

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi komunikasi generasi kelima (5G) merupakan pengembangan signifikan dari 4G LTE yang menawarkan kecepatan data hingga 10 Gbps dengan latensi hanya 1 ms, jauh melampaui 4G LTE [1]. Salah satu keunggulan utamanya adalah *Enhanced Mobile Broadband* yang meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan untuk mendukung aplikasi seperti *streaming video ultra-high definition* (4K/8K), *virtual reality* (VR), dan *augmented reality* (AR) [2]. Penerapan eMBB penting karena tingginya kebutuhan layanan data berkapasitas besar, sehingga dibutuhkan koneksi stabil dan *bandwidth* luas guna menunjang komunikasi *real-time* serta akses konten dan layanan dengan lebih cepat dan andal [3].

Teknologi 5G tidak hanya meningkatkan pengalaman pengguna individu, tetapi juga menjadi fondasi penting bagi transformasi digital di berbagai sektor seperti *smart city*, kesehatan, pendidikan, dan industri 4.0 [4]. Secara global, *Ericsson Mobility Report 2023* memproyeksikan bahwa pada tahun 2030 lebih dari 60% populasi dunia akan terjangkau jaringan 5G, dengan Asia Tenggara diperkirakan menangani 70% trafik data. Negara seperti Korea Selatan, China, dan Jepang menjadi pelopor dengan cakupan luas dan layanan berkualitas tinggi. [5].

Di Indonesia, 5G diluncurkan secara komersial sejak 2021 namun masih terbatas pada kota-kota besar karena tantangan seperti keterbatasan spektrum, biaya infrastruktur tinggi, kondisi geografis, serta rendahnya adopsi perangkat 5G. Pemerintah berupaya mempercepat pengembangan melalui penyediaan spektrum tambahan, pembangunan serat optik, dan pengembangan ekosistem 5G. Diproyeksikan ada 30 juta koneksi 5G pada 2028 [6].

Frekuensi 3.5 GHz (*mid band*) merupakan salah satu pita pada 5G yang menawarkan *throughput* yang lebih tinggi meskipun jangkauannya yang terbatas [7]. Namun, implemetasi di wilayah suburban seperti Kecamatan Cibiru, Kota Bandung yang dikategorikan sebagai wilayah urban-suburban berdasarkan analisis *geotype* mason dengan karakteristik penduduk menengah hingga tinggi serta

struktur penggunaan lahan yang beragam, seperti permukiman, pendidikan, dan ruang terbuka, menghadapi kendala seperti keterbatasan BTS, keterbatasan penetrasi sinyal, dan interferensi spektrum [8]. Dengan kepadatan penduduk 11.606 jiwa/km², wilayah ini membutuhkan perencanaan jaringan yang padat dan efisien melalui pemodelan *coverage* serta teknologi *massive* MIMO [9].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan 5G frekuensi 3.5 GHz di Kecamatan Cibiru untuk mengoptimalkan cakupan dan meningkatkan kualitas jaringan. Kajian ini mencakup penentuan lokasi BTS, analisis kebutuhan dan mitigasi gangguan sinyal. Diharapkan dengan perancangan jaringan 5G, dapat meningkatkan konektivitas dan akses telekomunikasi yang lebih baik bagi masyarakat di Kecamatan Cibiru.

1.2 Kajian Riset Terdahulu

Kajian riset terdahulu adalah pernyataan yang menunjukkan bahwa penyelesaian masalah yang di ajukan merupakan hal yang berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti ini. Dalam bagian ini akan diuraikan secara singkat penelitian sebelumnya yang dapat memperkuat alasan mengapa penelitian ini akan dilakukan. Adapun kajian riset terdahulu penelitian lainnya dan di jabarkan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Kajian riset terdahulu

No	Judul	Penulis	Tahun
1.	.Analisis Perbandingan Performa Pada Jaringan 5G <i>New Radio</i> Menggunakan Frekuensi 3.5 dan 24 GHz Di Kota Yogyakarta [10].	Dianthy Marya, Ade Wahyudi	2022
2	<i>5G NR Network Planning Analysis using 700 Mhz and 2.3 Ghz Frequency in The Jababeka Industrial Area</i> [11]	Achmad Kirang, Alfin	2023
3	Simulasi Perancangan Jaringan <i>New Radio</i> Untuk Mendukung Monitor Sensor Pada Frekuensi 700 MHz di	Rayhan Naufaldi, Hamzah Ulinuha Mustakim, Walid Maulana Hadiansyah	2024

