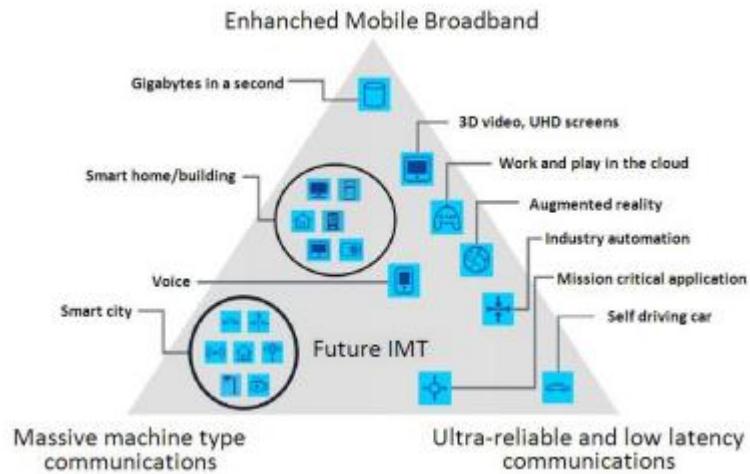
#### 2.2.4.2 *Ultra-reliable and low latency communication*

Dalam mengumpulkan kemampuan korespondensi yang solid dan memiliki dormansi yang rendah, visi ini membutuhkan prasyarat yang kaku seperti *throughput* yang besar, ketidaktifan yang rendah dan aksesibilitas yang tinggi. Beberapa dari 17 model di sini adalah remote control produksi atau siklus modern, tugas klinis yang jauh, komputerisasi sirkulasi dalam kisi-kisi cerdas, keamanan transportasi dan lain-lain.

Sepenuhnya bertekad untuk mencapai tidak aktif tinggi dan upaya korespondensi yang solid. Dalam visi ini, kami menginginkan keadaan yang andal atau memadai, *throughput* yang ketat, aksesibilitas kemalasan yang rendah dan tinggi.

#### 2.2.4.3 *Massive machine type communication*

Kapasitas korespondensi ini dijelaskan oleh asosiasi *gadget* yang tak terhitung jumlahnya yang menggunakan transmisi informasi sensitif segera dengan volume yang sangat rendah. Untuk mencapai visi ini, perangkat terminal harus diproduksi dengan biaya minimal dan harus memiliki daya tahan baterai yang sangat lama.



**Gambar 2.1 Visi Teknologi 5G [9]**

Pada gambar 2.1 menunjukkan upaya utama Uni Eropa untuk memilih titik awal mekanis untuk kerangka kerja 5G telah dimulai dengan nama Pengaktif korespondensi seluler dan jarak jauh untuk dua puluh Masyarakat Informasi (METIS) sebagai cara untuk menangani inovasi 5G [9]. Dengan mengikuti penyempurnaan inovasi yang ada yang dirangkum dengan memanfaatkan ide telekomunikasi radio terkini, sesuai dengan sulitnya segala kebutuhan akses telekomunikasi yang belum dapat dipenuhi. Oleh karena itu, tujuan mendasar dari proyek METIS adalah untuk menjawab kesulitan sosial yang membuka jalan menuju tahun 2020 dengan memberikan premis untuk setiap korespondensi di seluruh dunia dan membangun landasan untuk akses radio serbaguna dan kerangka kerja korespondensi jarak jauh. Visinya untuk apa yang akan datang adalah untuk mengakui akses ke data dan menawarkan informasi menggunakan ide "di mana saja dan kapan untuk siapa saja dan segalanya".

Bantuan ini berguna untuk mengelola administrasi asosiasi yang sangat tinggi yang digunakan dalam komunitas perkotaan yang cerdas, sistem pengembangan yang cerdas yang perangkatnya membutuhkan banyak tenaga, memiliki wilayah yang luas dan cukup terjangkau. Sementara itu, setiap situasi



awal untuk pengiriman 5G lebih tepat dalam mengatur jangkauan dalam 3 klasifikasi.

- a) Sub 1 GHz Pada klasifikasi ini diharapkan dapat memenuhi sejauh wilayah yang dapat dijangkau, sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik untuk klien-klien di wilayah provinsi. Meskipun demikian, kelemahannya adalah tidak dapat memberikan band yang lebih luas.
- b) 1-6 GHz Dalam klasifikasi ini ada banyak grup yang dapat digunakan dalam rentang 1GHz hingga 2,6 GHz untuk korespondensi sel. Meski demikian, klasifikasi ini dirasa masih belum memadai untuk memiliki opsi untuk membantu visi 5G meskipun kelompok dalam jangkauan ini menikmati manfaat yang dapat dihadirkan sejauh inklusi dan batasan yang dapat diwajibkan.
- c) Di atas 6 GHz Dalam klasifikasi ini jangkauannya dapat memenuhi saluran yang lebar sehingga dapat memenuhi tingkat informasi yang diperlukan meskipun kenyataannya sangat tinggi. Bagaimanapun, karena dapat mencakup wilayah yang sangat luas dan sebaliknya terhubung dengan jangkauan sejauh tinggi dan rendah, penggunaannya dibatasi untuk jangkauan ini karena hanya di sedikit wilayah dalam struktur dan komunitas perkotaan. Kisaran yang lebih rendah digunakan untuk memenuhi administrasi di wilayah negara [10].

