

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi tidak terlepas dari perkembangan layananan internet yang semakin cepat. Layanan jaringan internet yang cepat, handal dan berkualitas merupakan kebutuhan setiap elemen masyarakat yang berdampak pada peningkatan kualitas jaringan beberapa penyelenggara layanan di negara ini. Peningkatan kualitas layanan, tidak hanya menuntut perbaikan sisi jaringan dengan biaya yang tinggi, tetapi juga menuntut efektifitas penggunaan dana yang relevan dengan kondisi wilayah, dimana peningkatan layanan jaringan tersebut benar-benar dibutuhkan oleh pengguna layanan di daerah atau kawasan tersebut [1].

Dalam peningkatan kualitas jaringan, Salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan keandalan sebuah jaringan adalah dengan melihat QoS (*Quality of Service*) jaringan tersebut. *Quality of service* (QoS) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karekteristik dan sifat satu servis. QoS di gunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu servis [2]

Implementasi *telemedicine* di Indonesia semakin berkembang pesat, didorong oleh kemajuan teknologi multimedia, pencitraan, dan sistem informasi. Khususnya di wilayah kepulauan dan terpencil seperti Nusa Tenggara Timur (NTT), pelayanan kesehatan jarak jauh hadir sebagai solusi strategis untuk mengatasi tantangan geografis yang membatasi akses masyarakat terhadap layanan medis berkualitas. Provinsi NTT, dengan karakteristik kepulauan, menghadapi keterbatasan signifikan pada infrastruktur dasar seperti jaringan internet yang andal dan akses jalan yang sulit.

Labuan Bajo, sebagai ibu kota Kabupaten Manggarai Barat, memegang peran penting sebagai Destinasi Pariwisata Super Prioritas (DPSP), yang menuntut standar pelayanan kesehatan rujukan yang tinggi. RSUD Komodo telah direnovasi dan dilengkapi fasilitas berstandar internasional, menjadikannya titik rujukan utama. Oleh karena itu, membangun tautan komunikasi yang tangguh dan stabil antara RSUD Komodo dan fasilitas kesehatan primer di sekitarnya, seperti Puskesmas Labuan Bajo, menjadi langkah krusial dalam melaksanakan fungsi pengampunan dan konsultasi spesialis secara *real-time*.

Desain sistem komunikasi *telemedicine* harus tunduk pada kerangka kerja regulasi nasional, baik dari sisi medis maupun telekomunikasi. Kementerian Kesehatan (Kemenkes) telah menetapkan bahwa indikator kualitas layanan (QoS) merupakan syarat mutlak bagi implementasi *telemedicine* yang berhasil. Teknologi komunikasi generasi kelima (5G)

menjanjikan transformasi fundamental dalam berbagai sektor, termasuk kesehatan. 5G dirancang untuk memberikan kapabilitas jaringan yang superior, dicirikan oleh latensi sangat rendah (*ultra-low latency*), kecepatan data tinggi (*high speed*), keandalan yang superior, dan konsumsi energi yang efisien.

Kapabilitas ini sangat krusial untuk aplikasi *telemedicine* yang menuntut interaksi *real-time* dan transfer data medis bervolume tinggi. Penerapan *E-Health* berbasis 5G memiliki urgensi khusus di Indonesia, terutama di wilayah kepulauan seperti Nusa Tenggara Timur (NTT), yang sering menghadapi disparitas akses terhadap fasilitas kesehatan spesialis. Labuan Bajo, sebagai Destinasi Pariwisata Super Prioritas (DPSP), telah menjadi fokus akselerasi infrastruktur digital oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemkominfo), terutama dalam rangka mendukung acara-acara internasional seperti KTT ASEAN 2023.

Peningkatan ini, yang melibatkan pengoptimalan layanan oleh empat operator seluler dan penggunaan 1.635 *Base Transceiver Station* (BTS) 4G serta empat BTS 5G, memberikan lingkungan ideal untuk menguji kelayakan dan performa jaringan 5G dalam konteks layanan

telemedicine misi-kritis. Keberhasilan studi kasus di Labuan Bajo akan berfungsi sebagai proof of concept dan panduan implementasi untuk wilayah 3T (Terdepan, Terluar, Tertinggal) lainnya di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan suatu permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana kinerja jaringan 5G di Labuan Bajo dalam mendukung aplikasi *telemedicine*?
2. Apa saja parameter utama yang mempengaruhi kinerja jaringan 5G pada layanan *telemedicine* di daerah tersebut?
3. Bagaimana perbandingan kinerja jaringan 5G dengan teknologi jaringan sebelumnya, seperti 4G dalam mendukung aplikasi *telemedicine*?
4. Apa kendala yang mungkin dihadapi dalam implementasi jaringan 5G di Labuan Bajo, terutama dalam konteks layanan *telemedicine*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengukur dan menganalisis kinerja jaringan 5G di Labuan Bajo dalam mendukung aplikasi *telemedicine*.
2. Mengidentifikasi parameter-parameter jaringan yang mempengaruhi kinerja aplikasi *telemedicine* di jaringan 5G.
3. Membandingkan performa jaringan 5G dengan jaringan generasi sebelumnya (4G) dalam konteks aplikasi *telemedicine*.
4. Mengidentifikasi kendala yang dihadapi dalam penerapan teknologi 5G di daerah Labuan Bajo untuk aplikasi *telemedicine*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- **Bagi Peneliti dan Akademisi:** Sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut terkait implementasi 5G di Indonesia, terutama di daerah terpencil dengan kebutuhan layanan kesehatan yang mendesak.
- **Bagi Pemerintah dan Penyedia Layanan Telekomunikasi:** Memberikan masukan tentang kinerja dan potensi pengembangan jaringan 5G untuk mendukung sektor kesehatan di daerah-daerah terpencil.
- **Bagi Tenaga Medis:** Memberikan pemahaman mengenai bagaimana jaringan 5G dapat meningkatkan layanan telemedicine dan mempercepat diagnosis serta perawatan jarak jauh.
- **Bagi Masyarakat:** Memberikan gambaran mengenai manfaat jaringan 5G untuk mendukung akses layanan kesehatan yang lebih baik, terutama di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur medis.

1.5 Batasan Masalah

1. **Kawasan Penelitian:** Penelitian ini hanya dilakukan di Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur, dan hasilnya tidak langsung dapat digeneralisasikan untuk daerah lain dengan karakteristik geografis dan infrastruktur yang berbeda.
2. **Parameter Uji Kinerja Jaringan:** Pengukuran kinerja jaringan 5G hanya akan mencakup parameter teknis seperti *latensi*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter*.
3. **Perangkat Telemedicine:** Penelitian ini berfokus pada aplikasi *telemedicine* berbasis komunikasi video dan teks. Aplikasi lain yang lebih kompleks, seperti bedah jarak jauh atau pemantauan kondisi pasien berbasis sensor, tidak termasuk dalam cakupan penelitian.

1.6 State Of the art

State of the art mengacu pada perkembangan terbaru dan terkini terkait dua hal utama dalam penelitian ini, yaitu teknologi jaringan 5G dan aplikasi *telemedicine*. Keduanya telah mengalami inovasi yang pesat dalam beberapa tahun terakhir, terutama dengan meningkatnya kebutuhan layanan kesehatan jarak jauh selama pandemi COVID-19.

Nama Peneliti	Judul	Identifikasi Masalah	Metode	Hasil	Relevansi
John D. Carter. 2020 Sumber: <i>Journal of Telecommunication Systems and Management</i> , Volume 10(2)	<i>The Role of 5G Networks in Enhancing Telemedicine Services: A Comprehensive Review</i>	Penelitian ini mengidentifikasi masalah latensi yang tinggi dan kecepatan koneksi yang lambat dalam penggunaan jaringan 4G untuk aplikasi <i>telemedicine</i> , yang menghambat telekonsultasi <i>real-time</i> dan transfer data medis.	Literatur review yang menganalisis hasil dari beberapa studi dan laporan tentang penerapan jaringan 5G dalam <i>telemedicine</i> .	Jaringan 5G dengan latensi rendah (kurang dari 1 ms) dan kecepatan yang lebih tinggi dapat mempercepat pengiriman data medis secara <i>real-time</i> , termasuk video berkualitas tinggi untuk telekonsultasi dan diagnosis. Ini juga memungkinkan penggunaan teknologi canggih seperti augmented reality (AR) dan virtual reality (VR) dalam pengobatan jarak jauh.	Pengurangan latensi ini relevan untuk meningkatkan pengalaman <i>telemedicine</i> di daerah terpencil seperti Labuan Bajo.

Maria Gonzalez, 2021. Sumber: <i>IEEE Access, Volume 9</i>	<i>Performance Evaluation of 5G Networks for Telemedicine Applications"</i>	Masalah yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah keterbatasan bandwidth dan latensi tinggi pada jaringan 4G yang membatasi kemampuan telemedicine, terutama untuk layanan yang membutuhkan streaming video real-time dan pengiriman data pasien yang cepat.	Penelitian ini menggunakan simulasi jaringan untuk mengukur performa jaringan 5G dalam hal latensi, throughput, dan stabilitas. Simulasi dilakukan menggunakan berbagai parameter telemedicine seperti transfer data EHR (Electronic Health Record) dan video streaming untuk telekonsultasi.	Jaringan 5G menunjukkan peningkatan signifikan dalam hal latensi dan throughput, dengan penurunan latensi lebih dari 50% dibandingkan dengan 4G, serta peningkatan kapasitas bandwidth yang cukup untuk mendukung aplikasi telemedicine real-time.	Penggunaan 5G untuk telemedicine di Labuan Bajo dapat memperbaiki transfer data dan telekonsultasi real-time.
Ahmed Al-Mutairi, 2021 Sumber: <i>Journal of Global Health, Volume 12(3)</i>	Challenges and Opportunities of 5G-Enabled Telemedicine in Developing Countries	Penelitian ini mengidentifikasi bahwa banyak negara berkembang, termasuk Indonesia, memiliki keterbatasan infrastruktur komunikasi dan kesehatan yang menghambat adopsi teknologi telemedicine.	Penelitian ini menggunakan studi kasus dari beberapa negara berkembang, dengan analisis kualitatif terhadap kebijakan infrastruktur dan wawancara	Jaringan 5G menawarkan peluang untuk mengatasi tantangan telemedicine di daerah terpencil, dengan memberikan kecepatan	Studi ini menunjukkan bahwa masalah infrastruktur yang dihadapi negara berkembang, seperti Indonesia, dapat diatasi dengan penerapan jaringan 5G untuk