No	Judul	Penulis	Tahun
	Kawasan Perindustrian Kabupaten Sidoarjo [12].		
4	5G <i>New Radio Signal Propagation and Ground-to-Air Channel Modeling at 3.565 GHz Based on Extensive Measurements</i> [13]	Zahra Rostamikafaki, Francois Chan, Claude D'Amours	2024
5	<i>Comparative Evaluation of Radio Network Planning for Different 5G-NR Channel Models on Urban Macro Environments in Quito City</i> [14]	Valdemar Ramón Farré Guijarro, José David Vega Sánchez, Martha Cecilia Paredes Paredes, Felipe Grijalva Arévalo, Diana Pamela Moya Osorio	2024

Tabel 1.1 menunjukan beberapa referensi utama yang memiliki topik mengenai perancangan jaringan 5G. Paper [10] Menggunakan pendekatan *Link budget* dengan propagasi *Urban Micro* dan *Urban Macro*, dihitung *pathloss*, *cell radius*, dan jumlah gNodeB yang dibutuhkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dan *software* Atoll 3.4 untuk simulasi. Hasil simulasi Atoll menunjukkan prediksi *coverage* dan kualitas sinyal yang baik pada kedua frekuensi, dengan kapasitas *downlink* 180 Mbps dan *uplink* 117 Mbps.

Paper [11] merancang jaringan 5G NR menggunakan frekuensi 700 MHz dan 2.3 GHz di kawasan industri Jababeka. Dengan model propagasi yang digunakan adalah Urban Macrocell (UMa) dengan kondisi *non line of sight* (NLOS) sesuai standar 3GPP TR 38.901. Frekuensi 2.3 GHz pada kondisi *uplink* membutuhkan 94 *site* dan pada *downlink* dibutuhkan 7 *site*, sedangkan frekuensi 700 MHz pada kondisi *uplink* dibutuhkan 43 *site* dan *downlink* membutuhkan 3 *site*. Frekuensi 700 MHz lebih baik dibandingkan 2.3 GHz karena nilai SS-RSRP dan SS-SINR bernilai lebih besar.

Paper [12] membahas desain jaringan 5G NR pada frekuensi 700 MHz untuk mendukung konsep *smart factory* di kawasan industri. Penelitian yang dilakukan di Kawasan Industri Berbek seluas 87 hektar ini bertujuan memenuhi kebutuhan

throughput tinggi, latensi rendah, dan cakupan luas bagi aplikasi IoT dan *monitoring sensor*. Hasil simulasi menunjukkan *throughput* rata-rata 1.723 Mbps dengan cakupan 100% area, melebihi kebutuhan kawasan sebesar 110,25%, serta kualitas sinyal yang sangat baik dengan nilai SS-RSRP rata-rata -48,42 dBm dan SS-SINR 73,05 dB. Berdasarkan perhitungan kapasitas dan cakupan, dibutuhkan satu site dengan dua sektor dan dua kanal berbeda untuk memenuhi kebutuhan kawasan, dan penelitian ini menegaskan bahwa optimasi parameter jaringan dapat meningkatkan kualitas sinyal serta komunikasi pada jaringan 5G di kawasan industri.

Paper [13] menganalisis propagasi sinyal 5G *New Radio* (NR) pada frekuensi komersial 3.565 GHz menggunakan pengukuran ekstensif dari darat hingga udara. Studi ini mengukur parameter utama jaringan seperti *Channel Power* (CP), *Field Strength* (FS), *Path Loss Exponent* (PLE), dan *Shadow Fading Amplitude* (SFA) dalam kondisi *Line-of-Sight* (LOS) dan *Non Line of Sight* (NLOS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinyal 5G tetap kuat dan stabil di ketinggian 300-500 meter, menjadikannya ideal untuk komunikasi *Ground-to-Air* (G2A) seperti pada kendaraan udara tanpa awak (UAV). Selain itu, model baru dikembangkan untuk menjelaskan hubungan antara faktor Rician K dengan ketinggian, menunjukkan bahwa sinyal semakin stabil seiring bertambahnya ketinggian.

Paper [14] melakukan analisis mendalam terhadap beberapa metode pemodelan propagasi sinyal nirkabel di Quito, Ekuador, termasuk model 3GPP, *Knife Edge Diffraction* (KED), ASTER, dan *Dominant Path Model* (DPM). Fokus penelitian adalah pada model KED, ASTER, dan DPM pada frekuensi 3.5 GHz dan 28 GHz di lingkungan urban *macro* tiga dimensi. Selain itu, paper ini mengevaluasi kecepatan data, *throughput*, dan metrik kualitas sinyal referensi yang diterima, termasuk rasio sinyal terhadap interferensi dan *noise* (SINR), kualitas sinyal referensi (RSRQ), daya sinyal referensi yang diterima (RSRP), serta indikator kekuatan sinyal yang diterima (RSSI).

