

Pemanfaatan Teknologi Wireless dan Mobile Network Berbasis 5G Untuk Pemerataan Akses Jaringan di Indonesia

Fauzan Prasetyo Eka Putra¹, Ach.Maulidani Ubaidillah Solichin², Moh.Nuril Wildanul Hakim^{3*},
Mohammad Taufiq Ramadhan⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Informatika, Universitas Madura

*wildangemilang46@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas pemanfaatan teknologi jaringan nirkabel dan mobile berbasis 5G sebagai solusi strategis dalam pemerataan akses jaringan di Indonesia. Dalam konteks geografis Indonesia yang luas dan beragam, 5G menawarkan keunggulan dalam hal kecepatan tinggi, latensi rendah, serta efisiensi spektrum yang memungkinkan konektivitas yang lebih merata, termasuk di daerah terpencil. Studi ini juga mengkaji penerapan teknologi pendukung seperti Wireless Sensor Networks (WSN) dan Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) dalam memperluas jangkauan sinyal dan meningkatkan kualitas jaringan. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dengan analisis data sekunder yang bersumber dari berbagai publikasi ilmiah bereputasi, laporan BAKTI Kominfo, serta kebijakan regulatif nasional yang relevan. Data dianalisis secara tematik dan evaluatif untuk mengidentifikasi potensi, tantangan, dan strategi implementasi 5G dalam konteks pemerataan akses jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi 5G dengan WSN dan RIS berdampak positif dalam meningkatkan akses digital lintas sektor, termasuk pendidikan, kesehatan, ekonomi, dan pemerintahan. Meskipun demikian, tantangan berupa keterbatasan infrastruktur, regulasi yang belum optimal, serta kesenjangan literasi digital masih menjadi hambatan utama. Oleh karena itu, diperlukan kolaborasi multisektor dalam pembangunan infrastruktur, reformasi kebijakan, dan pemberdayaan masyarakat guna mewujudkan pemerataan akses jaringan yang inklusif dan berkelanjutan.

Kata kunci : 5G, jaringan nirkabel, pemerataan akses, WSN, RIS, transformasi digital

Abstract

This study discusses the utilization of wireless and mobile network technologies based on 5G as a strategic solution to promote equitable access to network connectivity in Indonesia. Given Indonesia's vast and diverse geographical context, 5G offers advantages in terms of high speed, low latency, and spectral efficiency, enabling more inclusive connectivity, particularly in remote and underserved areas. The study also examines the application of supporting technologies such as Wireless Sensor Networks (WSN) and Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) to expand signal coverage and enhance network quality. The research employs a descriptive-qualitative approach with secondary data analysis derived from various reputable scientific publications, official reports from BAKTI Kominfo, and relevant national regulatory policies. The data were analyzed thematically and evaluatively to identify the potential, challenges, and implementation strategies of 5G in addressing digital access disparity. The results indicate that the integration of 5G technology with WSN and RIS has a positive impact on improving digital access across sectors such as education, healthcare, economy, and governance. Nonetheless, challenges such as limited infrastructure, suboptimal regulations, and digital literacy gaps remain significant barriers. Therefore, multisectoral collaboration is needed in infrastructure development, policy reform, and community empowerment to achieve inclusive and sustainable network accessibility.

Keywords : 5G, wireless network, access equity, WSN, RIS, digital transformation.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi global telah mengalami lompatan yang signifikan dengan hadirnya jaringan generasi kelima (5G), yang menawarkan kecepatan tinggi, latensi rendah, serta konektivitas masif untuk mendukung Internet of Things (IoT) dan layanan digital lainnya. Di berbagai negara maju, pemanfaatan 5G menjadi bagian integral dari transformasi digital menuju era Industri 4.0 dan Society 5.0 [1],[2]. Di sisi lain, Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia menghadapi tantangan besar dalam pemerataan akses jaringan, terutama di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar), di mana kesenjangan digital masih sangat mencolok antara daerah perkotaan dan pedesaan. Laporan Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi (BAKTI) menyebutkan bahwa hingga tahun 2023, terdapat lebih dari 12.000 desa yang belum mendapatkan akses internet berkualitas[3]. Respon terhadap isu ini mendorong urgensi penelitian yang menyoroti bagaimana 5G sebagai teknologi mutakhir dapat dimanfaatkan untuk menjembatani kesenjangan akses jaringan di Indonesia. Sejumlah pakar menyatakan bahwa implementasi 5G bukan hanya soal modernisasi, tetapi juga soal pemerataan akses informasi yang menjadi fondasi inklusi digital [3],[4]. Beberapa studi telah menekankan bahwa peluang pemanfaatan teknologi 5G sangat besar, terutama jika