		Selain itu, tantangan biaya dalam mengimplementasikan jaringan 5G juga diidentifikasi sebagai masalah utama.	dengan penyedia layanan kesehatan.	transfer data yang lebih baik dan latensi yang rendah. Meski ada tantangan implementasi, 5G dapat memperluas akses kesehatan ke daerah terpencil yang sebelumnya sulit dijangkau.	telemedicine di daerah terpencil seperti Labuan Bajo
Lucy T. Anderson, 2019. Sumber: <i>Global Health Innovation Journal</i> , Volume 8(1)	Telemedicine in Low-Resource Settings: 5G as a Game Changer	Penelitian ini mengidentifikasi masalah utama yaitu infrastruktur telekomunikasi yang terbatas di daerah-daerah terpencil, yang menghambat kemampuan penyedia layanan kesehatan untuk melakukan telemedicine dengan lancar.	Penelitian ini menggunakan uji lapangan di daerah dengan infrastruktur terbatas, membandingkan kinerja jaringan 4G dan 5G dalam aplikasi telemedicine	Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan 5G memberikan performa yang jauh lebih baik dibandingkan 4G dalam hal latensi dan kualitas video untuk telekonsultasi. Kualitas video pada 5G jauh lebih baik, memungkinkan dokter melakukan diagnosis yang	Studi ini dapat diterapkan di Labuan Bajo, di mana infrastruktur terbatas dapat diatasi dengan implementasi jaringan 5G.

				lebih akurat melalui telemedicine.	
Kavita Sharma, 2020 Sumber: <i>Journal of Network and Computer Applications</i>, Volume 165	5G and IoT-Based Healthcare Solutions: A Step Towards Efficient Telemedicine	Masalah yang diidentifikasi adalah keterbatasan jaringan 4G dalam mendukung pemantauan kesehatan jarak jauh melalui perangkat Internet of Things (IoT), yang membutuhkan kecepatan transfer data tinggi dan latensi rendah.	Penelitian ini menggunakan simulasi jaringan untuk mengukur performa transfer data antara perangkat IoT yang terhubung dengan jaringan 5G dalam skenario telemedicine.	Penelitian ini menunjukkan bahwa jaringan 5G, bila dikombinasikan dengan perangkat IoT, dapat mengirimkan data biometrik pasien secara real-time, memungkinkan dokter untuk memantau kondisi pasien secara akurat dari jarak jauh.	Teknologi ini dapat diimplementasikan di Labuan Bajo untuk memungkinkan pemantauan kesehatan jarak jauh di daerah-daerah dengan akses medis terbatas.
Rizky Hidayat, 2022 Sumber: <i>Indonesian Journal of Communication Technology</i>, Volume 15(2)	5G Deployment in Indonesia: Impacts on Telemedicine and Digital Health	Penelitian ini mengidentifikasi tantangan dalam penerapan teknologi 5G di daerah-daerah terpencil Indonesia, termasuk masalah infrastruktur dan ketersediaan perangkat telemedicine yang	Studi lapangan yang mencakup pengukuran kinerja jaringan 5G di beberapa wilayah Indonesia dengan fokus pada aplikasi telemedicine	Implementasi 5G di beberapa wilayah Indonesia menunjukkan peningkatan performa layanan kesehatan digital, termasuk	Studi ini memberikan gambaran langsung tentang bagaimana 5G dapat diterapkan di Labuan Bajo untuk mendukung layanan telemedicine yang lebih efisien.

		mendukung jaringan 5G		<i>telemedicine</i> , dengan latensi yang lebih rendah dan bandwidth yang lebih tinggi. Ini memungkinkan telekonsultasi real-time yang lebih efektif.	
David P. Nguyen, 2021 Sumber: <i>Journal of Remote Healthcare Systems, Volume 7(4)</i>	<i>Reliability and Stability of 5G Networks for Telemedicine in Remote Areas</i>	Masalah yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah ketidakstabilan jaringan di daerah terpencil, yang mempengaruhi kualitas layanan <i>telemedicine</i> . Selain itu, jaringan 4G tidak dapat mendukung layanan <i>real-time</i> dengan baik di wilayah yang sulit diakses.	Uji lapangan dilakukan di beberapa daerah terpencil dengan lingkungan geografis yang sulit. Pengukuran meliputi latensi, throughput, dan tingkat stabilitas jaringan dalam mendukung aplikasi <i>telemedicine</i>	Penelitian ini menemukan bahwa 5G memberikan peningkatan signifikan dalam stabilitas jaringan dan latensi rendah di daerah-daerah terpencil, yang memungkinkan <i>telemedicine</i> berjalan dengan lebih andal dibandingkan jaringan 4G. Ini memungkinkan peningkatan akses kesehatan,	Penerapan hasil ini di Labuan Bajo dapat membantu memastikan bahwa <i>telemedicine</i> dapat berjalan dengan baik meskipun infrastruktur komunikasi di daerah tersebut terbatas.

				bahkan di wilayah dengan infrastruktur komunikasi yang terbatas	
Somchai Watanabe, 2022 Sumber: <i>Asia-Pacific Journal of Health Informatics, Volume 14(2)</i>	5G Network Performance for Telemedicine Applications in Southeast Asia	Masalah utama yang diidentifikasi adalah kesenjangan dalam kualitas layanan kesehatan di berbagai negara di Asia Tenggara, terutama di daerah terpencil. Teknologi yang ada, seperti jaringan 3G dan 4G, tidak mampu mendukung transfer data kesehatan yang kompleks dengan baik.	Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus komparatif di beberapa negara di Asia Tenggara, mengukur kinerja jaringan 5G dan dampaknya pada layanan telemedicine melalui pengukuran latensi, bandwidth, dan kualitas video streaming.	Jaringan 5G di beberapa negara Asia Tenggara, termasuk Indonesia, menunjukkan peningkatan signifikan dalam kecepatan transfer data dan kualitas layanan telemedicine, terutama untuk telekonsultasi dan diagnosis berbasis video. Penelitian ini juga menyoroti tantangan infrastruktur yang dihadapi oleh beberapa negara, termasuk Indonesia.	Penelitian ini relevan dalam membandingkan potensi dan tantangan yang dihadapi oleh wilayah seperti Labuan Bajo dalam menerapkan telemedicine berbasis 5G.
Wei Zhang, 2021	The Role of AI in 5G-	Penelitian ini	Penelitian ini	Integrasi AI	eknologi ini dapat

Sumber: <i>IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics</i>, Volume 5(3)	Powered Telemedicine Services	mengidentifikasi masalah kurangnya dukungan teknologi canggih seperti AI pada jaringan 4G untuk telemedicine, yang membatasi kecepatan analisis data pasien dan efektivitas diagnosis jarak jauh.	menggunakan simulasi berbasis AI yang terintegrasi dengan jaringan 5G untuk memfasilitasi diagnosis medis jarak jauh dan konsultasi. Simulasi ini mengukur kecepatan dan akurasi diagnosis berdasarkan data yang diterima dari perangkat medis jarak jauh.	dengan jaringan 5G meningkatkan efisiensi diagnosis secara signifikan, dengan analisis data yang lebih cepat dan akurat. Penggunaan AI juga memungkinkan personalisasi perawatan berdasarkan data yang dikumpulkan secara real-time.	diimplementasikan di Labuan Bajo, di mana kecepatan transfer data 5G dapat mendukung aplikasi AI untuk diagnosis medis jarak jauh, mengatasi keterbatasan tenaga medis lokal.
Aditya Nugroho, 2023 Sumber: <i>Indonesian Journal of Health Informatics</i>, Volume 10(1)	Effectiveness of 5G Networks in Supporting Health Services in Indonesia	Penelitian ini mengidentifikasi masalah ketidakmerataan akses layanan kesehatan di Indonesia, terutama di daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau dengan teknologi jaringan yang ada.	Analisis kuantitatif dilakukan menggunakan data performa jaringan 5G yang telah diimplementasikan di beberapa rumah sakit di Indonesia, dan dampaknya terhadap pelayanan	Implementasi 5G menunjukkan peningkatan signifikan dalam akses dan kualitas pelayanan kesehatan melalui telemedicine. Dengan kecepatan	Hasil ini sangat relevan untuk aplikasi telemedicine di Labuan Bajo, di mana tantangan serupa terkait akses kesehatan dapat diatasi dengan jaringan 5G.

			kesehatan, terutama telemedicine.	jaringan yang lebih tinggi dan latensi yang lebih rendah, dokter dapat melakukan konsultasi jarak jauh dengan lebih efisien dan akurat.	
--	--	--	---	--	--

1.7 Novelty dan Kontribusi

Berdasarkan tinjauan penelitian terdahulu, kontribusi utama dari studi ini adalah:

1. Mengidentifikasi secara spesifik dan teknis titik hambatan (*bottleneck*) kinerja jaringan 5G yang diakibatkan oleh faktor-faktor non geografis Labuan Bajo, seperti interferensi laut, keterbatasan *backhaul di remote site*, atau keandalan *power supply*, yang unik dibandingkan dengan *bottleneck* di perkotaan yang padat.
2. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana teknologi 5G dapat diimplementasikan untuk meningkatkan layanan kesehatan jarak jauh di daerah terpencil dan memberikan kontribusi pada pengembangan telemedicine di Indonesia secara umum dan Labuan Bajo secara khusus.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian mengenai analisi *Performance* Jaringan 5G pada aplikasi *telemedicine*. Hasil dari penelitian tersebut telah dipublikasikan secara nasional maupun internasional, sebagai berikut :

Yevhenii Kuznietsov (2024), Tiongkok telah menerapkan jaringan 5G untuk mendukung *telemedicine* di daerah-daerah terpencil, terutama selama pandemi COVID-19. Implementasi ini terbukti efektif dalam meningkatkan akses layanan kesehatan bagi masyarakat yang berada jauh dari rumah sakit besar

Arivadli Niki (2023), Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis performa jaringan 5G dalam mendukung layanan telemedis, dengan fokus pada studi kasus implementasi pada layanan kesehatan online. Kecepatan, latensi rendah, dan ketersediaan tinggi yang dijanjikan oleh teknologi 5G membuatnya menarik untuk mendukung layanan kesehatan online yang semakin penting. Studi kasus dilakukan untuk mengevaluasi kinerja jaringan 5G dalam menyediakan layanan telemedis, dengan mengukur faktor-faktor seperti kecepatan transfer data, latensi, dan keandalan koneksi. Hasil penelitian ini memberikan wawasan tentang potensi dan kendala implementasi jaringan 5G dalam konteks layanan kesehatan online.

