

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat untuk mengakses internet semakin hari semakin meningkat. Perkembangan teknologi di bidang telekomunikasi khususnya di bidang seluler mengalami kemajuan yang pesat. Perkembangan teknologi seluler saat ini dibutuhkan untuk senantiasa memberikan data yang unggul dan memuaskan pengguna dalam proses pengiriman dan penerimaan layanan telekomunikasi. Hal ini menyebabkan munculnya teknologi generasi ke-5 (5G) untuk meningkatkan layanan telekomunikasi khususnya di bidang teknologi seluler. Layanan 5G *New Radio* (NR) yang membutuhkan kecepatan, jangkauan, dan keandalan, memerlukan berbagai solusi jaringan, baik dari segi jaringan yang ada maupun jaringan baru yang potensial.

Persyaratan teknis yang diharapkan untuk 5G NR adalah kecepatan data tinggi serta latensi yang rendah. Teknologi 5G merupakan standar teknologi *mobile broadband* generasi ke-5, sebagai evolusi signifikan dari jaringan 5G NR yang dikeluarkan oleh 3rd *Generation Partnership Project* (3GPP). Teknologi 5G diharapkan secara fundamental mampu mengubah peran teknologi telekomunikasi yang ada di masyarakat serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan melayani kebutuhan digitalisasi masyarakat bahkan seluruh dunia yang terhubung ke jaringan kapan pun diperlukan dan antar perangkat melalui *Internet of Things* (IoT). Terdapat tiga kategori utama *use cases* pada 5G, yaitu *Massive Machine Type communications* (mMTC), *Ultra-reliable low latency communications* (U-RLLC) dan *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB)

Di Indonesia, pemerintah melalui Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) telah menetapkan strategi nasional untuk mengimplementasikan jaringan 5G guna mendukung industri 4.0 serta ekosistem digital nasional (Kominfo, 2023). Implementasi 5G diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai sektor, termasuk industri, kesehatan, pendidikan, dan hiburan dengan menghadirkan koneksi yang lebih stabil, kecepatan tinggi, serta latensi yang rendah. Selain itu, kehadiran 5G juga mendukung pengembangan *city* dan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT), yang berkembang pesat dalam era digital ini (Nasrullah et al., 2022). (Yuliana et al.,



Salah satu operator telekomunikasi terbesar di Indonesia telah memulai pengembangan jaringan 5G. Salah satu langkah yang

dilakukan adalah ekspansi jaringan 5G di Kota Makassar, khususnya pada jalur dari mini cluster Pettarani (dekat kantor Telkomsel) hingga ke Pengayoman dan Mall Panakkukang. Ekspansi ini bertujuan untuk meningkatkan cakupan jaringan serta kualitas layanan bagi pelanggan di area tersebut (Telkomsel, 2023). Teknologi 5G NR (*New Radio*) pada frekuensi 2300 MHz dengan *Massive MIMO* diterapkan untuk meningkatkan efisiensi spektrum dan kapasitas jaringan (Huawei, 2022). *Massive MIMO* sendiri merupakan teknologi yang memungkinkan penggunaan antena dalam jumlah besar untuk meningkatkan throughput jaringan dan mengurangi interferensi sinyal (Andini & Prasetyo, 2021).

Performansi jaringan 5G di Makassar saat ini belum merata. Hal ini disebabkan karena BTS 5G baru tersedia di lokasi strategis seperti pusat kota, mall, bandara, dan Kawasan komersial. Sedangkan area sidensial, permukiman padat, atau pinggiran kota masih minim sinyal 5G. Akibatnya, banyak pengguna masih terkunci di jaringan 4G, terutama saat bergerak keluar dari area inti kota.