diarahkan untuk memperluas jangkauan jaringan ke daerah-daerah yang selama ini belum tersentuh oleh infrastruktur telekomunikasi konvensional. Namun, tantangan seperti infrastruktur dasar yang belum memadai, biaya investasi yang tinggi, serta kebutuhan regulasi yang adaptif masih menjadi hambatan utama [5],[6]. Penelitian sebelumnya banyak berfokus pada aspek teknis 5G, seperti kecepatan, efisiensi spektrum, dan efisiensi energi, serta potensi dampaknya terhadap industri dan masyarakat [7][8],[9],[10]. Terdapat penelitian yang menyoroti kelebihan dan kekurangan 5G di Indonesia, namun belum banyak studi yang secara eksplisit mengkaji bagaimana 5G dapat digunakan sebagai solusi strategis untuk pemerataan jaringan di wilayah yang terpinggirkan[4]. Gap penelitian terletak pada kurangnya pendekatan interdisipliner yang menggabungkan aspek teknologi, kebijakan, dan konteks geografis Indonesia dalam menilai kontribusi 5G terhadap inklusi digital. Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengangkat pemerataan akses jaringan sebagai titik fokus, bukan hanya aspek performa teknis 5G. Dengan mengacu pada teori pemerataan teknologi komunikasi dan konsep jaringan adaptif, penelitian ini mencoba merumuskan pendekatan strategis pemanfaatan 5G dalam konteks geografis dan sosial Indonesia. Hal ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan inklusif sebagaimana

ditekankan dalam dokumen kebijakan nasional dan inisiatif global seperti SDGs.

Fokus utama dari penelitian ini adalah mengevaluasi sejauh mana teknologi wireless dan mobile network berbasis 5G dapat menjadi solusi untuk mengatasi ketimpangan akses jaringan di Indonesia. Penelitian ini juga akan menganalisis kesiapan infrastruktur dan regulasi, serta merumuskan strategi implementasi berbasis kebutuhan daerah. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan kontribusi praktis dan teoritis dalam merancang kebijakan serta peta jalan implementasi 5G yang inklusif dan berkelanjutan di Indonesia.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian mengenai teknologi jaringan 5G di Indonesia telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir.

Salah satu penelitian melakukan analisis mendalam terhadap dampak implementasi teknologi 5G terhadap infrastruktur jaringan di Indonesia. Mereka menekankan pentingnya kesiapan infrastruktur pendukung, seperti fiber optik dan BTS, dalam menunjang operasional jaringan 5G secara optimal^[11].

Studi lain membandingkan teknologi 4G dengan 5G dari sisi performa dan efisiensi. Hasilnya menunjukkan bahwa 5G mampu memberikan peningkatan signifikan dalam kecepatan dan

latensi, namun masih memiliki tantangan dalam hal biaya dan jangkauan^[12].

Ada juga penelitian yang memfokuskan pada analisis kinerja jaringan 5G di wilayah perkotaan. Mereka menemukan bahwa 5G menunjukkan performa tinggi dalam skenario padat pengguna, namun belum optimal di area pinggiran kota^[13].