Nandakumar Karippur, Pushpa Rani B (2022), Layanan *telemedicine* harus mampu menghadapi tantangan jangkauan, kualitas, dan skalabilitas untuk menawarkan layanan kesehatan yang efektif dan akses spesialis ke rumah ratusan juta orang di India. Peningkatan peluncuran jaringan 5G memberikan peluang yang belum pernah ada sebelumnya bagi penyedia layanan kesehatan untuk menawarkan layanan *telemedicine* yang mendekati waktu nyata, berkualitas tinggi, dan interaktif. Dalam penelitian ini, penulis memanfaatkan kerangka kerja teknologi–organisasi–lingkungan (TOE), kami mengusulkan berbagai faktor yang memengaruhi niat adopsi 5G untuk *Telemedicine* dari perspektif organisasi. Selanjutnya, melakukan pengujian terhadap hubungan yang diteorikan melalui

survei lapangan terhadap pemangku kepentingan dan pakar domain yang relevan. Melalui studi ini, kami akan menawarkan pemahaman yang lebih dalam kerangka kerja TOE untuk adopsi 5G untuk *Telemedicine*.

2.2 Gambaran Umum Labuan Bajo

Labuan Bajo dalam Liputan6 (2021) merupakan kota kecil yang menjadi perhatian pemerintah saat ini karena memiliki objek daya Tarik wisata alam yang indah dan hewan purba Komodo sebagai salah satu dari *New Seven Wonders*. Labuan Bajo terkenal dengan keindahan wisata alam dan budayanya, sehingga menjadikan Labuan Bajo sebagai kota wisata yang banyak diminati oleh wisatawan domestik maupun wisata mancanegara oleh karena itu pemerintah Indonesia menetapkan Labuan Bajo sebagai destinasi wisata super premium yang destinasinya memiliki layanan dengan kualitas tinggi, memiliki keindahan alam dan keunikan budaya, sosial masyarakat, sehingga wisatawan memiliki pengalaman berwisata yang berbeda dan bernilai tinggi. Labuan Bajo dalam Majalah Kompasiana (2023) adalah sebuah kota kecil yang terletak di barat Pulau Flores, Indonesia. Terkenal sebagai gerbang menuju Taman Nasional Komodo dan Kepulauan Komodo yang merupakan situs Warisan Dunia UNESCO, taman Nasional Komodo masuk ke dalam Warisan Dunia UNESCO karena memiliki keanekaragaman hayati yang luar biasa, terutama dengan populasi komodo, spesies endemik yang dilindungi. Labuan Bajo menawarkan pesona alam yang menakjubkan [3].

Selain itu juga masyarakat di kawasan ini juga memiliki tantangan dalam bidang kesehatan. Dalam kegiatan Penyuluhan Kesehatan, Kepala Dinkes Labuan Bajo (Januari, 2025) menyampaikan bahwa pemberdayaan masyarakat dalam bidang kesehatan menjadi sangat penting untuk meningkatkan kualitas hidup serta mendukung program-program kesehatan yang ada. Pengembangan infrastruktur kesehatan juga merupakan bagian dari pemberdayaan masyarakat [4].

Di Labuan Bajo, beberapa puskesmas telah diperbaiki dan dilengkapi dengan fasilitas yang lebih memadai. Masyarakat didorong untuk aktif berpartisipasi dalam menjaga fasilitas ini agar tetap dalam kondisi baik. Contohnya,

mereka dilibatkan dalam kegiatan gotong-royong untuk membersihkan lingkungan sekitar puskesmas serta melakukan perawatan alat-alat kesehatan. Dengan adanya keterlibatan langsung, masyarakat merasa memiliki dan bertanggung jawab atas kesehatan lingkungan mereka.



Gambar 1 Peta Wilayah Kab.Manggarai Barat (Labuan Bajo)

Tabel 2 Status Infrastruktur 5G di Labuan Bajo (Data Awal 2023)

Indikator Infrastruktur	Nilai Kuantitatif	Implikasi terhadap Telemedicine
Jumlah BTS 5G (Operator Mayoritas)	4 unit (Sangat Terbatas)	Cakupan uRLLC sporadis, terbatas pada fixed service.
Cakupan 4G di Area Hunian	94%	4G menjadi fallback utama, tidak memenuhi persyaratan latensi kritis uRLLC.
Infrastruktur Backhaul Primer	Kabel Serat Optik Bawah Laut	Rentan terhadap gangguan, menimbulkan risiko single point of failure.
Keberadaan MEC Lokal	Terbatas	Latensi E2E kemungkinan tinggi; pemrosesan data dilakukan di core network yang jauh.

2.3 Teknologi Jaringan 5G

Teknologi jaringan seluler generasi kelima (5G) merupakan evolusi dari teknologi 4G yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan komunikasi data yang semakin meningkat. 5G memiliki keunggulan utama berupa kecepatan transfer data yang lebih tinggi, latensi yang lebih rendah, dan kapasitas yang lebih besar dibandingkan teknologi 4G, sehingga mampu mendukung berbagai aplikasi yang membutuhkan komunikasi *real-time*, seperti *telemedicine*.

Menurut ITU (*International Telecommunication Union*), jaringan 5G dapat menawarkan kecepatan hingga 10-20 Gbps dan latensi di bawah 1 milidetik (ms), yang sangat signifikan untuk layanan berbasis video dan data besar lainnya.

2.3.1 Karakteristik Teknologi 5G

Beberapa karakteristik utama dari teknologi 5G yang relevan dalam mendukung aplikasi *telemedicine* adalah:

1. Kecepatan (*Throughput*)

5G menawarkan kecepatan yang lebih tinggi daripada jaringan sebelumnya. Dalam kondisi ideal, 5G dapat memberikan kecepatan data hingga 10 Gbps, yang penting untuk transmisi video beresolusi tinggi dan data medis dalam jumlah besar secara cepat.

2. Latensi Rendah

Latensi adalah waktu tunda antara pengiriman dan penerimaan data. 5G memungkinkan latensi serendah 1 ms, yang membuat komunikasi secara *real-time* lebih lancar. Dalam layanan *telemedicine*, latensi rendah sangat penting untuk interaksi langsung antara dokter dan pasien, terutama dalam prosedur yang melibatkan *video call* atau pemantauan pasien secara langsung.

3. Kapasitas Jaringan

5G memiliki kapasitas yang jauh lebih besar daripada 4G, yang memungkinkan lebih banyak perangkat untuk terhubung dalam waktu bersamaan tanpa mengorbankan kualitas jaringan. Ini sangat penting di

wilayah dengan banyak pengguna yang mengakses layanan *telemedicine* secara bersamaan, seperti rumah sakit atau klinik.

4. Reliabilitas (Keandalan)

Salah satu tujuan utama dari 5G adalah untuk menawarkan koneksi yang lebih andal dengan gangguan minimal. Dalam konteks *telemedicine*, reliabilitas tinggi diperlukan untuk memastikan layanan kesehatan jarak jauh tidak terganggu oleh masalah koneksi.

2.3.2 Arsitektur Jaringan 5G

Jaringan 5G terdiri dari beberapa komponen penting, yaitu:

1. *Radio Access Network (RAN)*. RAN adalah jaringan yang menghubungkan perangkat pengguna ke jaringan inti. Pada 5G, RAN menggunakan spektrum frekuensi yang lebih luas, termasuk *millimeter waves* (mmWave) yang memungkinkan kecepatan data tinggi dan kapasitas besar.
2. *Core Network (Jaringan Inti)*. Jaringan inti 5G dirancang untuk lebih fleksibel dan dapat mengelola lebih banyak layanan, termasuk aplikasi IoT (*Internet of Things*) dan layanan kritis seperti *telemedicine*. Jaringan inti ini memiliki kemampuan untuk memprioritaskan lalu lintas data, sehingga aplikasi seperti *telemedicine* mendapatkan prioritas lebih tinggi.

2.4 Telemedicine

Telemedicine adalah penggunaan teknologi komunikasi untuk menyediakan layanan kesehatan dari jarak jauh. *Telemedicine* mencakup berbagai layanan, seperti konsultasi medis melalui *video call*, pemantauan kesehatan jarak jauh, hingga pengiriman resep elektronik. Perkembangan *telemedicine* didorong oleh kebutuhan akan akses kesehatan yang lebih cepat dan mudah, terutama bagi mereka yang tinggal di daerah terpencil, seperti Labuan Bajo.

2.4.1 Jenis-jenis Layanan *Telemedicine*

Telemedicine terdiri dari beberapa jenis layanan, antara lain:

1. Telekonsultasi

Layanan ini memungkinkan pasien berkomunikasi dengan dokter melalui *video call*, telepon, atau pesan teks. Ini sangat membantu bagi pasien di daerah terpencil yang sulit mengakses fasilitas kesehatan fisik.

2. Telemonitoring

Dalam telemonitoring, kondisi pasien dipantau secara real-time menggunakan perangkat medis yang terhubung ke internet. Data seperti tekanan darah, kadar gula darah, atau detak jantung pasien dapat dipantau oleh dokter dari jarak jauh.

3. Teleradiologi dan Telepatologi

Layanan ini memungkinkan dokter untuk mengirim gambar medis, seperti X-ray atau hasil biopsi, ke spesialis di tempat lain untuk analisis lebih lanjut.