Untuk menganalisis performansi ekspansi jaringan 5G ini, dilakukan pengukuran dan evaluasi dengan membandingkan kondisi jaringan sebelum dan sesudah *on-air* (OA). Data performansi diambil dari aplikasi *CovMo* (internal Telkomsel) serta hasil pengukuran langsung melalui metode *drive test* menggunakan aplikasi *G-NetTrack*. *Drive test* ini dilakukan sebelum aktivasi penuh jaringan 5G untuk mengetahui kondisi awal jaringan, yang kemudian dibandingkan dengan kondisi setelah jaringan diaktifkan sepenuhnya. Pengukuran dilakukan dengan memperhatikan parameter utama seperti RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRQ (*Reference Signal Received Quality*), SINR (*Signal to Interference and Noise Ratio*), serta *throughput downlink* dan *uplink* (Rahman et al., 2022).

Dengan judul penelitian “**Analisis Performansi Ekspansi Jaringan 5G NR (New Radio) 2300Mhz Massive MIMO di Kota Makassar**” akan memberikan wawasan mengenai pengembangan jaringan 5G di Kota Makassar serta menjadi referensi bagi perencanaan dan optimasi jaringan di masa mendatang. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat digunakan oleh penyedia layanan telekomunikasi untuk meningkatkan strategi implementasi 5G guna mendukung transformasi digital di Indonesia. Dengan meningkatnya kebutuhan akan jaringan



ini, kajian mengenai performansi ekspansi jaringan 5G menjadi semakin menghadapi tantangan di era digital ini.

alah

tar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan

penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana perbandingan performansi jaringan 4G sebelum dan 5G NR 2300 MHz sesudah *on-air* (OA) di area ekspansi berdasarkan hasil *drive test* dan *Coverage Plot*?
2. Bagaimana dampak ekspansi 5G terhadap jumlah pengguna layanan dan pemakaian data di area ekspansi?
3. Apa saja tantangan yang dihadapi dalam proses ekspansi jaringan 5G NR di Kota Makassar dan bagaimana strategi optimasi untuk meningkatkan performansi jaringan?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perbandingan performansi jaringan 4G sebelum dan 5G NR 2300 MHz sesudah *on-air* (OA) di area ekspansi *Mini Cluster* Pettarani hingga Mall Panakkukang berdasarkan hasil *drive test* dan *Coverage Plot* dengan menggunakan parameter pengukuran RSRP.
2. Menganalisis dampak ekspansi 5G terhadap jumlah pengguna dan pemakaian data dengan membandingkan data sebelum dan sesudah.
3. Mengidentifikasi proses ekspansi jaringan 5G NR di Kota Makassar serta menyusun strategi ekspansi guna mendapatkan Langkah terbaik untuk mencapai hasil yang paling optimal.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi tentang performansi ekspansi jaringan 4G menjadi 5G NR (*New Radio*) 2300 MHz *Massive MIMO* di Kota Makassar dengan beberapa scenario, yang dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan dan pengembangan jaringan 5G di masa depan.
2. Memberikan informasi jumlah pengguna dan penggunaan data sebelum dan sesudah ekspansi 5G.
3. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang telekomunikasi, khususnya pada teknologi 5G NR (*New Radio*) dan *Massive MIMO*.

I.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah maka peneliti menetapkan batasan penelitian. Yaitu penelitian ini dibatasi dengan skenario analisis performansi ekspansi jaringan 4G menjadi 5G NR 2300 MHz di *Mini Cluster* Pettarani hingga Mall Panakkukang, evaluasi dilakukan melalui *drive test* dan *Coverage Plot*, dengan berupa throughput, cakupan jaringan, jumlah pengguna, dan pemakaian data sebelum dan sesudah *on-air* (OA). Pengambilan data periode tertentu, menggunakan perangkat HP 5G dan aplikasi



G-NetTrack. Fokus penelitian hanya pada aspek teknis jaringan 5G NR tanpa membahas faktor non-teknis seperti regulasi atau kebijakan bisnis.