### ***2.2.5 Frequency Ranges 5G***

Pada 21 Desember 2017 3GPP TSG RAN secara efektif mengesahkan detail 5G NR pertama yang relevan. Penyempurnaan standar 5G NR pertama memungkinkan peningkatan skala penuh dari 5G NR untuk penggunaan awal dan bisnis skala besar pada pertengahan 2019. Detail pertama ini diselesaikan sebagai bagian dari Rilis 15 dari 3GPP. Menurut pengiriman 3GPP 15, grup pengulangan untuk 5G NR telah dikarakterisasi dan memberikan ikhtisar grup di mana 5G NR dapat bekerja. Penentuan mencirikan kelompok kekambuhan sebagai FR1 dan FR2.

**Tabel 2.1 Spesifikasi *frequency ranges* 5G NR [11]**

<i>Band</i>	<i>Frequency</i>	<i>Type</i>
FR1	450 to 6000 MHz	Sub 6 GHz
FR2	24250 to 52600 MHz	<i>mmWave</i>

Tabel 2.1 menjelaskan spesifikasi *frequency ranges* 5G NR dengan menggunakan *band* FR1 dan FR2 adalah klasifikasi pita frekuensi dasar untuk 5G-NR. Ini dapat diklasifikasikan lebih lanjut menjadi tiga *band*:

- 1) *Frequency Division Duplex Bands* (FDD)
- 2) *Time Division Duplex Band* (TDD)
- 3) *Supplementary Band: Supplementary Band Downlink* (SDL) & *Supplementary Band Uplink* (SUL).

**Tabel 2.2 FR1 FDD (*Frequency Division Duplex*) for 5G-New Radio [11]**

<i>5G NR Band</i>	<i>Uplink Frequency</i>	<i>Downlink Frequency</i>	<i>Bandwidth</i>
n1	1920 - 1989 MHz	2110 - 2170 MHz	60 MHz
n2	1850 - 1910 MHz	1930 - 1990 MHz	60 MHz
n3	1710 - 1785 MHz	1805 - 1880 MHz	75 MHz
n5	824 - 849 MHz	869 - 894 MHz	25 MHz
n7	2500 - 2670 MHz	2620 - 2690 MHz	70 MHz
n8	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz	35 MHz
n20	832 - 862 MHz	791 - 821 MHz	30 MHz
n28	703 - 748 MHz	758 - 803 MHz	45 MHz
n66	1710 - 1780 MHz	2110 - 2200 MHz	90 MHz
n70	1695 - 1710 MHz	1995 - 2020 MHz	15/25 MHz
n71	663 - 698 MHz	617 - 652 MHz	35 MHz
n74	1427 - 1470 MHz	1475 - 1518 MHz	43 MHz

Tabel 2.2 menjelaskan nilai FR1 FDD (*Frequency Division Duplex*) *Frequency Bands* for 5G-New Radio dengan *band* n1 sampai n74. Nilai n1 dengan *Uplink Frequency* 1920 -1989 MHz dan nilai *Downlink Frequency* 2110 - 2170 MHz menghasilkan 60 MHz *Bandwidth*. Nilai tertinggi *Bandwidth* ada pada *band* n66 dengan nilai 90 MHz.

**Tabel 2.3 FR1 TDD (*Time Division Duplex*) Frequency Bands for 5G-New Radio [11]**

<i>5G NR Band</i>	<i>Uplink Frequency</i>	<i>Downlink Frequency</i>	<i>Bandwidth</i>
n38	2570 - 2620 MHz	2570 - 2620 MHz	50 MHz
n41	2469 - 2690 MHz	2496 - 2690 MHz	194 MHz
n50	1431 - 1517 MHz	1432 - 1517 MHz	85 MHz
n51	1427 - 1432 MHz	1427 - 1432 MHz	5 MHz
n77	3300 - 4200 MHz	3300 - 4200 MHz	900 MHz
n78	3300 - 3800 MHz	3300 - 3800 MHz	500 MHz
n79	4400 - 5000 MHz	4400 - 5000 MHz	600 MHz

Tabel 2.3 menjelaskan nilai FR1 TDD (*Time Division Duplex*) *Frequency Bands for 5G-New* dengan band n38 sampai n79. Nilai n38 dengan *Uplink Frequency* 2570 - 2620 MHz dan nilai *Downlink Frequency* 2570 - 2620 MHz menghasilkan 50 MHz *Bandwidth*. Nilai tertinggi *Bandwidth* ada pada band n77 dengan nilai 900 MHz.