Secara umum, kelima paper tersebut memiliki keterbatasan yang serupa, yaitu dominan menggunakan pendekatan simulasi. Paper [10], [11], dan [12] lebih fokus pada *coverage* dan kualitas sinyal, tetapi kurang mengeksplorasi aspek kapasitas

jaringan secara mendalam serta kepadatan pengguna. Paper[13] terbatas pada skenario komunikasi *ground-to-air* yang kurang relevan untuk aplikasi teresterial dan tidak membahas *capacity planning*, sedangkan paper [14] hanya berfokus pada pemodelan propagasi di satu wilayah (Quito, Ekuador) sehingga hasilnya sulit digeneralisasikan ke lingkungan lain. Selain itu, sebagian besar penelitian tidak mempertimbangkan variasi kondisi geografis yang kompleks maupun dinamika trafik pengguna lapangan, sehingga diperlukan kajian lanjut dengan skenario yang lebih realistis dan komprehensif.

Perbedaan dengan penelitian pada paper [10] dan [14] berfokus pada simulasi dikawasan urban dan industri, penelitian ini lebih terarah pada perancangan jaringan 5G di Kecamatan Cibiru sebagai kawasan suburban. Jika penelitian [10], [11] dan [12] umumnya menggunakan frekuensi 700 MHz dan 2.3 GHz lebih fokus pada *coverage* dan kualitas sinyal. Sedangkan [13] lebih berfokus pada komunikasi *grand-to-air*.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dijadikan acuan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan jaringan 5G frekuensi 3.5 GHz di Kecamatan Cibiru?
2. Bagaimana kinerja jaringan 5G untuk *coverage* dan *capacity* di Kecamatan Cibiru berdasarkan simulasi?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mensimulasikan kebutuhan cakupan jaringan 5G pada frekuensi 3.5 GHz di Kecamatan Cibiru untuk memastikan cakupan dan kapasitas sinyal yang optimal.
2. Menganalisis kinerja sistem berdasarkan hasil simulasi kebutuhan cakupan 5G pada frekuensi 3.5 GHz untuk memastikan distribusi sinyal yang optimal dan kapasitas yang memadai di seluruh wilayah

Kecamatan Cibiru dengan menggunakan parameter-parameter yang sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan memperoleh manfaat dari sisi akademik dan sisi aplikatif.

1. Sisi Akademik

Penelitian ini diharapkan mampu menambah khasanah keilmuan tentang teknologi terutama pada sub bidang perancangan jaringan 5G pada frekuensi 3.5 GHz untuk optimalisasi *coverage* dan *capacity* di Kecamatan Cibiru Sehingga diharapkan para akademisi dapat mengetahui apa yang harus dilakukan dalam perancangan jaringan 5G pada frekuensi 3.5 GHz untuk optimalisasi *coverage* dan *capacity*.

2. Sisi Aplikatif

Penelitian ini juga diharapkan bisa membantu pihak perencanaan vendor jaringan dalam memperoleh referensi untuk perancangan jaringan 5G pada frekuensi 3.5GHz di wilayah Kecamatan Cibiru kedepannya.

1.6 Batasan Masalah

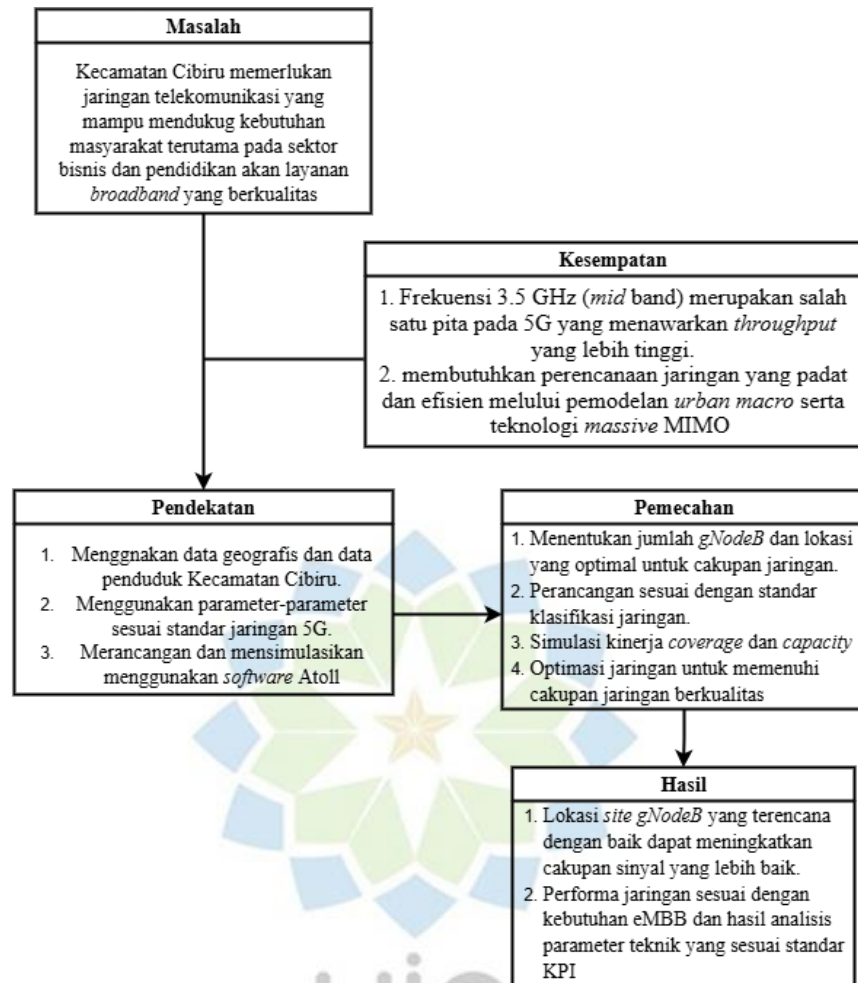
Untuk Membatasi masalah-masalah yang ada, maka peneliti membatasi ruang lingkup masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis dan perancangan jaringan 5G yang menggunakan frekuensi 3.5 GHz sebagai pita *mid-band*, yang sesuai untuk cakupan di Kecamatan Cibiru.
2. Lokasi penelitian dibatasi pada wilayah Kecamatan Cibiru, dengan mempertimbangkan kondisi geografis, populasi, dan kebutuhan pengguna di wilayah tersebut.
3. Penelitian ini hanya menganalisis parameter performa jaringan seperti SS-RSRP, SS-SINR, dan *throughput* untuk mengevaluasi kualitas cakupan.