I.6 Kajian Pustaka

I.6.1 Teknologi 5G

Teknologi 5G merupakan standar teknologi komunikasi seluler nirkabel yang diharapkan menjadi generasi kelima setelah sebelumnya terdapat teknologi 1G, 2G, 3G, serta 4G yang sedang berlangsung (Chrysikos et al., 2018). Generasi 5G menawarkan sejumlah peningkatan dalam berbagai aspek, diantaranya mencakup peningkatan kapasitas, peningkatan kecepatan akses, pengurangan waktu tunda, serta kemampuan untuk mendukung beragam aplikasi (Dinas Kominfo, 2016). Selain itu, teknologi 5G juga memiliki kapasitas *broadcasting* yang besar, mampu menangani hingga satuan Gigabit untuk menyediakan 65.000 koneksi secara simultan. Keistimewaan lain dari teknologi 5G adalah kemampuannya untuk mengakses berbagai teknologi seluler yang berbeda secara bersamaan dengan menggunakan satu perangkat universal dan aplikasi yang sesuai (Chrysikos et al., 2018).

I.6.2 Perkembangan Teknologi 5G

Standar telekomunikasi bergerak 5G hadir untuk kemajuan generasi kelima yg dibuat dalam bidang komunikasi mobile. Ini terdiri *packet switched* sistem nirkabel menggunakan *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) dengan cakupan wilayah yang luas, throughput yang tinggi pada gelombang milimeter (10 mm sampai 1 mm) yang mencakup rentang frekuensi 30 GHz sampai 300 GHz, dan memungkinkan tingkat kecepatan data 20 Mbps sampai jarak 2 km. Band gelombang milimeter adalah solusi yang paling efektif untuk lonjakan terbaru dalam penggunaan internet nirkabel. Spesifikasi ini mampu memberikan aplikasi *'world wide web nirkabel*.

I.6.3 Parameter yang mempengaruhi performansi jaringan 5G 2300 Mhz

Parameter yang mempengaruhi performansi jaringan 5G 2300 Mhz, antara lain :

1. *Bandwidth* (Lebar Pita), *Band* 2300 Mhz mendukung *bandwidth* hingga 100 Mhz, dan semakin lebar *bandwidth*, semakin tinggi *throughput* yang bisa dicapai.



Multiple input multiple output), biasa yang digunakan *Massive* 4, 8x8, 64x64 sehingga dapat meningkatkan kapasitas dan spektrum melalui *spatial multiplexing*
F (*Radio Frequency*), RSRP menggambarkan kekuatan
 SRQ mengukur kualitas sinyal, SINR semakin tinggi, baik performansi data.

4. *Load* atau jumlah pengguna, semakin banyak user di satu sel, semakin kecil *resource* yang bisa di alokasikan per *user*. Hal itu dapat menyebabkan *throughput* menurun saat sel overload.
5. Jarak ke *Base Station*, semakin jauh dari BTS, sinyal (RSRP) akan melambat, modulasi akan di turunkan

I.6.4 Syarat Yang Harus Di Penuhi Sistem 5G Untuk Dilakukan Ekspansi

Syarat dilakukannya ekspansi jaringan 5G mencakup berbagai aspek teknis, bisnis, dan kebutuhan pelanggan. Dalam konteks operator seperti Telkomsel, ekspansi tidak dilakukan sembarangan, tetapi berdasarkan analisis performansi jaringan, permintaan trafik, dan strategi bisnis.

Tabel 1 Syarat untuk Dilakukan Ekspansi Sistem 5G

NO	Kategori	Syarat	Penjelasan
1	Performa Jaringan	SINR rendah	Menandakan kualitas layanan menurun di area tertentu → butuh peningkatan kapasitas dan kualitas sinyal (coverage & kualitas)
		<i>Throughput</i> tidak stabil	
		RSRQ buruk	
		<i>High packet loss</i>	
2	Tingginya Jumlah Pengguna	Penggunaan data meningkat drastis	BTS overload → terjadi penurunan kualitas (slow speed, drop call, buffering)

I.6.5 New Radio

The third-generation partnership project (3GPP) adalah sebuah organisasi pengembangan standar global dan telah mengembangkan 5G NR selama beberapa tahun terakhir (3GPP, 2015). Pada Maret 2017, 3GPP menyetujui pekerjaan dalam spesifikasi NR sebagai bagian dari Rilis 15. *New radio* sebagai perkembangan teknologi terbaru mendasari jaringan 5G yang dikembangkan sebagai standar acuan untuk *air interface* pada teknologi 5G.



teknologi akses nirkabel generasi berikutnya, 5G NR, akan ak sosial-ekonomi yang signifikan dalam memenuhi berbagai dan penyebaran, dan memberikan acuan yang kuat untuk inan komunikasi nirkabel di masa depan (Lin et al., 2019).