Dari perspektif global ada penelitian yang menyoroti isu teknis terkait jaringan backhaul dalam sistem 5G dan potensi pemanfaatan solusi nirkabel untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur kabel, yang relevan bagi konteks geografis Indonesia^[14]. Studi tambahan mengulas tentang aspek keamanan sistem informasi pada jaringan 5G di Indonesia, dengan menekankan perlunya arsitektur keamanan adaptif untuk menghadapi potensi ancaman siber di masa depan^[15]. Kelima penelitian tersebut menjadi dasar bagi studi ini. Namun, belum ada penelitian yang secara khusus membahas bagaimana teknologi 5G dapat dimanfaatkan untuk pemerataan akses jaringan di wilayah tertinggal, terutama dengan pendekatan yang menggabungkan aspek teknis, sosial, dan kebijakan. Hal inilah yang menjadi celah yang ingin diisi oleh penelitian ini.

2.2. Landasan Teori

Dalam memahami pemanfaatan teknologi 5G untuk pemerataan jaringan, beberapa teori dan konsep dasar perlu diuraikan.

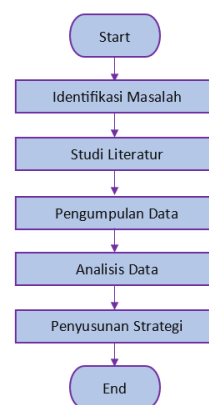
1. Teknologi jaringan 5G merupakan evolusi dari sistem jaringan seluler yang mampu mendukung kecepatan hingga 10 Gbps, latensi rendah, dan konektivitas massal, menjadikannya sangat potensial untuk mendukung konektivitas di berbagai sektor [16]. Ditekankan juga bahwa 5G bukan hanya evolusi teknis, tetapi juga transformasi sistemik yang melibatkan model jaringan baru seperti network slicing, edge computing, dan massive MIMO, yang memungkinkan jaringan disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pengguna dan daerah[17].

2. Pembahasan tentang aplikasi teknologi wireless dalam konteks (Wireless Body Area Networks), yang menunjukkan bahwa fleksibilitas dan adaptivitas jaringan nirkabel sangat relevan untuk diterapkan pada konteks geografis Indonesia yang beragam [18]. Selanjutnya terdapat tantangan penerapan 5G dalam mendukung ekosistem IoT, termasuk tantangan cakupan dan efisiensi energi [19]. Teknologi jaringan sensor nirkabel (WSN) juga akan sangat berperan dalam mendukung pemerataan akses data melalui sistem terdistribusi[20]. Konsep-konsep tersebut menunjukkan bahwa teknologi 5G memiliki fondasi teoritis yang kuat untuk dijadikan sebagai solusi dalam konteks pemerataan jaringan

2.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan deskriptif - kualitatif yang

dikombinasikan dengan studi kasus pada beberapa wilayah di Indonesia yang memiliki tingkat akses jaringan yang rendah. Berikut merupakan tahapan penelitian yang dilakukan:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

- 1) Identifikasi Masalah yaitu Menentukan isu kesenjangan akses jaringan digital di Indonesia berdasarkan data sekunder dari BAKTI Kominfo, BPS, dan studi literatur.
- 2) Studi Literatur yaitu Mengkaji referensi teoritis dan penelitian terdahulu terkait teknologi 5G, tantangan pemerataan akses, dan strategi implementasi di wilayah berkembang.
- 3) Pengumpulan Data dengan Melakukan observasi dokumenter dan wawancara semi - struktural dengan pemangku kepentingan (regulator, operator telekomunikasi, masyarakat daerah 3T).
- 4) Analisis Data yaitu Menggunakan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola strategi, hambatan, dan potensi pemanfaatan teknologi 5G untuk pemerataan jaringan.

5) Penyusunan Strategi yaitu Merumuskan pendekatan strategis yang realistis dan berbasis data untuk mengimplementasikan 5G di wilayah dengan keterbatasan akses jaringan.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dengan dukungan analisis data sekunder untuk memahami potensi pemanfaatan teknologi 5G dalam pemerataan akses jaringan di Indonesia. Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian yang tidak hanya ingin menggambarkan fenomena secara sistematis, tetapi juga menelaah strategi dan kebijakan berbasis konteks sosial dan geografis.