**Tabel 2.4 FR1 *Supplementary Downlink Bands (SDL) & Supplementary Uplink Bands (SUL) for 5G-New Radio* [11]**

<i>5G NR Band</i>	<i>Uplink Frequency</i>	<i>Downlink Frequency</i>	<i>Bandwidth</i>
n75	-	1432 - 1517 MHz	85 MHz
n76	-	1427 - 1432 MHz	5 MHz
n80	1710 - 1785 MHz	-	75 MHz
n81	880 - 915 MHz	-	35 MHz
n82	832 - 862 MHz	-	30 MHz
n83	703 - 748 MHz	-	45 MHz
n84	1920 - 1980 MHz	-	60 MHz

Tabel 2.4 menjelaskan nilai FR1 *Supplementary Downlink Bands (SDL) & Supplementary Frequency Uplink Bands (SUL) for 5G-New Radio* dengan band n75 sampai n84. Nilai n84 dengan *Downlink Frequency* 1432 - 1517 MHz menghasilkan 85 MHz merupakan nilai tertinggi *Bandwidth*.

**Tabel 2.5 5G NR Frequency Bands di FR2 [11]**

<i>5G NR Band</i>	<i>Band Alias</i>	<i>Uplink Band</i>	<i>Downlink Band</i>
n257	28 GHz	26.5 - 29.5 GHz	26.5 - 29.5 GHz
n258	26 GHz	24.250 - 27.5 GHz	24.250 - 27.5 GHz
n260	39 GHz	37 - 40 GHz	37 - 40 GHz

Tabel 2.5 menjelaskan nilai 5G NR *Frequency Bands* di FR2. Nilai tertinggi terdapat pada 5G NR *Band* n260 dengan *Band Alias* 39 GHz, sedangkan nilai 5G NR *Band* terendah terdapat pada n258 dengan *Band Alias* 26 GHz

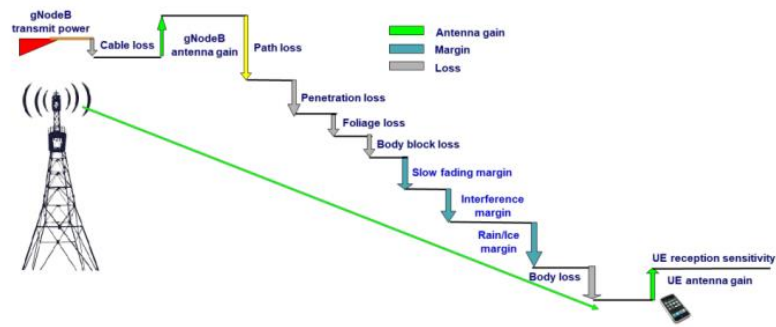
## **2.2.6 Perancangan Jaringan**

Perancangan jaringan adalah langkah awal sebelum pameran dan kegiatan suatu organisasi selesai ditentukan untuk mengetahui dan mengatur wilayah yang akan dilayani dan jumlah gadget yang harus diperkenalkan dan berapa banyak lalu lintas yang akan dibutuhkan [12]. Rencana organisasi radio 5G masih belum berubah karena menggunakan rencana masa lalu inovasi organisasi dimana rencana ini terdiri dari dua kemajuan utama, yaitu rencana yang ditunjukkan dengan inklusi dan yang kedua sesuai batas.

### **2.2.6.1 Perancangan Berdasarkan Coverage**

#### **A. Link Budget**

*Link budget* adalah perkiraan keuntungan dan kerugian mutlak dalam rangka untuk menentukan tingkat kekambuhan yang didapat pada hasil akhir yang kurang diinginkan dari Pengguna *gadget* (UE) kemudian, pada saat itu, mempertimbangkan untuk memanfaatkan kesadaran penerima untuk memutuskan. jika status saluran efektif atau gagal. Status saluran dianggap berhasil jika nilai tingkat sinyal yang diterima lebih menonjol daripada daya tanggap penerima. Rencana pengeluaran koneksi radio adalah langkah awal untuk menentukan rentang sel (wilayah paling ekstrem yang dicakup oleh *Base Station*).



**Gambar 2.2 Faktor yang Mempengaruhi *Link Budget* pada 5G New Radio (NR) [13]**

Pada gambar 2.2 menunjukkan perhitungan rencana pengeluaran sambungan digunakan untuk mengukur pelemahan tanda paling ekstrem antara stasiun serbaguna (MS) dan kabel penerima stasiun pangkalan [13]. Kemungkinan terbesar kemalangan (MAPL) dinilai dengan model proliferasi. untuk memilih wilayah terbesar yang dicakup oleh Base Station. Perhitungan rencana pengeluaran koneksi di bantalan *Uplink* berarti untuk mendapatkan nilai *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL), yang merupakan nilai kemalangan cara terbaik yang wajar antara pemancar dan penerima untuk mendapatkan dasar *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) yang diharapkan untuk dicapai kualitas yang memadai dengan berfokus pada serah terima halus. terlebih lagi, pengaburan khas log. Rencana pembelanjaan koneksi uplink adalah perhitungan rencana pembelanjaan koneksi dari *User Equipment* (UE) ke *transmitter* ke *Base Station* (BS) ke *beneficiary*. Rencana pengeluaran antarmuka *downlink* adalah perkiraan rencana keuangan koneksi dari *Base Station* (BS) sebagai pemancar ke *User Equipment* (UE) sebagai penerima.