I.6.6 MIMO

Pada sistem komunikasi *wireless* digital, gelombang yang terpantul-pantul melalui berbagai jalur (*multipath*) akan mengakibatkan pudaran pada informasi bit (*fading*). Sinyal pantulan dan sinyal yang berjalan lurus bersifat saling menggagalkan saat diterjemahkan di sisi penerima. LTE menggunakan teknologi multi antena yang terdapat baik pada pengirim (Tx) maupun penerima (Rx). Teknologi multi antena yang terdapat pada pengirim dan penerima ini dikenal sebagai MIMO (*Multiple In-Multiple Out*)

I.6.7 Signal Strength

Signal strength dalam suatu jaringan dikaitkan sebagai bagian dari KPI (*Key Performance Indicator*) yang menjadi indikator utama dalam penentuan kualitas dan *user experience* suatu jaringan. Pada perkembangan jaringan 5G, memiliki skala nilai *signal strength* yang berbeda dengan jaringan 4G sebelumnya. Salah satunya pada jaringan 5G memiliki nilai RSRP dengan nilai dBm lebih tinggi dibandingkan jaringan 4G sebelumnya (Mfula & Nurminen, 2017). Namun, variabel *signal strength* tidak cukup untuk mengukur kualitas kinerja jaringan secara menyeluruh. Oleh karena itu, perlu dikombinasikan dengan indikator yang dapat memberikan informasi pengaruh terhadap kualitas kinerja jaringan akses 5G yang diterima oleh perangkat secara keseluruhan. *Signal strength* dalam jaringan 5G terkait erat dengan tiga standar KPI (*Key Performance Indicator*) penting, yaitu RSRP (*Reference Signal Received Power*), SINR (*Signal-to-Interference plus Noise Ratio*), dan RSRQ (*Reference Signal Received Quality*).

I.6.7.1 RSRP (*Reference Signal Received Power*)

Reference signal dibawa oleh simbol khusus pada satu *subcarrier* dalam *resource block*, sehingga pengukuran hanya dilakukan pada sejumlah elemen sumber daya yang membawa sinyal referensi yang spesifik untuk sel tertentu. RSRP didefinisikan sebagai daya yang diterima oleh perangkat *smartphone* atau sebagai rata-rata daya yang linier yang dibagi pada elemen-elemen sumber daya yang membawa informasi sinyal referensi dalam *bandwidth* frekuensi yang digunakan. (Rahmawati et al., 2022)



Tabel 2 Standar nilai *signal strength* RSRP

Nilai dBm	Keterangan
> -84	Sangat Bagus
-85 s/d -102	Bagus
-103 s/d -111	Sedang
< -111	Buruk

1.6.7.2 SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*)

SINR mengukur perbandingan antara sinyal yang diinginkan dengan interferensi dan noise di lingkungan. Rasio SINR yang tinggi menunjukkan sinyal yang kuat dan minim interferensi. SINR diukur dalam desibel (dB) atau dalam bentuk rasio. Signal strength yang kuat (RSRP tinggi) berkontribusi pada peningkatan SINR yang baik, karena sinyal yang kuat memiliki perbandingan yang lebih tinggi terhadap interferensi dan noise.

Tabel 3 Standar nilai SINR

Nilai dBm	Keterangan
> 12.5	Sangat Bagus
10 s/d 12.5	Bagus
7 s/d 10	Sedang
<7	Buruk

1.6.7.3 RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

RSRQ menggabungkan informasi tentang signal strength (RSRP) dan kualitas sinyal. RSRQ mengukur perbandingan antara *signal strength* dan level interferensi dan *noise*. Semakin tinggi nilai RSRQ, semakin baik kualitas sinyal yang diterima perangkat. RSRQ diukur dalam desibel (dB) atau dBm.