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian deskriptif-kualitatif dipilih karena memberikan keleluasaan dalam menggambarkan kondisi nyata di lapangan terkait disparitas jaringan di berbagai wilayah Indonesia, serta memungkinkan penelusuran terhadap solusi teknologi yang aplikatif. Pendekatan ini sangat relevan dalam studi yang mengevaluasi integrasi sistem jaringan modern di kawasan terpencil dengan mempertimbangkan aspek sosial, arsitektural, dan keamanan^[21]. Selain itu, pendekatan ini memperbolehkan penggabungan model data-driven, di mana data sekunder dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan celah dalam distribusi infrastruktur jaringan^[22].

3.2 Instrumen Penelitian

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah lembar observasi dokumen, serta panduan analisis tematik yang dikembangkan untuk mengkategorikan temuan menjadi beberapa tema utama: infrastruktur, teknologi, kebijakan, dan kesiapan sosial-ekonomi.

Instrumen ini dikembangkan berdasarkan prinsip dari model JCAS (Joint Communication and Sensing), untuk mengintegrasikan antara aspek teknis dan konteks lokal dalam penyusunan strategi adopsi teknologi^[23].

3.3 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif-kualitatif, dengan pendekatan tematik untuk menelusuri pola, tantangan, dan peluang pemanfaatan 5G. Pendekatan ini sejalan dengan metode yang digunakan, yang mengutamakan efisiensi dan optimalisasi sumber daya jaringan berbasis kebutuhan lokal ^[24]. Untuk mengakomodasi variabel kompleks seperti efisiensi energi dan fleksibilitas infrastruktur, peneliti juga merujuk pada pendekatan hybrid wireless network dalam studi komunikasi masa depan (B5G/6G) ^[25].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Infrastruktur Jaringan dan Penyebarannya di Indonesia

Infrastruktur jaringan di Indonesia menghadapi tantangan besar karena karakteristik geografis yang sangat beragam, mulai dari pulau-pulau

besar hingga kepulauan kecil yang tersebar. Berdasarkan studi yang dilakukan sebelumnya penyebaran jaringan 5G di Indonesia masih sangat terkonsentrasi pada wilayah perkotaan dan pusat-pusat ekonomi utama seperti Jakarta, Surabaya, dan Bandung. Di wilayah ini, jaringan 5G sudah memberikan performa optimal dengan kecepatan data yang jauh lebih tinggi dan latensi yang sangat rendah dibandingkan 4G [26].

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Jaringan 4G LTE dan 5G NR

Aspek	4G LTE	5G NR
Kecepatan Unduh	10–100 Mbps	100 Mbps – >1 Gbps
Latensi	30–50 ms	1–10 ms
Kapasitas Koneksi	± 100.000 perangkat/km ²	> 1.000.000 perangkat/km ²
Efisiensi Spektrum	Rendah	Tinggi
Stabilitas Jaringan	Tergantung lokasi dan kepadatan	Lebih stabil dengan teknologi RIS & slicing
Konsumsi Energi per Data Unit	Lebih tinggi	Lebih rendah
Frekuensi	<3 GHz	3.5–26 GHz (Sub-6 dan mmWave)
Dukungan Mobilitas	Optimal untuk ≤ 350 km/h	Optimal hingga 500 km/h

Sebaliknya, wilayah pedesaan dan terpencil masih kesulitan mengakses jaringan ini karena minimnya BTS dan infrastruktur fiber optik, sehingga kesenjangan digital tetap lebar. Kendala geografis dan tingginya biaya pembangunan infrastruktur menjadi hambatan utama.

Di banyak daerah, jaringan 4G masih menjadi tumpuan meski tidak mampu menyamai performa 5G. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi pendukung untuk mengoptimalkan jaringan yang

ada. Studi menunjukkan bahwa pemanfaatan protokol dan standar Wireless Sensor Networks (WSN) dapat memperkuat infrastruktur dengan kemampuan monitoring dan manajemen jaringan secara real-time di wilayah terbatas [27].

