

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi yang pesat telah menciptakan kebutuhan bagi masyarakat untuk berkomunikasi dan melakukan berbagai aktivitas di mana saja dan kapan saja. Dalam konteks ini, keberadaan jaringan internet menjadi salah satu prasyarat yang sangat penting. Saat ini, teknologi yang umum digunakan untuk mengakses layanan internet adalah 4G LTE. Namun, 4G LTE memiliki batasan kecepatan data, dengan maksimum 500 Mbps untuk *uplink* dan 1000 Mbps untuk *downlink*. Berbeda dengan teknologi 4G LTE, teknologi 5G menawarkan kecepatan yang jauh lebih tinggi, yaitu hingga 10 Gbps untuk *uplink* dan 20 Gbps untuk *downlink* [1]. Oleh karena itu, penelitian ini akan menjelaskan teknologi jaringan 5G dengan lebih mendetail.

Teknologi 5G *New Radio* (NR) adalah standar untuk seluler generasi kelima yang ditetapkan oleh *International Telecommunications Union* (ITU). Dibandingkan dengan 4G, teknologi 5G menawarkan kapasitas *bandwidth* yang jauh lebih besar, yang memungkinkan meningkatkan kepadatan pengguna *mobile broadband*. Selain itu, 5G mendukung tiga fitur utama yaitu *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Ultra-Reliable and Low Latency Communication* (uRLLC), dan *Massive Machine-Type Communication* (mMTC) [2][3]. Dalam pengimplementasiannya, teknologi 5G memiliki dua konfigurasi, yaitu *Standalone* (SA) dan *Non-Standalone* (NSA). Skenario *Standalone* (SA) mengandalkan satu teknologi saja, yakni 5G NR atau evolusi dari akses radio LTE, dengan masing-masing jaringan inti beroperasi secara independen. Sebaliknya, skenario *Non-Standalone* NSA menggabungkan konektivitas ganda dengan mengintegrasikan sel radio NR dan LTE, sehingga bisa menyediakan akses radio yang terhubung dengan jaringan inti dalam bentuk EPC atau 5GC [4].

Dalam penelitian ini, perencanaan jaringan 5G NR pada frekuensi 2300 MHz dan 3500 MHz dilakukan dengan skenario *standalone* (SA). Kedua frekuensi ini termasuk dalam kategori pita frekuensi menengah, yang berada dalam rentang 1 – 6 GHz, dan dikenal sebagai *mid-band*. Frekuensi menengah ini merupakan pilihan ideal untuk 5G NR karena mampu menyediakan jaringan yang handal dari segi jangkauan dan kapasitas [8]. Selain itu, spektrum frekuensi *mid-band* memberikan kesempatan untuk memanfaatkan gelombang milimeter (*mmWaves*) di wilayah urban dan suburban, sehingga memperluas keberadaan 5G di daerah

padat penduduk. Hal ini juga memungkinkan cakupan yang lebih baik di lingkungan perkotaan berkat kapasitas yang lebih tinggi [1].

Dalam penelitian ini, perencanaan jaringan 5G mengadopsi metode *inter-band carrier aggregation* dimana *carrier aggregation* merupakan pendekatan yang memungkinkan operator jaringan untuk menggunakan lebih dari satu pita frekuensi secara bersamaan, sehingga dapat meningkatkan kapasitas layanan jaringan [5]. Dalam penerapan *metode inter-band carrier aggregation*, pada penelitian ini menggabungkan *Time Division Duplex (TDD) band n40* pada frekuensi 2300 MHz dengan *bandwidth* 40 MHz, serta *Time Division Duplex (TDD) band n78* pada frekuensi 3500 MHz dengan *bandwidth* 100 MHz. Secara umum, ketika menerapkan metode *carrier aggregation*, operator cenderung menggunakan *band* frekuensi yang lebih rendah sebagai *primary cell (PCell)* dan *band* frekuensi yang lebih tinggi sebagai *secondary cell (SCell)*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, frekuensi 2300 MHz dimanfaatkan sebagai *primary cell (Pcell)*, sedangkan frekuensi 3500 MHz digunakan sebagai *secondary cell (Scell)*.

Pada penelitian ini, perencanaan jaringan 5G menggunakan wilayah perencanaan di Pelabuhan Tanjung Priok dikarenakan Pelabuhan Tanjung Priok merupakan Pelabuhan terbesar dan tersibuk di Indonesia. Pelabuhan ini berfungsi sebagai pintu gerbang arus keluar masuk barang ekspor impor maupun barang antar pulau. Pelabuhan Tanjung Priok berperan penting dalam ekonomi Indonesia, menangani lebih dari 30% barang *non-migas* dan menyuplai 50% dari seluruh arus barang yang masuk dan keluar dari negara ini. Dengan posisi strategisnya yang menghubungkan wilayah pedalaman kawasan yang kaya akan kegiatan komersial dan industri, Tanjung Priok telah diakui sebagai pelabuhan paling signifikan di Pulau Jawa. Di tengah perkembangan ini, pelabuhan-pelabuhan di seluruh dunia mulai bertransformasi menuju teknologi 5G. Upaya ini dilakukan secara bertahap untuk meningkatkan inovasi dan efisiensi, serta membangun sistem kecerdasan dan informasi pelabuhan yang esensial bagi peningkatan daya saing. Menerapkan teknologi canggih ini juga merupakan langkah penting dalam menurunkan biaya logistik dan meningkatkan efisiensi operasional. Pelabuhan memainkan peran penting dalam mempromosikan perdagangan internasional dan pembangunan regional. Efisiensi operasional sangat penting bagi pelabuhan, mengingat sekitar 90% perdagangan global bergantung pada transportasi laut. Industri 4.0 dan Internet Plus mendorong pelabuhan untuk bertransformasi dan meningkatkan diri menjadi digital, otomatis, dan operasi cerdas. Dengan 5G nantinya akan membangun *smart port* yang efisien dan ramah lingkungan. *Smart port* membutuhkan sistem komunikasi untuk mendukung latensi rendah, *bandwidth* tinggi, dan layanan komunikasi dengan keandalan tinggi untuk menangani data kontrol dan data video