#### 2.2.6.2 Model Propagasi Jaringan 5G (NR) Pada *Outdoor*

##### A. Model Propagasi *Rural Macrocell* (3D-RMa)

Model propagasi *rural* RMa umumnya digunakan untuk pemancar (Tx) dengan ketinggian di atas 35 meter, dan yang terpenting adalah

mengantisipasi pengukuran kekuatan sinyal yang didapat di wilayah provinsi. Luasnya cara kemalangan diperoleh dari pengulangan di saluran eksternal sel skala penuh, dengan pengecualian pengukur utama kemalangan menyebar yang merupakan komponen kuadrat dari pengulangan. Dengan cara ini model kemalangan dapat dibuat dengan menggunakan tanda-tanda pita sempit atau pita lebar, karena tingkat pengaruh yang biasa didapat di lingkungan (waktu atau ruang) berasal dari transmisi data [14].

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

$$PL1 = 20\log_{10}(4\pi d3D/3)(0.03h^{1.72}, 10) \log_{10}(d3D) - \min(0.44h^{1.72}, 14.77) + 0.002\log_{10}(h)d3D \quad (2.1)$$

$$PL2 = PL1(\text{dBp}) + 40\log_{10}\left(\frac{d3D}{dBP}\right) \quad (2.2)$$

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:

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

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:

$$10 \text{ m} < d2D < 5000\text{m}, hBS = 35\text{m}, hUT = 1.5\text{m}, W = 20\text{m}, H = 5\text{m}$$

$$H = \text{avg } 10 \cdot \text{Building height}, W = \text{street width}$$

Applicability ranges :  $5\text{m} < h < 50\text{m}; 5\text{m} < W < 50\text{m}; 10\text{m} < hBS < 150\text{m}; 1\text{m} < hUT < 10\text{m}$  (2.4)

B. Model Propagasi *Urban Macrocell* (UMa)

Model propagasi ini terjadi dalam 2 macam, yaitu luar ke udara terbuka dan udara terbuka ke dalam ruangan dengan tingkat TX biasanya sekitar 25 m; Level Rx sekitar 1,5-2,5 m dan ISD 500 m [15].

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

$$PL1 = 22.0 \log_{10}(d3D) + 28.0 + 20 \log_{10}(fc) \quad (2.5)$$

$$PL2 = 40 \log_{10}(d3D) + 28.0 + 20 \log_{10}(fc) - 9 \log_{10}((d'BP)^2(hBS - hUT)) \quad (2.6)$$

Keterangan:

PL = nilai *path loss* (dBm)

d3D = resultan dari nilai (h'BS-h'UT) dan nilai d2D

fc = frekuensi (GHz)

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

$$PL \text{ (UMA - NLOS)} = 13.54 - 39.08 \log_{10}(d3D) + 20 \log_{10}(fc) - 0.6(hUT - 1.5) \quad (2.7)$$

Keterangan:

PL = nilai *path loss* (dBm)

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

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

fc = frekuensi (GHz)

hBS = tinggi gNB (m)

hUT = tinggi UT (m)

### C. Model Propagasi *Urban Micro* (3D - UMi)

Model propagasi UMi juga hampir sama dengan model penyebaran UMa, yang memiliki udara terbuka dan udara terbuka ke stasiun pangkalan dalam ruangan yang biasanya dipasang di bawah tingkat atap bangunan sekitarnya. Inklusi wilayah terbuka biasanya sekitar 50-100 m<sup>2</sup>; dengan ketinggian Tx 10 m; Level Rx sekitar 1,5-2,5 m; dan ISD sekitar 200 m [16].

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

$$PL1 = 32.4 + 21 \log_{10}(d3D) + 20 \log_{10}(f_c) \quad (2.8)$$

$$PL2 = 40 \log_{10}(d3D) + 28.0 + 20 \log_{10}(f_c) - 9 \log_{10}((d'BP)^2 + (hBS - hUT)^2) \quad (2.9)$$

Keterangan:

PL = nilai *path loss* (dBm)

d3D = resultan dari nilai (h'BS-h'UT) dan nilai d2D

$f_c$  = frekuensi (GHz)

Lalu skenario 3D-Umi NLOS memiliki nilai *pathloss* (dB),  $f_c$  (GHz), *Distance* (m) yaitu:

$$PL (UMi - NLOS) = 35.3 \log_{10}(d3D) + 22.4 + 21.3 \log_{10}(f_c) - 0.3(hUT - 1.5) \quad (2.10)$$

Keterangan:

PL = Nilai *pathloss* (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* pada 3D-UMi LOS yaitu:

$$10\text{m} < d2D < d'BP \ 1), d'BP < d2D < 5000\text{m}1), hBS = 10\text{m}1), 1.5 \text{ m} \leq hUT \leq 22.5\text{m}1) \quad (2.11)$$

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

$$10\text{m} < d2D < 2000\text{m}2), hBS = 10\text{m}, 1.5 \text{ m} \leq hUT \leq 22.5\text{m} \quad (2.12)$$

### 2.2.6.3 Perancangan berdasarkan *capacity*

Perencanaan kapasitas adalah cara paling umum untuk mengatur kemampuan kerangka kerja agar sesuai dengan permintaan presentasi yang ideal, baik untuk mengatasi masalah terkini maupun kebutuhan yang berkembang di kemudian hari.