4.2 Integrasi Teknologi Wireless Sensor Networks (WSN) dan Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) untuk Pemerataan Akses Jaringan

Wireless Sensor Networks (WSN) dan Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) adalah dua teknologi kunci yang berpotensi besar dalam mendukung pemerataan akses jaringan 5G di Indonesia. Wireless Sensor Networks (WSN) terdiri dari sensor nirkabel yang mampu mengirimkan data real-time mengenai kondisi jaringan, seperti kekuatan sinyal dan interferensi. Hal ini memungkinkan pengelolaan jaringan secara efisien di wilayah dengan sumber daya terbatas [28] - [30]. Salah satu penelitian juga menunjukkan bahwa optimalisasi algoritma alokasi sumber daya dan pemilihan relay dalam WSN dapat memperpanjang umur sensor dan menjaga stabilitas jaringan [24].

Sementara itu, Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) adalah teknologi inovatif yang memungkinkan permukaan fisik memantulkan gelombang radio secara terkendali untuk memperbaiki kualitas sinyal. Teknologi ini sangat efektif di area dengan hambatan fisik, seperti gedung atau pegunungan. Uji coba pada jaringan

5G komersial menunjukkan bahwa RIS mampu meningkatkan cakupan sinyal hingga 30% tanpa perlu banyak infrastruktur tambahan ^[31].

Tabel 2. Cakupan Implementasi WSN dan RIS dalam Jaringan 5G

Kategori	Wireless Sensor Networks (WSN)	Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS)
Fungsi Utama	Pengumpulan dan transmisi data dari lingkungan secara otomatis	Pemantulan dan penguatan sinyal untuk mengatasi hambatan fisik
Aplikasi di Indonesia	Pertanian pintar, monitoring lingkungan, smart city, logistik	Perkotaan padat, area rural dengan sinyal lemah
Manfaat dalam 5G	Mendukung IoT dan M2M Communication dalam ekosistem 5G	Meningkatkan jangkauan dan kualitas sinyal, efisiensi spektrum

Integrasi WSN dan RIS dapat menciptakan ekosistem jaringan pintar yang tidak hanya mampu mendeteksi kondisi jaringan secara real-time, tetapi juga secara aktif mengoptimalkan jalur sinyal dan distribusi sumber daya. Dengan demikian, teknologi ini sangat berpotensi menjawab tantangan geografis dan biaya investasi yang selama ini membatasi pemerataan jaringan di Indonesia.

4.3 Persepsi Masyarakat dan Dampak Pemerataan Akses Jaringan terhadap Berbagai Sektor

Persepsi masyarakat terhadap teknologi 5G di Indonesia menunjukkan spektrum yang kompleks, dengan dukungan sekaligus kekhawatiran. Salah satu studi yang dilakukan mengungkap bahwa mayoritas masyarakat di

perkotaan sangat optimis terhadap potensi 5G dalam mempercepat akses internet yang lebih cepat dan stabil ^[32]. Namun, sebagian masyarakat, terutama di wilayah pedesaan dan daerah yang belum tersentuh 5G, masih merasa ragu dan waspada. Kekhawatiran ini terkait dengan isu keamanan data pribadi, potensi radiasi elektromagnetik, dan kurangnya sosialisasi teknologi baru secara menyeluruh. Hal ini menunjukkan perlunya edukasi dan kampanye publik yang masif untuk meningkatkan pemahaman dan penerimaan terhadap teknologi baru seperti 5G.

Teknologi jaringan 5G membawa sejumlah keunggulan yang secara langsung dapat dimanfaatkan untuk pemerataan akses jaringan, khususnya dalam konteks Indonesia. Keunggulan utama 5G, yaitu kecepatan transfer data yang sangat tinggi, latensi ultra-rendah, dan kemampuan untuk mendukung konektivitas perangkat yang sangat banyak (massive IoT), memungkinkan implementasi solusi digital yang lebih canggih di berbagai sektor ^[33].