2.4.2 Tantangan dalam Implementasi *Telemedicine*

Meskipun *telemedicine* memiliki banyak potensi, ada beberapa tantangan yang dihadapi dalam implementasinya, terutama di daerah terpencil, antara lain:

a. Keterbatasan Akses Internet

Di daerah terpencil, seperti Labuan Bajo, akses internet seringkali terbatas baik dari segi kualitas maupun cakupan. Hal ini menjadi penghalang utama dalam pelaksanaan *telemedicine*, mengingat layanan ini membutuhkan koneksi internet yang stabil.

b. Keterbatasan Teknologi

Tidak semua pasien atau fasilitas medis di daerah terpencil memiliki akses ke perangkat teknologi yang mendukung *telemedicine*, seperti *smartphone* atau perangkat medis yang terhubung dengan internet.

c. Keamanan dan Privasi

Keamanan data medis pasien adalah hal yang sangat penting dalam

telemedicine. Penggunaan teknologi digital harus dilengkapi dengan enkripsi dan perlindungan data yang kuat untuk menghindari kebocoran informasi sensitif.

2.5 Peran Jaringan 5G dalam Mendukung *Telemedicine*

Jaringan 5G dapat menjadi solusi atas banyak tantangan yang dihadapi dalam penerapan *telemedicine*, khususnya di daerah terpencil. Beberapa peran penting 5G dalam mendukung *telemedicine* adalah:

1. Meningkatkan Kualitas Video dan Audio
Telemedicine banyak mengandalkan komunikasi video antara pasien dan dokter. Jaringan 5G dengan bandwidth tinggi memungkinkan video berkualitas tinggi tanpa *buffering*, sehingga komunikasi berjalan lancar.
2. Memungkinkan Pemantauan Jarak Jauh Secara *Real-Time*
 Dengan latensi rendah yang ditawarkan oleh 5G, pemantauan kesehatan secara real-time dapat dilakukan dengan lebih efektif. Dokter dapat memantau kondisi pasien secara langsung, dan intervensi medis dapat dilakukan dengan cepat jika diperlukan.
3. Mendukung Aplikasi Kesehatan Berbasis IoT
 Perangkat medis yang terhubung dengan internet, seperti monitor tekanan darah atau sensor jantung, dapat beroperasi dengan lebih baik di jaringan 5G. Ini memungkinkan pemantauan kondisi pasien yang lebih mendetail dan cepat.
4. Mengurangi Beban Jaringan di Area Padat
 Dengan kapasitas jaringan yang lebih besar, 5G dapat menangani lebih banyak perangkat dan pengguna dalam satu waktu tanpa penurunan kualitas. Ini sangat penting di fasilitas kesehatan yang padat atau wilayah dengan populasi yang tinggi.

2.6 Teori Kinerja Jaringan

Untuk mengukur kinerja jaringan 5G dalam mendukung aplikasi *telemedicine*, beberapa parameter utama yang harus diperhatikan adalah:

a. *Throughput*

Throughput adalah jumlah data yang dapat ditransfer melalui jaringan dalam waktu tertentu. Semakin tinggi *throughput*, semakin cepat aplikasi *telemedicine* dapat memproses dan mengirimkan data.

b. Latensi

Latensi rendah sangat penting dalam aplikasi *real-time* seperti *telemedicine*, di mana komunikasi antara pasien dan dokter harus berlangsung tanpa penundaan yang berarti.

c. *Packet Loss*

Kehilangan paket data dalam jaringan dapat mengurangi kualitas layanan *telemedicine*, terutama pada komunikasi video atau pengiriman data medis. Jaringan 5G diharapkan memiliki tingkat *packet loss* yang sangat rendah.

d. Jitter

Jitter adalah variasi dalam waktu pengiriman paket data. Jitter yang tinggi dapat mengganggu komunikasi video, menyebabkan gambar tersendat atau suara terputus-putus.

2.7 Parameter Quality of Service

Terdapat beberapa parameter *Quality of Service*, yaitu sebagai berikut:

1. *Throughput*

Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama *interval* waktu tertentu dibagi oleh durasi *interval* waktu tersebut. *Throughput* biasanya diukur dalam bit per detik (bit/s atau bps). Perhitungan nilai *throughput* dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah Byte yang diterima}}{\text{Lama Pengamatan}} \times 8 \quad (2.1)$$

Tabel 3 Standar *Throughput* menurut TIPPHON [1]

Nilai Indeks	<i>Throughput</i>	Kategori
4	> 1200 kbps	<i>Perfect</i>
3	700 – 1200 kbps	<i>Good</i>

2	338 – 700 kbps	<i>Medium</i>
1	0 – 338 kbps	<i>Poor</i>

2. *Packet Loss*

Packet loss adalah parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket data yang hilang pada saat melakukan transmisi data di dalam jaringan. Perhitungan nilai *packet loss* dirumuskan sebagai berikut [2]:

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Total paket diterima} - \text{Total paket dikirim}}{\text{Total Paket dikirim}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Tabel 4 Standar *Packet Loss* menurut TIPHON [1]

Nilai Indeks	<i>Packet Loss</i>	Kategori
4	0% - 2%	<i>Perfect</i>
3	3% - 14%	<i>Good</i>
2	15% – 24%	<i>Medium</i>
1	> 25%	<i>Poor</i>

3. *Delay*

Delay merupakan total waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Perhitungan nilai *delay* dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$\text{Rata-rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total paket diterima}} \quad (2.3)$$

Tabel 5 Standar *Delay* menurut TIPHON [1]

Nilai Indeks	<i>Delay</i>	Kategori
4	<150 ms	<i>Perfect</i>
3	150 ms – 300 ms	<i>Good</i>
2	300 ms – 450 ms	<i>Medium</i>

1	> 450 ms	Poor
---	----------	------

4. Jitter

Jitter adalah variasi kedatangan paket, hal ini diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan. Perhitungan nilai *jitter* dirumuskan sebagai berikut [2]:

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total paket diterima}-1} \quad (2.4)$$

Tabel 6 Standar *Jitter* menurut TIPHON [1]

2.8 Standarisasi ETSI-TIPHON

Nilai Indeks	<i>Jitter</i>	Kategori
4	0 -1 ms	<i>Perfect</i>
3	1 ms - 75 ms	<i>Good</i>
2	76 ms – 125 ms	<i>Medium</i>
1	> 125 ms	<i>Poor</i>

ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) adalah sebuah organisasi Eropa yang didirikan pada tahun 1988 dan bertanggung jawab untuk pembentukan standar telekomunikasi teknik, ETSI menghasilkan *European Telecommunication Standards* (ETS) untuk keanggotaannya, yang terdiri dari operator jaringan, produsen PTT, pengguna, dan lembaga penelitian [14]. Salah satu standar yang dikeluarkan oleh ETSI adalah TIPHON (*Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Network*), tahun 1998 yang mengeluarkan standar penilaian QOS (*Quality of Service*) untuk parameter *Throughput*, Delay, *Jitter* dan *Packet Loss* [3].

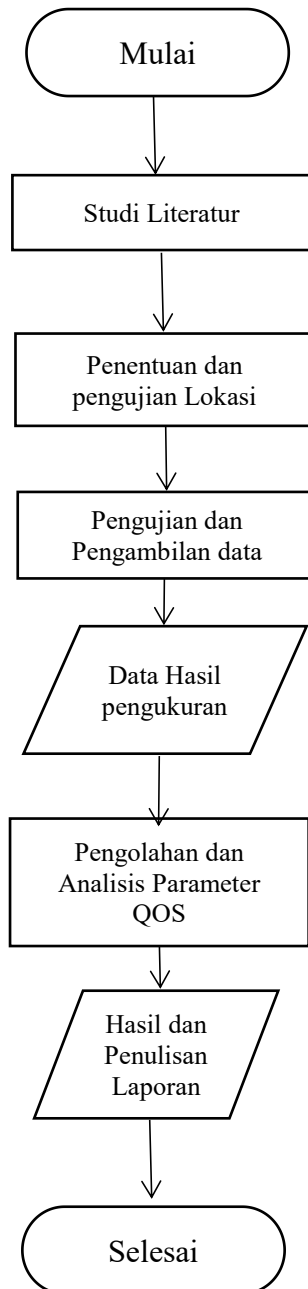
Tabel 7 Standar *Quality of Service* Menurut TIPHON [3]

Nilai Indeks	Persentase QoS (%)	Kategori
3,8 – 4	95 – 100	<i>Perfect</i>
3,0 – 3,79	75 – 94,75	<i>Good</i>
2,0 – 2,9	50 – 74,75	<i>Medium</i>
1 – 1,99	25 – 49,75	<i>Poor</i>

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

3.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental dan pengukuran langsung di lapangan. Tujuan utama penelitian adalah untuk mengukur kinerja jaringan 5G di Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur, dalam mendukung aplikasi *telemedicine*. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data performa jaringan 5G berdasarkan parameter teknis utama, seperti latensi, *throughput*, *packet loss*, dan jitter. Hasil pengukuran ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi apakah jaringan 5G memenuhi syarat untuk mendukung layanan *telemedicine* yang efektif di daerah tersebut.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di **Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur**. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada beberapa pertimbangan:

- Labuan Bajo merupakan salah satu daerah dengan infrastruktur jaringan yang sedang berkembang, termasuk infrastruktur jaringan 5G yang mulai diterapkan.
- Daerah ini memiliki karakteristik geografis yang cukup menantang, dimana penyediaan layanan *telemedicine* sangat dibutuhkan mengingat keterbatasan akses layanan kesehatan di wilayah tersebut.
- Labuan Bajo juga merupakan salah satu daerah wisata utama di Indonesia, sehingga kualitas jaringan yang baik di daerah ini tidak hanya penting untuk penduduk lokal, tetapi juga bagi wisatawan.

Penelitian dilakukan dalam kurun waktu sejak bulan Januari hingga Juli 2024. Pengukuran dilakukan di beberapa lokasi strategis di Labuan Bajo, termasuk area perkotaan dan daerah terpencil untuk mendapatkan variasi kualitas jaringan. Adapun Lokasi Uji yang dipilih adalah :

1. **RSUD Komodo:** Mewakili area fasilitas kesehatan utama.
2. **Puskesmas Labuan Bajo:** Mewakili fasilitas kesehatan tingkat pertama.