Tabel 4 Nilai standar RSRQ

Nilai dBm	Keterangan
> -5	Sangat Bagus
-9 s/d -5	Bagus
-12 s/d -9	Sedang
< -12	Buruk

I.6.8 Throughput

Throughput adalah kecepatan (*rate*) transfer data efektif, dimana jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (Sasmita et al., 2013). *Throughput* maksimal dari suatu titik atau jaringan komunikasi menunjukkan kapasitasnya.

I.6.9 Drive Test

Drive test merupakan sebuah metode yang digunakan untuk melakukan pengujian dan evaluasi jaringan radio dengan melakukan pengumpulan data jaringan di lapangan secara *real time*, diikuti oleh analisis data dengan berbagai perangkat dan alat yang tersedia, seperti *G-NetTrack*. Pada saat pengambilan data dilengkapi dengan perangkat *drive test* dengan mengendarai kendaraan di lokasi yang telah direncanakan. Perangkat ini akan terintegrasikan ke jaringan seluler, kemudian akan memberikan informasi data terkait *signal strength*, kualitas sinyal, kekuatan sinyal, kecepatan data dan parameter lainnya.



BAB II METODE PENELITIAN

II.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan mulai Januari 2025 sampai dengan Maret 2025, sedangkan penulisan tugas akhir dimulai pada Januari 2025 sampai dengan Agustus 2025, yang terdiri dari tahapan perencanaan, pengumpulan data, analisis data dan interpretasi hasil serta penyusunan tugas akhir. Lokasi yang diambil sebagai objek penelitian yakni di lokasi cakupan Ekspansi 5G operator Telkomsel di Makassar, yaitu area Jl. Andi Pangeran Pettarani sampai Jl. Pengayoman Kota Makassar.



Gambar 1 Jalur Penelitian

II.2 Benda Uji dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Hp Android Support 5G serta memiliki software *G-NetTrack* untuk *drive test* (DT) serta mengumpulkan data before after OA (*On Air*). *Microsoft Excel* digunakan untuk Membandingkan *drive test* (DT) dengan *coverage plot*. Aplikasi *Q-Gis* untuk memvisualisasikan *coverage plot* yang di hasilkan dari *Covmo*.

II.3 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan kuantitatif untuk mengukur performansi jaringan sebelum dan sesudah ekspansi 5G NR 2300 MHz Massive MIMO di Kota Makassar.



dibandingkan dengan *Coverage Plot* untuk memvalidasi peningkatan cakupan dan kualitas jaringan di area studi.

II.5 Pengamatan dan Pengukuran

II.5.1 Pengamatan

Pengamatan dalam penelitian ini dilakukan dengan menganalisis performansi jaringan sebelum dan sesudah ekspansi jaringan 5G NR 2300 MHz Massive MIMO di Kota Makassar. Studi kasus berfokus pada ekspansi dari mini cluster Pettarani ke wilayah Pengayoman dan Mall Panakkukang. Pengamatan dilakukan dengan:

1. Melakukan *drive test* menggunakan perangkat 5G yang dilengkapi aplikasi *GNETTrack*.
2. Mengumpulkan data dari CovMo dan aplikasi internal Telkomsel untuk membandingkan parameter sebelum dan sesudah optimasi akses (OA).
3. Mengamati perubahan *coverage* jaringan menggunakan *Coverage Plot*.

II.5.2 Pengukuran

Pengukuran dilakukan untuk menganalisis parameter performansi jaringan berdasarkan data yang dikumpulkan selama *drive test* dan hasil analisis dari CovMo. Adapun teknik pengukuran sebagai berikut :

1. Drive Test, Melakukan pengukuran dengan berkendara di area studi menggunakan perangkat yang telah dikonfigurasi dengan aplikasi *GNETTrack*.
2. Analisis CovMo, Menggunakan data dari aplikasi internal untuk membandingkan hasil pengukuran dengan prediksi cakupan jaringan.
3. Pencatatan Data Before & After OA, Mengumpulkan dan membandingkan parameter utama sebelum dan sesudah optimasi akses jaringan.



II.6 Alur Penelitian