4. Simulasi perancangan jaringan dilakukan menggunakan perangkat lunak perencanaan telekomunikasi seperti Atoll dengan model propagasi *Urban Macro* (UMa).
5. Analisis kapasitas layanan *broadband* dibatasi pada estimasi kebutuhan data dan trafik pengguna berdasarkan populasi dan proyeksi pertumbuhan penggunaan data di Kecamatan Cibiru.
6. Evaluasi performa jaringan dibatasi pada standar *Key Performance Indicator* (KPI) yang relevan untuk jaringan 5G, seperti nilai minimal $SS-RSRP \geq -85$ dBm, $SS-SINR \geq 10$ dB, dan *throughput* sesuai kebutuhan layanan *broadband*.
7. Penelitian ini difokuskan pada penerapan *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB), khususnya untuk kebutuhan *streaming video* resolusi tinggi (4K/8K), akses aplikasi berbasis *cloud*, pengalaman AR/VR, *gaming online* dengan kualitas tinggi, serta konektivitas stabil di area padat pengguna seperti area pendidikan dan fasilitas publik.

1.7 Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir adalah narasi (uraian) dan pernyataan (proposisi) tentang kerangka konsep pemecahan masalah yang telah diidentifikasi atau dirumuskan. Kerangka berpikir dalam sebuah penelitian kuantitatif sangat menentukan kejelasan dan validitas proses penelitian secara keseluruhan.



Gambar 1.1 Kerangka berpikir

1.8 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari enam bab utama yang masing-masing menguraikan dan menjelaskan aspek-aspek penting terkait permasalahan yang dikaji. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai hal yang melatar belakangi dilakukannya penelitian mengenai perancangan jaringan 5G pada frekuensi 3.5 GHz, penjabaran dalam bab ini mencakup latar belakang, kajian riset terdahulu, rumusan masalah, manfaat penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan penelitian yang baik dan berkualitas.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini membahas teori-teori dasar yang relevan dan mendukung pelaksanaan penelitian. Penguasaan terhadap teori-teori tersebut menjadi penting sebagai landasan konseptual dalam melakukan perancangan jaringan. Isi bab ini mencakup kajian literatur, penelitian terdahulu, serta konsep teknis yang akan berkaitan dengan topik penelitian.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian secara sistematis dan terstruktur. Pembahasan mencakup diagram alir, tahapan pelaksanaan, serta pendekatan untuk memecahkan permasalahan yang ada pada penelitian ini.

BAB IV PERANCANGAN DAN SIMULASI JARINGAN

Pada bab ini menguraikan secara sistematis tahapan perancangan yang sesuai dengan metode penelitian yang telah dirancang. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dipersiapkan untuk disimulasikan, dengan menggunakan teknik pengolahan data yang telah ditentukan.

BAB V ANALISIS DAN HASIL PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil analisis data yang telah diolah dan disimulasikan. Data yang telah dijelaskan dengan mengacu pada teori-teori yang relevan pada penelitian sebelumnya. Analisis ini bertujuan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menyajikan simpulan dari hasil penelitian mengenai perancangan jaringan 5G pada frekuensi 3.5 GHz untuk optimalisasi *coverage* dan *capacity* di Kecamatan Cibiru, serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut atau aplikasi praktis juga disampaikan di bagian ini.