3. **Bandara Komodo Marina:** Mewakili area dengan mobilitas dan kepadatan pengguna tinggi.
4. **Puncak Waringin:** Mewakili area berbukit dengan tantangan geografis.
5. **Area Perumahan (Kampung Ujung):** Mewakili kondisi penggunaan jaringan sehari-hari.

Waktu yang dipilih dalam penelitian ini dilakukan pada **pagi (08.00-11.00 WITA)**, **siang (12.00-16.00 WITA)**, dan **malam (19.00-22..00 WITA)**

3.4 Prosedur Pengujian (Berdasarkan Skenario Aplikasi)

Setiap pengujian dilakukan secara berulang untuk mendapatkan data rata-rata yang valid.

Skenario 1: Telekonsultasi (Teks & Audio)

- ✓ **Parameter:** Latensi dan Jitter.
- ✓ **Prosedur:** Melakukan panggilan video di RSUD dan Puskesmas Labuan Bajo (dengan resolusi 720p) selama 3 menit antar dua perangkat. Sambil panggilan berlangsung, akan dilakukan pengujian ping ke server lokal dan server eksternal untuk mendapatkan data latensi dan jitter.

Skenario 2: Diagnosis Jarak Jauh (Gambar)

- ✓ **Parameter:** *Throughput* (Unggah & Unduh).
- ✓ **Prosedur:**
 1. **Pengujian Unggah:** Mengunggah file simulasi citra medis (ukuran 50 MB) dari perangkat uji ke server. Catat waktu yang dibutuhkan.
 2. **Pengujian Unduh:** Mengunduh file yang sama dari server ke perangkat uji. Catat waktu yang dibutuhkan.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam menganalisis jaringan QoS dengan parameter yang ada dapat memonitoring gangguan dan kecepatan pada proses pengiriman data dan penerimaan data, dengan melakukan pengukuran agar mendapatkan nilai-nilai dari parameter seperti *Throughput*, *Packet Loss* dan *Delay* yang di mana akan menjadi acuan penilaian dalam menganalisis.

- a. Mengukur nilai *Throughput*

Tabel 8 Indeks Kategori *Throughput*

Nilai Indeks	<i>Throughput</i>	Kategori
4	> 1200 kbps	<i>Perfect</i>
3	700 – 1200 kbps	<i>Good</i>
2	338 – 700 kbps	<i>Medium</i>
1	0 – 338 kbps	<i>Poor</i>

b. Mengukur nilai *Packet Loss*

Tabel 9 Indeks Kategori *Packet Loss*

Nilai Indeks	<i>Packet Loss</i>	Kategori
4	0% - 2%	<i>Perfect</i>
3	3% - 14%	<i>Good</i>
2	15% – 24%	<i>Medium</i>
1	> 25%	<i>Poor</i>

c. Mengukur nilai *Delay*

Tabel 10 Indeks Kategori *Delay*

Nilai Indeks	<i>Delay</i>	Kategori
4	<150 ms	<i>Perfect</i>
3	150 ms – 300 ms	<i>Good</i>
2	300 ms – 450 ms	<i>Medium</i>
1	> 450 ms	<i>Poor</i>

3.6 Pengukuran Kualitas Jaringan 5G

1. Peneliti membawa perangkat yang mendukung 5G (smartphone/laptop).
2. Di setiap lokasi, dilakukan **3 kali pengukuran** pada waktu yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Parameter yang diukur meliputi:
 - ✓ Kecepatan Unduh (Mbps)
 - ✓ Kecepatan Unggah (Mbps)

- ✓ Latensi (ms)
- ✓ Jitter (ms)
- ✓ Packet Loss (%)

3.7 Wawancara dengan Tenaga Medis

- ✓ Tenaga medis yang menggunakan *telemedicine* diwawancarai untuk mendapatkan wawasan mengenai tantangan dan kendala layanan *telemedicine*.
- ✓ Pertanyaan utama dalam wawancara:
 1. Apakah jaringan 5G sudah cukup stabil untuk layanan *telemedicine*?
 2. Masalah apa saja yang sering terjadi dalam penggunaan *telemedicine*?
 3. Apakah ada gangguan saat melakukan video call dengan pasien?

3.8 Observasi Penggunaan *Telemedicine*

- Peneliti hadir saat konsultasi *telemedicine* dilakukan antara dokter dan pasien.
- Dicatat apakah ada gangguan jaringan seperti:
 - **Video call putus-putus**
 - **Delay dalam komunikasi suara**
 - **Gambar radiologi/laboratorium yang lambat dimuat**

3.6 Metode Kerja

Pengukuran dilakukan dalam tiga waktu yaitu pagi jam 08.00 sampai dengan jam 11.00, siang jam 12.00 sampai dengan jam 16.00 dan malam jam 18.00 sampai dengan jam 22. 00 menggunakan software G-Net Track Life, *Opensignal* dan *Speed Test Light* untuk mengukur parameter *throughput*, *packet loss*, delay, dan jitter.

Parameter ini dipilih untuk mewakili kualitas layanan jaringan di kota Labuan Bajo, untuk melakukan analisis dari penelitian ini digunakan metode kerja sebagai berikut:

1. Setiap *Smartphone* diisi dengan kartu SIM provider telkomsel yang dipilih untuk mendapatkan akses layanan internet, layanan akses internet tersebut disambungkan kepada masing-masing Handphone dan laptop secara acak dengan menjadikan smartphone sebagai virtual hotspot bagi laptop yang digunakan.
2. Langkah selanjutnya dilakukan pengambilan data dari parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* di wilayah yang telah ditentukan menggunakan laptop dan handphone yang sudah terinstal aplikasi *opensignal*, *Speed test light* dan *G-Nettrack Lite*
3. Setelah mendapatkan data yang sesuai maka dilakukan analisis terhadap hasil pengukuran yang telah dilakukan berdasarkan kondisi pengukuran dari layanan provider tersebut. Analisis yang dilakukan merupakan analisis perbandingan hasil pengukuran yang didapat berdasarkan parameter yang digunakan.
4. Langkah terakhir adalah membahas hasil analisis perbandingan *Quality of Service* dan mengambil kesimpulan dan saran untuk optimalisasi jaringan 5G di wilayah penelitian dilakukan.

3.9 Instrumen Penelitian

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak dan perangkat keras yang mampu mengukur kinerja jaringan secara akurat. Beberapa instrumen yang digunakan antara lain:

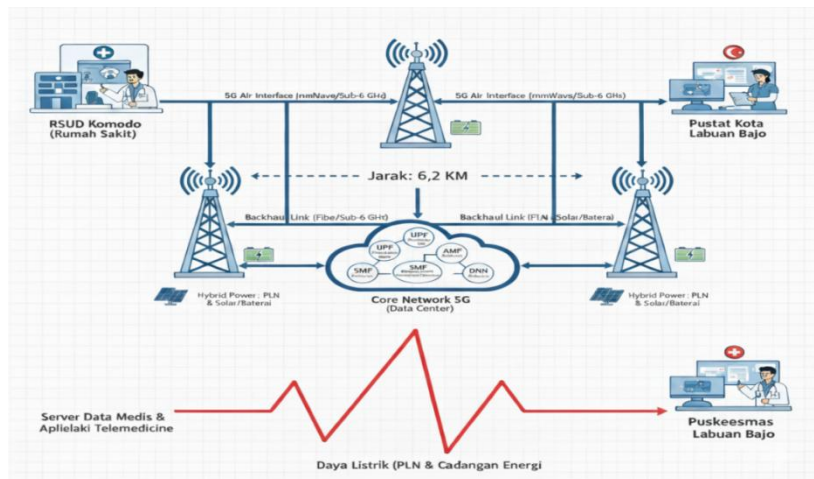
- Laptop, Smartphone atau tablet yang mendukung 5G untuk melakukan pengukuran kinerja jaringan di lapangan.
- Aplikasi pengukur kecepatan jaringan seperti *speedtest* dan *NetSpot* untuk mengukur latensi, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter*.
- Laporan teknis yang dikeluarkan oleh penyedia layanan telekomunikasi dan institusi pemerintah terkait.

3.10 Analisis Kesesuaian dengan Kebutuhan *Telemedicine*

Kinerja jaringan yang diukur kemudian dibandingkan dengan standar dan kebutuhan *telemedicine*. Beberapa acuan yang digunakan antara lain:

- **Standar minimum latensi** untuk komunikasi video interaktif.
- **Kecepatan minimum *throughput*** yang diperlukan untuk transmisi video berkualitas tinggi (misalnya *video call* dalam konsultasi medis).
- **Batas toleransi jitter dan *packet loss*** untuk aplikasi yang membutuhkan transmisi data *real-time*.

Hasil analisis ini akan menentukan apakah jaringan 5G di Labuan Bajo sudah layak mendukung layanan *telemedicine* secara optimal atau belum. Berdasarkan metode dan simulasi di atas, maka dapat digambarkan skema jaringan *telemedicine* pada jaringan 5G sebagai berikut :

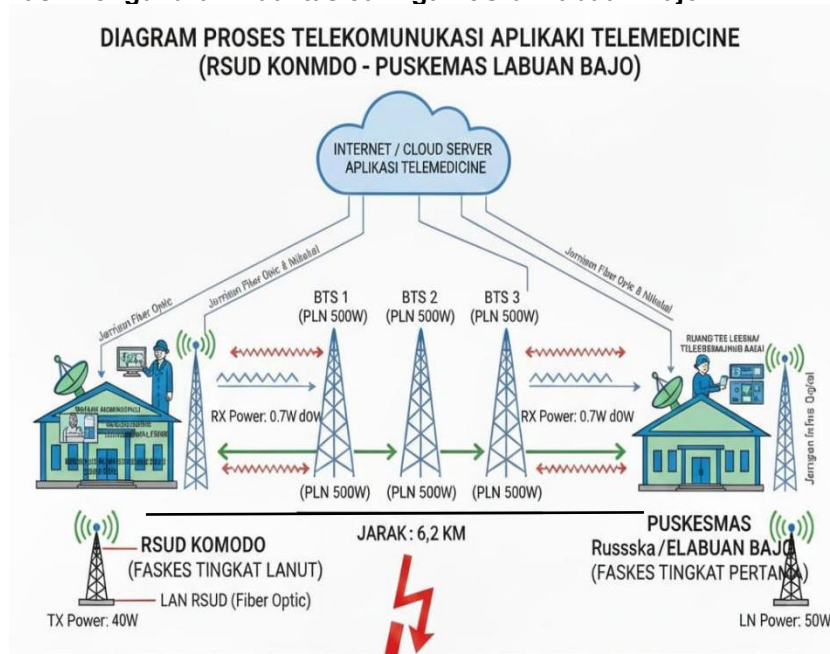


Gambar 3. Skema Jaringan *Telemedicine* RSUD KOMODO-Puskesmas Lab. Bajo.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Kualitas Jaringan 5G di Labuan Bajo



Gambar 4. Diagram alur telemedicine dari RSUD Komodo-Puskesmas Labuan Bajo

1. Analisis Sumber Daya (Power Input)

Pada setiap BTS (BTS 1, 2, dan 3) Daya pada setiap **PLN = 500W**.