#### A. *Forecasting* Jumlah Pelanggan

Perencanaan kapasitas jaringan dapat memperkirakan jumlah klien sehingga kebutuhan lalu lintas dapat dipenuhi. Semakin banyak jumlah pendukung, semakin penting batasan organisasi yang diberikan [17]. Jumlah klien yang dinilai dapat ditentukan oleh kondisi berikut:

$$Un = U_0(1 + fp)^n \quad (2.13)$$

Keterangan:

$Un$  = jumlah pelanggan tahun ke- $n$

$U_0$  = jumlah pelanggan pada tahun perencanaan

$Fp$  = faktor pertumbuhan pelanggan (%)

$n$  = jumlah tahun prediksi

#### B. Trafik dan Model Layanan

Penentuan parameter pada model trafik dan layanan yang digunakan pada LTE untuk memperluas *throughput* yang akan dicapai.

$$\text{Throughput/Session} = \text{PPP Session Time} \times \text{PPP Session Duty Ratio} \times \text{Bearer Rate} \times [1/(1 - \text{BLER})] \quad (2.14)$$

Keterangan:

*Throughput* = Banyaknya data yang diterima (kbit)

*Session Time* = Durasi setiap layanan (s)

BLER = Toleransi *Block Error Rate*

*Bearer Rate* = *Application Layer Bit Rate* (kbit)

Untuk menghitung *throughput* klien tunggal dalam pengaturan yang mempengaruhi proporsi masuk dan Upaya Layanan Jam Sibuk. Proporsi puncak yang khas digunakan untuk mengharapkan tingkat beban berlebih yang paling tinggi pada organisasi untuk mengantisipasi lonjakan lalu lintas di suatu tempat [18].

$$\text{Single User Throughput} = \left( \sum \left( \frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration Rate} \times (1 + \text{Peak to Average Ratio}) \right) / 3600 \quad (2.15)$$

Keterangan:

BHSA = *Service Attempt in Busy Hour Penetration*.

*Rate* = Penetrasi jaringan tiap daerah.

*Peak to Average Ratio* = Penetrasi rata-rata tiap daerah 3600.

Untuk mendapatkan *throughput* sel yang khas pada DL dan UL, itu disesuaikan dengan jenis keseimbangan untuk bit kode, laju kode, SINR, dan kemungkinan SINR.

### C. Kapasitas *Downlink Cell* dan *Uplink Cell*

$$\text{DL MAC layer Capacity} + \text{CRC} = (168 - 36 - 12) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code rate}) \times \text{Nrb} \times \text{C} \times 1000 \quad (2.16)$$

Sedangkan kapasitas sel dengan arah *uplink* adalah sebagai berikut:

$$\text{L MAC layer Capacity} + \text{CRC} = (168 - 24) \times (\text{Code bits}) \times (\text{Code rate}) \times \text{Nrb} \times \text{C} \times 1000 \quad (2.17)$$

Keterangan:

CRC = 24

168 = *The number of RE in 1 ms*

36 = *The number of control channel RE in 1 ms*

$12 =$  The number of reference signal RE in 1 ms

$Code\ bits =$  modulated bits

$Code\ rate =$  channel coding rate

$Nrb =$  numbers of RBs

$C =$  MIMO TRX

$24(ulink) =$  The number of RS RE in 1 ms

*Throughput* jaringan ditentukan dalam judul *Uplink* dan *Downlink*.

*Throughput* Jaringan ditentukan untuk memenuhi prasyarat *throughput* yang ditunjukkan oleh batas di wilayah rencana. Persamaan yang digunakan adalah:

$$ULNetwork\ Throughput = total\ user\ number \times UL\ single\ user\ throughput \quad (2.18)$$

$$DLNetwork\ Throughput = total\ user\ number \times UL\ single\ user\ throughput \quad (2.19)$$

#### D. Perhitungan kapasitas sel

Perhitungan kapasitas sel dipengaruhi oleh kapasitas transmisi, jenis kabel radio dan *tweak* yang digunakan dalam rencana [19]. *Throughput* sel ditentukan dengan mengetahui jumlah sel yang dibutuhkan di wilayah inklusi. Estimasi batas *Uplink* dan *Downlink* dapat menggunakan resep berikut:

$$DL\ cell\ capacity + CRC = (168 - 36 - 12) \times (Cb) \times (Cr) \times Nrb \times C \times 1000 \quad (2.17)$$
$$UL\ cell\ capacity + CRC = (168 - 24) \times (Cb) \times (Cr) \times Nrb \times C \times 1000 \quad (2.20)$$