multi-saluran dari peralatan pelabuhan. Dengan komunikasi lawas yang berbasis serat optik dan Wi-Fi, penyebaran, pengoperasian, dan pemeliharaan jaringan membutuhkan biaya yang mahal dan kinerja jaringan. Untuk penanganan data semacam itu sering kali tidak optimal dengan stabilitas yang buruk dan keandalan yang rendah. 5G diharapkan dapat mengatasi tantangan tersebut berkat latensi rendah, *bandwidth* dan kapasitas yang besar, dan keandalan yang tinggi. Pada penelitian ini melakukan perencanaan jaringan berdasarkan analisis cakupan dan kemudian memvalidasinya menggunakan *Software* perancangan jaringan untuk *smart port* Tanjung Priok.

Proses kerja dalam penelitian ini dimulai dengan perhitungan *link budget* dan analisis jumlah kebutuhan *site* yang didasarkan pada *coverage planning*. Setelah itu, dilakukan simulasi perencanaan jaringan 5G NR menggunakan *Software* perancangan jaringan. Dalam simulasi tersebut, kami mengkonfigurasi metode *inter-band carrier aggregation* dan menganalisis hasil simulasi untuk setiap parameter, yaitu SS-RSRP, SS-SINR, dan *data rate*. Dalam analisis ini, kami membandingkan nilai hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan metode *inter-band carrier aggregation* dalam perencanaan.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan serta memperhitungkan berbagai parameter yang diperlukan untuk perencanaan jaringan 5G di masa depan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana prinsip kerja dari perencanaan jaringan 5G NR menggunakan metode *inter-band carrier aggregation*?
2. Bagaimana perhitungan link budget dan perhitungan jumlah kebutuhan *site* untuk menunjang *smart port* di area pelabuhan tanjung priok berdasarkan *coverage planning*?
3. Bagaimana simulasi perencanaan jaringan 5G NR dengan menerapkan metode *inter-band carrier aggregation*?
4. Bagaimana hasil simulasi perencanaan yang dihasilkan pada setiap parameter SS-RSRP, SS-SINR, dan *data rate* pada *software* Atoll 3.4?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian jaringan 5G NR menggunakan wilayah perencanaan di kawasan Pelabuhan Tanjung Priok.
2. Metode *inter-band carrier aggregation* pada perencanaan 5G NR dalam penelitian ini menerapkan *frekuensi band n40 2300 MHz Time Division Duplex (TDD)* dengan *bandwidth 40 MHz* dan *frekuensi band n78 350 MHz Time Division Duplex (TDD)* dengan *bandwidth 100 MHz*.
3. Pada penelitian ini menggunakan model propagasi *Urban Macro (Uma)* sesuai dengan standarisasi 3GPP 38.901 dalam perencanaan jaringan 5G, serta menggunakan skenario *downlink outdoor-to-outdoor Line of Sight (O2O LOS)* dan *outdoor-to-outdoor Non Line of Sight (O2O NLOS)*.
4. Simulasi perencanaan dilakukan menggunakan *software Forsk Atoll 3.4*.
5. Parameter RF yang dianalisis pada penelitian ini adalah parameter SS-RSRP, SS-SINR, dan *data rate*.

1.4 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisis prinsip kerja dari perencanaan jaringan 5G NR dan *inter-band carrier aggregation*.
2. Melakukan perhitungan *link budget* dan perhitungan berdasarkan *coverage planning* untuk mengetahui jumlah kebutuhan *site* di pelabuhan tanjung priok.
3. Melakukan analisis simulasi perencanaan jaringan 5G NR dengan penerapan metode *inter-band carrier aggregation*.
4. Melakukan analisis terhadap hasil simulasi perencanaan untuk parameter SS-RSRP, SS-SINR, dan *data rate* pada *software Atoll 3.4*.

1.5 MANFAAT

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang akademis sehingga dapat menjadi referensi dan acuan dalam penelitian selanjutnya. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang perancangan dalam perencanaan jaringan 5G dengan menerapkan metode *inter-band carrier aggregation*.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan penelitian ini dibagi menjadi 5 bagian:

1. BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini memuat elemen penting yaitu, latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan.

2. BAB 2: DASAR TEORI

Bab ini akan membahas teori-teori pendukung yang relevan untuk penelitian ini. Di antara topik yang akan dijelaskan adalah *smart port*, konsep teknologi 5G, serta *carrier aggregation* beserta berbagai jenisnya. Selain itu juga akan membahas perhitungan *link budget* dan *coverage planning*, model propagasi *Urban Macro* (Uma), serta parameter-parameter pengujian yang akan dianalisis dalam penelitian ini.

3. BAB 3: METODE PENELITIAN

Bab ini akan membahas deskripsi mengenai pelaksanaan penelitian, tahapan-tahapan dalam pengerjaan, perhitungan *link budget* dan *coverage planning*, serta skenario yang diusulkan dalam penelitian ini.

4. BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan membahas hasil simulasi serta melakukan analisis perbandingan dari setiap skenario simulasi yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini.

5. BAB 5: PENUTUP

Pada bagian ini, akan membahas kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan, serta memberikan saran untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.