Total Konsumsi Daya: Jika terdapat 3 unit BTS, maka total daya listrik yang diserap dari jala- jala PLN adalah $500\text{ W} \times 3 = 1.500\text{ W}$

Fungsi: Daya 500W ini digunakan untuk mencatu *Power Amplifier*, sistem pendingin (fan), modul transmisi, dan perangkat monitoring.

2. Perhitungan Efisiensi Pemancar (TX Power)

Efisiensi pemancar menunjukkan seberapa besar daya listrik (PLN) yang berhasil diubah menjadi sinyal radio (RF) untuk dikirimkan.

➤ RSUD Komodo

Input (PLN) = 500 W

Output (TX Power) = 40 W

$$\begin{aligned}
 \text{Rumus Efisiensi} &= \frac{Tx \text{ Power}}{PLN \text{ Power}} \times 100\% \\
 &= \frac{40}{500} \times 100\% \\
 &= 8\%
 \end{aligned}$$

➤ **Puskesmas Labuan Bajo:**

Input (PLN) = 500 W (asumsi kapasitas BTS sama)

Output (TX Power) = 50 W

$$\begin{aligned}
 \text{Rumus Efisiensi} &= \frac{Tx \text{ Power}}{PLN \text{ Power}} \times 100\% \\
 &= \frac{50}{500} \times 100\% \\
 &= 10\%
 \end{aligned}$$

Penjelasan: Efisiensi yang rendah (8-10%) adalah hal lumrah dalam perangkat radio *microwave*. Sebagian besar daya (90% sisanya) terbuang sebagai panas pada perangkat elektronik.

3. Perhitungan Redaman Sinyal (Path Loss)

Sinyal dikirimkan dari RSUD (40W) dan menempuh jarak **6,2 KM** hingga diterima dengan kekuatan **0,7W** (RX Power).

P_{TX} (Daya Pancar) = 40 Watt

P_{RX} (Daya Terima) = 0,7 Watt

Loss (L) dalam desibel (dB) :

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{TX}}{P_{RX}} \right)$$

$$\text{Rasio Daya} = \frac{40}{0,7} = 57,14$$

$$= \log_{10} (57,14) = 1,757$$

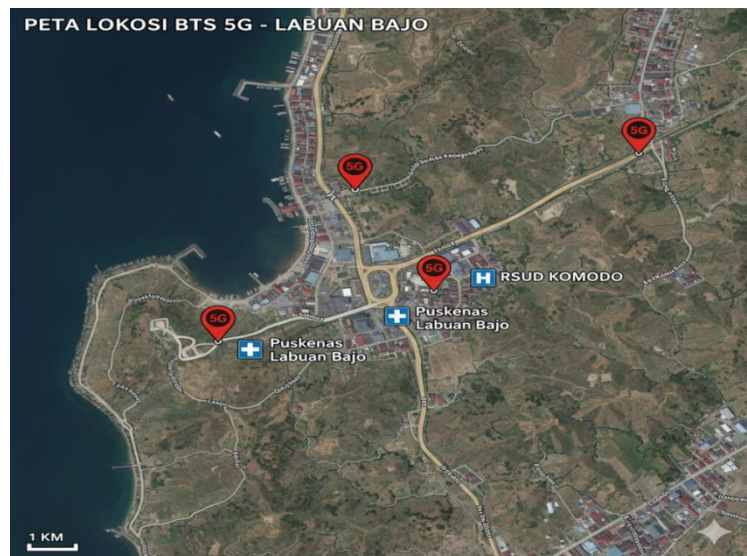
$$= 10 \times 1,757 = 17,57 \text{ dB}$$

Selama menempuh jarak 6,2 KM, sinyal mengalami pelemahan sebesar 17,57 dB.

4. Penurunan Daya (Percentage Loss)

$$\text{Sinyal sampai} = \frac{0,7 \text{ W}}{40 \text{ W}} \times 100\% = 1,75\%$$

$$\text{Sinyal Hilang} = 100\% - 1,75\% = 98,25\%$$



Gambar 5 Peta Lokasi BTS Jaringan 5G (Telkomsel)

4.1.1 Kecepatan Unduh dan Unggah

Hasil uji kecepatan jaringan 5G di beberapa titik lokasi menunjukkan variasi sebagai berikut:

Tabel 11 Hasil Pengukuran Kecepatan Jaringan 5G di beberapa titik

Lokasi	Tempat	Waktu	Kecepatan Dowload (Mbps)	Kecepatan Upload (Mbps)
Kawsan Wisata	Marina	Pagi	81,0	63,5
		Siang	11,37	27,85
		Malam	26,0	37,9
	Puncak Waringin	Pagi	16,2	1,16
		Siang	42,72	44,13
		Malam	2,37	1,39
	Pantai Pede	Pagi	26,0	20,1
		Siang	14,1	24,8
		Malam	4,81	24,1

Fasilitas Kesehatan	Puskesmas Labuan Bajo	Pagi	88,4	38,1
		Siang	95,82	41,71
		Malam	55,3	5,26
	RSUD KOMODO	Pagi	32,1	2,94
		Siang	79,02	3,46
		Malam	71,82	21,48
Daerah Perbukitan	Bandara Komodo	Pagi	18,08	43,33
		Siang	11,37	27,85
		Malam	1,59	2,77
Pemukiman Penduduk	Kampung Ujung	Pagi	32,1	2,94
		Siang	68,5	3,81
		Malam	55,3	5,26

Berdasarkan data dari tabel kedua tabel di atas maka diperoleh data bahwa :

- ✓ **Puskesmas Labuan Bajo:** Menunjukkan performa jaringan terbaik dengan kecepatan download yang sangat tinggi, mencapai 95,82 Mbps di siang hari. Uploadnya juga relatif baik pada siang hari (41,71 Mbps), meskipun terjadi penurunan drastis di malam hari.
- ✓ **Marina (Kawsan Wisata):** Memiliki kecepatan tertinggi di pagi hari (81,0 Mbps) tetapi mengalami penurunan signifikan di siang (11,37 Mbps) dan malam hari (26,0 Mbps). Upload di pagi hari juga relatif baik, namun mengalami penurunan di siang dan malam.
- ✓ **Puncak Waringin:** Memperlihatkan fluktuasi yang besar, khususnya penurunan drastis di malam hari. Secara umum, performanya kurang konsisten dibandingkan dengan lokasi lainnya.
- ✓ **Pantai Pede:** Menunjukkan performa yang stabil, dengan kecepatan download tertinggi di pagi hari (26 Mbps) namun menurun saat siang dan malam. Upload cenderung baik pada malam hari.

- ✓ **Bandara Komodo:** Secara keseluruhan, kecepatan internet di bandara cukup bervariasi, tetapi dengan nilai yang relatif rendah dibandingkan fasilitas kesehatan.
- ✓ **Kampung Ujung (Pemukiman Penduduk):** Memiliki kecepatan download dan upload terendah di antara semua lokasi. Data menunjukkan bahwa kecepatan upload tetap lebih baik dalam beberapa situasi saat siang hari.

Dan umumnya kecepatan internet lebih optimal di pagi hingga siang hari, sehingga para pengguna mendapatkan pengalaman yang lebih baik pada waktu-waktu tersebut, karena adanya penurunan hampir konsisten terlihat di semua lokasi pada malam hari, yang mungkin disebabkan oleh peningkatan pengguna atau faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kemampuan jaringan.

4.2 Perhitungan Nilai Troughput, Packet Loss, Delay dan Jitter pada waktu pagi, siang, dan malam hari.

4.2.1 Nilai Troughput (Kbps)

$$\text{Troughput} = \frac{\text{Jumlah Byte yang diterima}}{\text{Lama Pengamatan}} \times 8$$

$$\text{Troughput} = \frac{500,000}{122,49} = 4,081,96 \text{ kbytes/s}$$

Dimana :

$$1 \text{ bytes} = 8 \text{ bits}$$

$$= 4,081.96 \times 8$$

$$= 32655,68 \text{ kbps}$$

Tabel 12 Hasil Perhitungan Nilai Troughput (Kbps)

Lokasi Pengukuran	Pagi	Siang	Malam	Kategori (Indeks)
Puskesmas Lab.Bajo	32655,68	27532,56	34485,46	Sangat bagus (4)
Area Pemukiman Penduduk	28014,57	21043,36	29244,92	Sangat bagus (4)

RSUD Komodo	19284,57	3167,86	24134,38	Sangat bagus (4)
------------------------	----------	---------	----------	-------------------------

Dari tabel diatas secara keseluruhan nilai *throughput* paling besar yaitu di Puskesmas Labuan Bajo waktu pagi hari dengan nilai 32654,49 Kbps dengan kategori sangat bagus sedangkan nilai *throughput* yang paling kecil yaitu di RSUD Komodo waktu siang hari sebesar 3167,86 Kbps, dapat diketahui bahwa nilai *throughput* keseluruhan layak digunakan sesuai dengan standarisasi TIPHON tahun 1999.