Keterangan:

$CRC = 24$

$Cb =$  Code bit

$Cr =$  Code Rate

$Nrb =$  Number of Resource Block

$C =$  Model Antena Mimo

### 2.2.7 Radio Key Performance Indicator (KPI) Parameter

#### A. Parameter SS-RSRP

Sinkronisasi Parameter *Auxiliary* - Sinyal Referensi Daya yang diterima atau biasanya disebut sebagai SS-RSRP adalah batas yang menjalankan gaya lurus khas dari komponen sumber daya yang menyampaikan data sinyal referensi didalam cakupan pengulangan dengan kecepatan transfer yang digunakan. Sinyal referensi disampaikan oleh gambar tertentu pada *subcarrier* di blok aset, sehingga estimasi hanya dibuat pada komponen aset yang menyampaikan data sinyal referensi eksplisit telepon [20]. SS RSRP adalah data tentang tingkat kekuatan tanda dalam sel pada organisasi 5G atau disebut 4G sebagai RSRP, 3G yang dikenal sebagai RSCP, dan 2G yang dikenal sebagai Rx Level.

**Table 2.6 Kategori Nilai SS-RSRP [20]**

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

Tabel 2.6 menjelaskan kategori nilai SS-RSRP. Dikatakan kategori bagus antara -70 s/d -90 dBm.

#### B. Parameter SS-SINR

SS *Signal-to-Noise and Interference Ratio* atau SS-SINR batas adalah batas yang menghitung proporsi kekuatan tanda antara tanda dasar yang dipancarkan dan impedansi kontras dengan getaran pondasi yang muncul atau harga daya normal yang didapat dengan obstruksi dan keributan normal. Proporsi ini dapat disebut tingkat kualitas sinyal, dalam 5G disebut SS-SINR, 4G disebut SINR, 3G disebut EcNo, dan 2G disebut RxQual.

**Tabel 2.7 Kategori Nilai SS-SINR [20]**

Kategori	Batas Nilai SS-SINR (dBm)
Bagus	16 s/d >30

**Tabel 2.7 Kategori Nilai SS-SINR [20]**

Kategori	Batas Nilai SS-SINR (dBm)
Normal	1 s/d 15
Buruk	<-10 s/d 0

Tabel 2.7 menjelaskan kategori nilai SS-SINR yang dikatakan bagus berada di *range* 16-30 dBm.

### 2.2.8 Tekno Ekonomi

Tekno ekonomi adalah ilmu pengetahuan yang berorientasi pada pengungkapan dan perhitungan nilai-nilai ekonomi yang terkandung dalam suatu rencana kegiatan teknik. Penilaian tekno-ekonomi atau analisis tekno-ekonomi (disingkat TEA) adalah metode menganalisis kinerja ekonomi suatu proses industri, produk, atau jasa. Tekno ekonomi memuat tentang bagaimana membuat sebuah keputusan (*decision making*) dimana dibatasi oleh ragam permasalahan yang berhubungan dengan seorang *engineer* sehingga menghasilkan pilihan yang terbaik dari berbagai alternatif pilihan. Keputusan yang diambil berdasarkan suatu proses analisa, teknik dan perhitungan ekonomi [21].

Sisi *Cost Benefit Analysis* kemudian menyajikan skenario pemodelan tekno-ekonomi dengan memanfaatkan beberapa skenario menggunakan perhitungan teknis untuk menemukan jumlah *site* yang dibutuhkan dengan skenario *Outdoor to Outdoor* berdasarkan *Non-Line of Sight Uplink* dan *Downlink*. Teknik parameter model pertumbuhan *bass* berbeda dalam skenario ini, yang memengaruhi bentuk distribusi umum. *Cost Benefit Analysis* merupakan cara mengevaluasi suatu proyek dengan membandingkan nilai sekarang (*present value*) dari seluruh manfaat yang diperoleh dengan nilai sekarang dari seluruh biaya proyek tersebut *Cost Benefit Analysis* dipetakan dalam beberapa skenario (Pesimis, sedang / Moderat, dan Optimis).

### 2.2.9 Capital Expenditure (CAPEX)

*Capital expenditure* (CAPEX) adalah aset yang digunakan oleh organisasi untuk mendapatkan, memperbarui, dan mengikuti sumber daya aktual

seperti properti, pabrik, struktur, inovasi, atau perangkat keras. CAPEX sering digunakan untuk kegiatan atau usaha baru oleh suatu organisasi. Konsumsi modal pada sumber daya tetap mungkin termasuk perbaikan atap, akuisisi perangkat keras, atau pengembangan pabrik lain. Jenis konsumsi moneter ini juga dibuat oleh perusahaan untuk mengikuti atau meningkatkan tingkat aktivitasnya [22].