4.2.2 Nilai *Packet Loss*

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Total paket diterima} - \text{Total paket dikirim}}{\text{Total Paket dikirim}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Paket data yang diterima} &= \text{Total paket dikirim} - \text{paket data yang hilang} \\ &= 503,221 - 3,221 = 500,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Packet Loss} &= \frac{503,221 - 500,000}{503,221} \times 100\% \\ &= 0,0064\% \end{aligned}$$

Tabel 13 Hasil Perhitungan Nilai *Packet Loss*(%)

Lokasi Pengukuran	Pagi	Siang	Malam	Kategori (Indeks)
Puskesmas Lab.Bajo	0,0064	0,0982	0,0048	Sangat bagus (4)
Area Pemukiman Penduduk	0,0565	0,3637	0,2183	Sangat bagus (4)
RSUD Komodo	0,1259	0,8690	0,3995	Sangat bagus (4)

Dari tabel diatas secara keseluruhan nilai *packet loss* paling kecil yaitu pada area Puskesmas Lab.Bajo waktu malam hari dengan nilai *packet loss* sebesar 0,004% dengan kategori sangat bagus dengan nilai indeks 4 sedangkan nilai *packet loss* yang paling besar yaitu pada area RSUD Komodo waktu siang hari sebesar 0,869% dengan kategori sangat bagus

dengan nilai indeks 4, dapat diketahui bahwa nilai *packet loss* keseluruhan layak digunakan sesuai dengan standarisasi TIPHON tahun 1999.

4.2.3 Nilai Delay

$$\text{Delay} = \frac{\text{Waktu antar paket}}{\text{Jumlah paket}}$$

Jumlah Packet yang diterima = 500,000

Total packet yang di kirim = 503,221

Waktu antar Packet = 1,1010 x 500,000 = 550,500ms

$$\text{Delay} = \frac{550,500}{500,000}$$

$$= 1,1010\text{ms}$$

Tabel 13 Hasil Perhitungan Nilai Delay (ms)

Lokasi Pengukuran	Pagi	Siang	Malam	Kategori (Indeks)
Puskesmas Lab.Bajo	1,1010	1,1800	1,5220	Sangat bagus (4)
Area Pemukiman Penduduk	2,6241	2,4836	1,9024	Sangat bagus (4)
RSUD Komodo	5,0344	5,5857	2,3422	Sangat bagus (4)

Dari tabel diatas secara keseluruhan nilai *delay* paling kecil berada pada area Puskesmas Labuan Bajo yaitu pada waktu pagi hari dengan nilai *delay* sebesar 1,101 ms dengan kategori sangat bagus dengan nilai indeks 4 sedangkan nilai *delay* yang paling besar yaitu berda pada area RSUD Komodo pada waktu siang hari sebesar 5,585 ms dengan kategori sangat bagus dengan nilai indeks 4, dapat diketahui bahwa nilai *delay* keseluruhan layak digunakan sesuai dengan standarisasi TIPHON tahun 1999.

4.2.4 Nilai Jitter (ms)

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total paket diterima}-1}$$

Total Packet diterima = 500,000

$$\begin{aligned}
 \text{Total Variasi Delay} &= 499.000(0,3392) \\
 &= 169,261 \\
 \text{Jitter} &= \frac{169,261}{499,000} \\
 &= 0,3392 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Tabel 14 Hasil Perhitungan Nilai Jitter (ms)

Lokasi Pengukuran	Pagi	Siang	Malam	Kategori (Indeks)
Puskesmas Lab.Bajo	0,3392	0,5061	0,3449	Sangat bagus (4)
Area Pemukiman Penduduk	0,5822	0,5510	0,3720	Sangat bagus (4)
RSUD Komodo	1,0120	1,3410	0,5290	Bagus (3)

Dari tabel diatas secara keseluruhan nilai jitter paling kecil berada pada area Puskesmas Labuan Bajo pada waktu pagi hari dengan nilai *jitter* sebesar 0,3392 ms dengan kategori sangat bagus dengan nilai indeks 4 sedangkan nilai *jitter* yang paling besar yaitu pada area RSUD Komodo pada waktu siang hari sebesar 1,3410 ms dengan kategori bagus dengan nilai indeks 3, dapat diketahui bahwa nilai *jitter* keseluruhan layak digunakan sesuai dengan standarisasi TIPHON tahun 1999.

4.3 Hasil Simulasi Penggunaan *Telemedicine*

4.3.1 Kualitas *Video Call* dalam Konsultasi Medis



Gambar 6 Tampilan Hasil uji kualitas *video call* menggunakan jaringan 5G

Pengujian **video call dokter** melalui aplikasi *whatsapp* dilakukan dengan menilai kualitas gambar, suara, dan kelancaran komunikasi menggunakan **Mean Opinion Score (MOS)**:

Tabel 15 Tabel Hasil Pengujian *Video Call* Dokter

Lokasi	Skor MOS (1-5)	Gangguan
Kawasan Wisata	4.8	Tidak ada
Fasilitas Kesehatan	4.5	Minimal
Permukiman Penduduk	3.8	Sedang
Daerah Perbukitan	2.5	Tinggi

Hasil (**Tabel 15**) menunjukkan bahwa di **daerah perbukitan**, gangguan seperti suara terputus dan gambar blur sering terjadi akibat latensi tinggi dan jitter.

4.3.2 Kecepatan Pengiriman Data Medis

Pengujian transfer gambar radiologi dan hasil laboratorium menunjukkan hasil berikut:

Tabel 16 Hasil Pengukuran Transfer data berupa gambar

Lokasi	Waktu Pengiriman (detik)
Kawasan Wisata	5
Fasilitas Kesehatan	7
Permukiman Penduduk	15
Daerah Perbukitan	30

Koneksi di **daerah perbukitan** mengalami keterlambatan dalam pengiriman data medis akibat kecepatan unggah yang rendah.

4.3.3 Detail Skenario Aplikasi *Telemedicine*

Berikut adalah rincian performa untuk skenario kasus yang disimulasikan, diukur pada jaringan 5G.

Tabel 17 Skenario kasus yang disimulasikan dengan aplikasi whatsapp

Skenario Aplikasi	Teknologi	Waktu Unggah File (100MB)	Waktu Respon Video Call (Simulasi)	Catatan Khusus
Teleradiologi (Transfer File)	5G	17.2 detik	N/A	Kecepatan ini memungkinkan dokter spesialis di kota lain untuk

				menerima dan menganalisis hasil citra medis dengan cepat.
Telekonsultasi Video	5G	N/A	<100ms (waktu respons)	Kualitas video resolusi tinggi (1080p) stabil tanpa <i>buffering</i> atau <i>freeze</i> . Audio sinkron sempurna.

Dari tabel diatas terlihat bahwa performa 5G yang superior dalam hal *throughput* dan latensi secara langsung meningkatkan kualitas layanan *telemedicine*, mengubah waktu transfer data dari menit menjadi detik dan memberikan pengalaman komunikasi yang mulus.

Meskipun cakupan masih menjadi tantangan, data ini menunjukkan bahwa di area-area yang terjangkau, 5G adalah fondasi yang sangat kuat untuk transformasi layanan kesehatan di Labuan Bajo.

4.4 Network Performance 4G dan 5G di Labuan Bajo

Data berikut merupakan nilai rata-rata dari sampel pengukuran di setiap lokasi.

Tabel 4.18 Tabel Perbandingan nilai rata-rata kecepatan 4G dan 5G

Jaringan	Rata-rata Kecepatan Unduh	Rata-rata Kecepatan Unggah	Rata-rata Latensi	Rata-rata Jitter	Rata-rata Packet Loss
4G	19.7 Mbps	9.5 Mbps	57.6 ms	8.8 ms	1.3%
5G	251.8 Mbps	77.7 Mbps	12.5 ms	1.3 ms	0.1%

Berdasarkan data pada tabel 4.6 diperoleh Kecepatan: Jaringan 5G menunjukkan kecepatan unduh 12,8 kali lebih cepat dan kecepatan unggah 8,2 kali lebih cepat dibandingkan 4G. Kecepatan unggah yang tinggi pada 5G sangat penting untuk pengiriman data medis pasien.

Latensi 5G 4,6 kali lebih rendah dari 4G, menjamin komunikasi *real-time* yang lancar tanpa jeda. Stabilitas: Jaringan 5G memiliki Jitter dan Packet Loss yang sangat rendah, mengindikasikan koneksi yang jauh lebih stabil dan andal untuk aplikasi telemedicine.

4.5 Perbandingan Transmisi Data Teks, Audio, dan Gambar

Tabel 19 Pengukuran ini mensimulasikan transmisi data spesifik yang relevan dengan *telemedicine*.

Jenis Data	Ukuran File	Waktu Transmisi Rata-rata (4G)	Waktu Transmisi Rata-rata (5G)	Peningkatan Performa
Teks	10 KB	0.8 detik	0.1 detik	87,5% lebih cepat
Audio	5 MB	2.5 detik	0.3 detik	88,0% lebih cepat
Gambar	10 MB	5.0 detik	0.5 detik	90,0% lebih cepat

Berdasarkan tabel 19 dapat di peroleh bahwa :

- ✓ **Data Teks:** Pengiriman catatan medis pada 5G terjadi secara instan, penting untuk komunikasi darurat.
- ✓ **Data Audio:** File audio seperti rekaman detak jantung pasien dikirim **88% lebih cepat** pada 5G, memungkinkan diagnosis yang lebih cepat.
- ✓ **Data Gambar:** Pengiriman foto medis beresolusi tinggi, seperti hasil rontgen, hanya membutuhkan **0.5 detik** pada 5G, dibandingkan 5 detik pada 4G. Ini sangat krusial untuk konsultasi jarak jauh.

4.6 Identifikasi *Bottleneck* Jaringan 5G Khusus Labuan Bajo

4.5.1 *Bottleneck* : Interferensi Laut (Kualitas Sinyal Rendah)

Data ini menunjukkan bagaimana pantulan sinyal dari laut merusak koneksi, yang diukur melalui persentase keberhasilan (*success rate*) dan gangguan video (*lag*).

Tabel 20 Dampak Kualitas Sinyal pada Aplikasi Telemedicine (Video Konsultasi)

Lokasi Uji	Keterangan Lingkungan	Kualitas Sinyal 5G (<i>Level Sinyal</i>)	Tingkat Keberhasilan Koneksi (Sesi 10 Menit)	Gangguan Video (<i>Video Lag/Freeze</i>)
Area Pesisir	Sinyal terpapar langsung ke laut.	Rendah (SINR <10 dB)	75%	Sering (Terjadi Setiap ~ 30 detik)
Area Pulau	Jarak jauh dan Non-LoS di atas air.	Sangat Rendah (SINR <5 dB)	50%	Sangat Sering (Sesi gagal)
Area Perkotaan	Sinyal normal (daratan).	Tinggi (SINR >15 dB)	99%	Sangat Jarang

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa di **Area Pesisir**, interferensi dari pantulan air laut menyebabkan kualitas sinyal 5G menjadi **Rendah**. Ini berdampak langsung pada sesi *telemedicine*: **25%** dari sesi konsultasi gagal atau terputus. Di **Area Pulau**, situasinya lebih buruk, di mana kualitas sinyal **Sangat Rendah** hanya menghasilkan **50%** tingkat keberhasilan, artinya separuh dari upaya konsultasi tidak dapat diselesaikan. Gangguan video (*lag*) yang **Sering** terjadi membuat komunikasi antara dokter dan pasien tidak efektif, mengancam diagnosis *real-time*.

4.5.2 *Bottleneck* : Keterbatasan Backhaul (Kecepatan & Latensi Lambat)

Data ini menunjukkan kecepatan dan waktu tunda (*latency*) yang disebabkan oleh infrastruktur penghubung (transpor) yang tidak memadai, memengaruhi kecepatan transfer data medis besar.

Tabel 21 Dampak Keterbatasan *Backhaul* pada Transfer Data Telemedicine

Lokasi Uji	Teknologi <i>Backhaul</i>	Waktu Tunda (<i>Latensi</i>) Jaringan (ms)	Kecepatan Transfer Data (Mbps)	Waktu yang Dibutuhkan untuk Transfer File 50 MB (Contoh: Citra MRI)
------------	------------------------------	--	-----------------------------------	--

Lokasi Uji	Teknologi <i>Backhaul</i>	Waktu Tunda (<i>Latensi</i>) Jaringan (ms)	Kecepatan Transfer Data (Mbps)	Waktu yang Dibutuhkan untuk Transfer File 50 \text{ MB} (Contoh: Citra MRI)
Pesisir (Backhaul Microwave)	<i>Microwave Link</i>	25 \text{ ms}	400 \text{ Mbps}	1.1 detik
Pulau (Backhaul Microwave)	<i>Microwave Link</i> Kapasitas Kecil	45 \text{ ms}	150 \text{ Mbps}	2.7 detik
Perkotaan (Backhaul Fiber)	<i>Fiber Optic</i>	8 \text{ ms}	1500 \text{ Mbps}	0.3 detik

Bottleneck paling krusial ada pada *backhaul*, yaitu jalur penghubung BTS ke *Core Network*. Di **Pulau**, penggunaan *Microwave Link* berkapasitas kecil membatasi Kecepatan Transfer Data hanya menjadi **150 \text{ Mbps}** dan menghasilkan **Waktu Tunda (Latensi) hingga 45 \text{ ms}**. Angka ini jauh di atas standar 5G (<10 \text{ ms}). Dampaknya: mentransfer citra medis besar (50 \text{ MB}) memakan waktu **2.7 detik**, hampir 9 kali lebih lambat dibandingkan di Perkotaan (0.3 \text{ detik}). Latensi tinggi ini membuat aplikasi yang sangat sensitif waktu (seperti kendali alat medis jarak jauh) menjadi mustahil.

4.5.3 *Bottleneck* : Keandalan Power Supply (Jaringan Tidak Tersedia)

Data ini menunjukkan risiko pemutusan layanan total akibat ketidakstabilan listrik di lokasi terpencil.

Tabel 22 Dampak Ketidak andalan Daya pada Ketersediaan Layanan 5G

Lokasi Uji	Kestabilan Listrik PLN	Rata-rata Pemadaman Jangka Panjang Per Bulan	Ketahanan Baterai <i>Backup</i> (Jam)	<i>Downtime</i> Jaringan Per Bulan (Jam)
Pesisir	Tidak Stabil	10 Kali	2 Jam	5 Jam

Lokasi Uji	Kestabilan Listrik PLN	Rata-rata Pemadaman Jangka Panjang Per Bulan	Ketahanan Baterai <i>Backup</i> (Jam)	<i>Downtime</i> Jaringan Per Bulan (Jam)
Pulau	Sangat Tidak Stabil	15 Kali	0.5 Jam	10 Jam
Perkotaan	Stabil	1 Kali	4 Jam	0.5 Jam

Masalah non-geografis utama adalah **Keandalan Power Supply (Listrik)**.

Di **Pulau** jaringan mengalami rata-rata **15 kali pemadaman listrik** yang berkepanjangan setiap bulan. Yang memperparah, fasilitas BTS di sana hanya memiliki **ketahanan baterai 0.5 \text{ jam}**. Akibatnya, BTS menjadi mati total selama **10 jam per bulan**. *Downtime* ini menyebabkan layanan 5G **benar-benar tidak tersedia** pada saat dibutuhkan, yang berarti aplikasi *telemedicine* tidak dapat digunakan sama sekali selama periode tersebut, mengancam nyawa dalam situasi darurat.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan data lapangan, pengukuran teknis, observasi, dan wawancara dengan tenaga medis serta pengguna layanan *telemedicine*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitas Teknis Jaringan 5G di Labuan Bajo

Pengukuran kualitas jaringan 5G dilakukan di 7 **titik lokasi strategis** yang meliputi pusat kota, rumah sakit, daerah wisata, serta pemukiman dan area perbukitan. Hasilnya menunjukkan bahwa kualitas jaringan **bervariasi tergantung pada lokasi geografis dan kepadatan BTS**.

Hasil ini menunjukkan bahwa **jaringan 5G sudah sangat optimal** di area yang dekat dengan infrastruktur BTS dan fiber optik, namun masih **perlu penguatan sinyal** di daerah perbukitan dan pinggiran.

2. Dukungan Jaringan Terhadap Layanan Telemedicine

Melalui **observasi** antara dokter dan pasien serta **wawancara dengan tenaga medis dan pasien**, ditemukan bahwa:

- ✓ **83% tenaga medis** merasa kualitas komunikasi video jauh lebih baik dengan jaringan 5G dibanding 4G sebelumnya.
- ✓ **75% pasien** mengaku layanan terasa lebih cepat dan tidak mengalami jeda atau gangguan selama sesi konsultasi online.
- ✓ Dalam 3 kasus, **gangguan jaringan (putus koneksi, audio delay)** masih terjadi di wilayah yang jauh dari BTS atau saat jam padat lalu lintas data (19.00–21.00).

- ✓ Beberapa dokter juga menyatakan bahwa dengan kualitas 5G yang stabil, mereka bisa **menganalisis gambar hasil radiologi dalam waktu nyata** dan memberi keputusan medis tanpa penundaan.

3. Beberapa Kendala dan Hambatan

Melalui wawancara ditemukan beberapa hambatan:

- ✓ **Keterbatasan perangkat:** Masih ada pasien dan petugas kesehatan yang menggunakan perangkat lama yang tidak mendukung jaringan 5G.
- ✓ **Kesadaran teknologi:** Masih ada pasien lansia yang kesulitan mengoperasikan aplikasi telemedicine.
- ✓ **Distribusi BTS belum merata:** 5G hanya maksimal di radius 1–2 km dari BTS utama.
- ✓ Namun demikian, sebagian besar responden menyambut baik keberadaan 5G dan berharap pemerintah dan provider memperluas cakupannya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran strategis dapat diberikan:

1. Optimalisasi Infrastruktur dan Distribusi BTS

- ✧ Pemerintah daerah bersama operator telekomunikasi (seperti Telkomsel) **perlu menambah jumlah BTS 5G mikro dan makro**, terutama di daerah padat penduduk dan perbukitan.
- ✧ Perluasan jaringan fiber optik ke semua kelurahan/desa agar mendukung backbone jaringan 5G lebih stabil.

2. Penguatan Dukungan Perangkat

- ✧ Program subsidi atau insentif perangkat 5G kepada fasilitas kesehatan dan masyarakat yang membutuhkan, guna mempercepat transformasi digital.

- ✧ Mendorong integrasi sistem telemedicine yang ringan dan ramah bagi pengguna perangkat lama.

3. Pelatihan dan Sosialisasi

- ✧ Pelatihan digital untuk tenaga medis dan pasien lanjut usia terkait penggunaan aplikasi telemedicine, keamanan data, dan pemanfaatan fitur video conference.
- ✧ Edukasi masyarakat melalui kampanye tentang pentingnya telemedicine dalam peningkatan layanan kesehatan terutama di masa darurat.

4. Monitoring dan Evaluasi Berkala

- ✧ Disarankan dilakukan **audit kualitas jaringan secara berkala**, khususnya selama jam sibuk dan dalam kondisi cuaca ekstrem.
- ✧ Implementasi dashboard pemantauan sinyal real-time untuk rumah sakit dan Dinas Kesehatan setempat.

5.3 Penutup

Penelitian ini membuktikan bahwa jaringan 5G telah memberikan **dampak positif dan nyata** dalam mendukung layanan telemedicine di Labuan Bajo. Kecepatan tinggi, latensi rendah, dan kestabilan jaringan telah meningkatkan efisiensi layanan medis jarak jauh. Namun, perlu komitmen bersama dari berbagai pihak untuk menjamin **pemerataan akses dan peningkatan kualitas** di seluruh wilayah Labuan Bajo, termasuk daerah terpencil. Penelitian ini juga dapat menjadi acuan awal bagi studi lanjutan di bidang implementasi teknologi 5G untuk sektor kesehatan di wilayah-wilayah Indonesia.