Kapasitas CAPEX dapat melihat Anda seberapa banyak suatu organisasi menempatkan sumber daya ke dalam sumber daya tetap yang ada dan yang baru untuk mengikuti atau mengembangkan bisnis. Secara keseluruhan, Pengeluaran Modal adalah berbagai biaya yang dipromosikan oleh organisasi, atau ditampilkan pada laporan akuntansi sebagai spekulasi, bukan pada penjelasan pembayaran sebagai biaya. Memanfaatkan sumber daya mengharuskan organisasi untuk berbagi biaya atas keberadaan sumber daya yang bermanfaat. Berapa banyak konsumsi modal yang mungkin dimiliki organisasi bergantung pada bisnis. Sebagian dari usaha terkonsentrasi modal yang memiliki tingkat pengeluaran modal paling tinggi mencakup penyelidikan dan produksi minyak, komunikasi siaran, perakitan, dan utilitas. Penggunaan modal dapat ditemukan dalam pendapatan dari menempatkan latihan dalam proklamasi pendapatan organisasi. Berbagai organisasi menampilkan Pengeluaran Modal dalam berbagai cara, dan para ahli atau pendukung keuangan mungkin melihatnya dicatat sebagai konsumsi modal, akuisisi properti, pabrik, dan perangkat keras atau memperoleh biaya. CAPEX dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

$$CAPEX_{Total} = BS_{cost} + BS_{INST} + BHL + SP_{License} \quad (2.21)$$

Dimana dalam estimasi CAPEX ini, biaya lengkap pembangunan *base station* (BS cost), pendirian *base station* (BS inst), biaya pembangunan *backhaul transmission* (BHL) BHL dan biaya *recurrence use privileges* (BHP) akan ditentukan.

### 2.2.10 *Operational Expenditure (OPEX)*

Biaya operasional atau *Operational Expenditure* adalah pengeluaran berkelanjutan untuk menjalankan item, bisnis, atau kerangka kerja. Biaya yang terkait dengan, konsumsi modal (CAPEX), biaya untuk membuat atau memberikan bagian yang tidak dapat dikonsumsi ke item atau kerangka kerja. Dimana OPEX ditentukan dengan menggunakan persamaan OPEX ini, biaya fungsional dan pemeliharaan jaringan, promosi dan ditentukan untuk dipublikasikan akan [23]:

$$OPEX_{annual} = OAM_{cost} + MA \quad (2.22)$$

Keterangan:

OPEX<sub>annual</sub> = *Operational Expenditure*

OAM<sub>cost</sub> = Biaya Operasional dan *Maintenance*

MA = *Marketing and Advertisement*

### 2.2.11 Indeks Harga Dasar Pita Frekuensi Radio

Indeks Harga Dasar Pita Frekuensi Radio adalah biaya dasar untuk sewa perulangan radio dalam Rupiah per Mhz. Dalam menghitung BHP perulangan nilai ini digunakan sebagai *file* biaya perulangan untuk kecepatan transfer yang digunakan [24]. Daftar nilai penting kelompok radio perulangan tersebut sampai saat ini telah ditetapkan oleh otoritas publik melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 76 Tahun 2010. Tabel 2.5 adalah Indeks Harga Dasar Pita Frekuensi Radio pada setiap rentang perulangan.

**Tabel 2.8 Indeks Harga Dasar Pita Frekuensi [24]**

Rentang Frekuensi MHz	Satuan	Tarif
0,009 - 0,03	Per MHz	Rp. 17.571,00
0,03 - 0,3	Per MHz	Rp. 15.047,00
0,3 – 3	Per MHz	Rp. 12.524,00

**Tabel 2.8 Indeks Harga Dasar Pita Frekuensi [24]**

Rentang Frekuensi MHz	Satuan	Tarif
3 – 30	Per MHz	Rp. 10.000,00
30 – 88	Per MHz	Rp. 8.821,00
88 – 108	Per MHz	Rp. 8.596,00
108 – 300	Per MHz	Rp. 7.476,00
300 – 410	Per MHz	Rp. 7.134,00
410 – 825	Per MHz	Rp. 6.368,00
825 – 890	Per MHz	Rp. 6.285,00
890 – 960	Per MHz	Rp. 6.202,00
960 – 1710	Per MHz	Rp. 5.569,00
1710 – 1880	Per MHz	Rp. 5.465,00
1880 – 1920	Per MHz	Rp. 5.442,00
1920 – 2170	Per MHz	Rp. 5.308,00
2170 – 2690	Per MHz	Rp. 5.072,00
2690 – 3400	Per MHz	Rp. 4.816,00
3400 – 4500	Per MHz	Rp. 4.508,00
4500 – 5000	Per MHz	Rp. 4.393,00
5000 – 8500	Per MHz	Rp. 3.811,00

Tabel 2.8 menjelaskan Indeks Harga Dasar pita frekuensi dengan tarif tertinggi Rp. 17.571,00 pada rentang frekuensi 0,009 - 0,03 Mhz. Tarif terendah terdapat pada rentang 5000 – 8500 Mhz pada tarif Rp. 3.811,00.

#### **2.2.12 Net Present Value (NPV)**

*Net Present Value* adalah nilai selisih antara nilai sekarang dan pengeluaran dengan nilai sekarang dan penerimaan uang bersih mulai sekarang. Strategi NPV adalah menghitung berapa banyak CAPEX *venture* dan biaya dukungan OPEX dengan total kompensasi habis-habisan yang didapat dari pengiriman sebuah organisasi. Dalam menghitung *Net Present Value* (NPV), ia mempertimbangkan nilai biaya pembiayaan bank yang dianggap relevan untuk



memutuskan estimasi nilai berkelanjutan. Nilai NPV ini digunakan untuk memutuskan apakah nilai spekulasi dari tugas tersebut bermanfaat atau tidak. Jika nilai NPV positif (+), usaha tersebut menguntungkan dan tugas dapat diselesaikan, sedangkan jika NPV negatif (-), usaha tersebut tidak nyaman atau dihentikan untuk menghitung nilai saat ini, pungutan yang signifikan harus diselesaikan setara dengan sekarang [25]. Model untuk memastikan *Net Present Value* (NPV) adalah sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n Cft (1 + K)^{-t} - I_0 \quad (2.23)$$

Keterangan:

t = Jumlah tahun

Cft = aliran kas periode t

I<sub>0</sub> = investasi tahun ke 0

K = tingkat suku bunga.

### 2.2.13 *Internal Rate Of Return (IRR)*

*Internal Rate of Return* (IRR) adalah teknik untuk menemukan biaya pinjaman di mana nilai saat ini dari pendapatan normal di masa depan atau penerimaan uang setara dengan konsumsi usaha dan biaya kerja yang mendasarinya. IRR dapat ditentukan dengan resep pada kondisi 2.24 di bawah.

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{cft}{(1+IRR)^t} \quad (2.24)$$

Keterangan

t = Tahun ke

n = Jumlah tahun

I<sub>0</sub> = Nilai investasi awal

CF = Arus kas bersih

IRR = Tingkat bunga yang dicari

Harga Sebuah spekulasi seharusnya masuk akal dengan asumsi bahwa harga IRR lebih menonjol daripada biaya pinjaman umum, dalam hal apapun jika

harga IRR bukan biaya pembiayaan yang menyeluruh, sebuah usaha dianggap tidak mungkin [26].

### 2.2.14 Growth Bass Models

Perkiraan pemakaian pasar produk yang tepat memungkinkan peningkatan pada perencanaan sumber daya, investasi dan pendapatan, pemasaran dan penjualan. Dengan menggunakan metode *bass growth model* dengan menghitung prediksi pertumbuhan pemakaian jumlah pelanggan 5G NR di Indonesia mulai pertama teknologi diperkenalkan sampai dengan 10 tahun ke depan setelah teknologi diperkenalkan. Persamaan yang digunakan dalam *bass growth model* dalam penentuan jumlah pertumbuhan pelanggan sebagai berikut:

	s = 20 %	s = 50 %	s = 80 %
$\Delta t = 2 \text{ years}$	$M \frac{1 - 9.80^{-(t-t_s)}}{1 + 4 \cdot 9.80^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 6.24^{-(t-t_s)}}{1 + 6.24^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 4.97^{-(t-t_s)}}{1 - 0.25 \cdot 4.97^{-(t-t_s)}}$
$\Delta t = 5 \text{ years}$	$M \frac{1 - 2.49^{-(t-t_s)}}{1 + 4 \cdot 2.49^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 2.08^{-(t-t_s)}}{1 + 2.08^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 1.90^{-(t-t_s)}}{1 - 0.25 \cdot 1.90^{-(t-t_s)}}$
$\Delta t = 10 \text{ years}$	$M \frac{1 - 1.58^{-(t-t_s)}}{1 + 4 \cdot 1.58^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 1.44^{-(t-t_s)}}{1 + 1.44^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 1.38^{-(t-t_s)}}{1 - 0.25 \cdot 1.38^{-(t-t_s)}}$
$\Delta t = 15 \text{ years}$	$M \frac{1 - 1.36^{-(t-t_s)}}{1 + 4 \cdot 1.36^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 1.28^{-(t-t_s)}}{1 + 1.28^{-(t-t_s)}}$	$M \frac{1 - 1.24^{-(t-t_s)}}{1 - 0.25 \cdot 1.24^{-(t-t_s)}}$

**Gambar 2.3 Parameter Growth Bass Model untuk memperkirakan adopsi peluncuran penggunaan produk teknologi baru [27]**

Keterangan : M : Kapasitas pasar

ts : Titik waktu saat produk diperkenalkan ( $t_s \leq t$ )

$\Delta t$  : Durasi waktu karakteristik produk

s : Parameter sigmoidal,  $0 < s \leq 1$

v : Penetrasi pada waktu titik ( $t_s + \Delta t, 0 = < v < 1$ )

Pada Gambar 2.3 menunjukkan nilai dari 3 skenario yaitu skenario pesimis, moderat dan optimis. Nilai persentase dari skenario pesimis sebesar 20%, moderat sebesar 50%, dan optimis sebesar 80% dari jumlah *subscribers* dengan mengasumsikan proyeksi jumlah pengguna 5G 10 tahun ke depan menggunakan metode *bass growth model*.