Di sektor pendidikan, akses jaringan yang kuat seperti 5G memungkinkan penggunaan teknologi pembelajaran jarak jauh (e-learning) sehingga meningkatkan kualitas pendidikan terutama di daerah terpencil ^{[34],[35]}. Pada sektor pertanian, sensor IoT yang terhubung melalui jaringan 5G memungkinkan monitoring kondisi lahan secara real-time, meningkatkan efisiensi penggunaan air,

pupuk, dan pestisida. Hal ini mendukung produktivitas dan pengembangan pertanian secara digital^[36]. Pada sektor ekonomi, pemerataan akses jaringan mendorong digitalisasi UMKM, membuka peluang melalui e-commerce, sehingga memperluas akses pasar dan peluang bisnis digital serta memperkuat ekonomi kreatif lokal ^{[37],[38],[39]}. Selain itu, di sektor kesehatan, teknologi 5G memfasilitasi telemedicine dan monitoring pasien secara real-time, yang sangat penting bagi daerah dengan keterbatasan fasilitas medis. Dengan adanya pemerataan akses jaringan, kesenjangan digital yang selama ini menjadi kendala utama pembangunan Indonesia dapat mulai dikurangi, memberikan kesempatan yang lebih merata bagi seluruh lapisan masyarakat untuk menikmati manfaat teknologi digital.

4.4 Tantangan yang Dihadapi dan Solusi yang Disarankan

Pemerataan akses jaringan dihadapkan pada tantangan teknis, ekonomi, dan regulasi. Kondisi geografis Indonesia yang kompleks menyulitkan pembangunan infrastruktur merata, ditambah biaya investasi BTS yang tinggi di daerah terpencil ^[40]. Selain itu, masalah regulasi seperti perizinan, alokasi spektrum frekuensi, serta standar keamanan dan privasi data masih memerlukan penyesuaian agar dapat mendukung perkembangan teknologi 5G secara efektif dan aman ^[41]. Isu keamanan juga semakin kompleks

karena jaringan 5G yang sangat terbuka sehingga meningkatkan risiko serangan siber ^[42].

Solusi yang disarankan meliputi beberapa pendekatan:

- 1) Kolaborasi pemerintah dan swasta untuk pendanaan infrastruktur dan insentif fiskal.
- 2) Pemanfaatan RIS dan WSN untuk perluasan sinyal tanpa perlu pembangunan fisik besar ^{[28],[31]}.
- 3) Penguatan regulasi keamanan siber dan perlindungan data pengguna ^{[43],[44]}.
- 4) Implementasi edge computing untuk mengurangi latensi dan beban jaringan pusat ^{[45], [46]}.
- 5) Edukasi publik dan peningkatan literasi digital guna memperkuat penerimaan masyarakat terhadap 5G.

4.5 Potensi Inovasi Masa Depan

Ekosistem 5G dan transisi menuju 6G membuka potensi inovasi luas. Softwarized wireless networks memungkinkan pengelolaan jaringan secara adaptif berbasis AI dan machine learning ^[47]. Dengan demikian, pengelolaan sumber daya jaringan dapat dilakukan secara adaptif sehingga Perkembangan society 5.0 dan industri 5.0 dapat menghadirkan kolaborasi manusia-mesin dalam manufaktur pintar, layanan kesehatan presisi, dan kota cerdas berkelanjutan ^[48]. Selain itu, inovasi pada teknologi sensor nirkabel juga terus berkembang, Teknologi sensor nirkabel berbasis federated learning memungkinkan pemrosesan

data secara aman dan efisien tanpa pengiriman data mentah [49]. RIS diprediksi menjadi komponen penting untuk meningkatkan cakupan dan kualitas sinyal, terutama di wilayah sulit. Integrasi edge computing, semantic communication, dan wireless sensing akan mendukung aplikasi seperti AR, VR, dan kendaraan otonom dengan kebutuhan latensi rendah dan data besar [50]. Secara keseluruhan, inovasi-inovasi ini akan mendukung transformasi digital nasional yang lebih inklusif, mempercepat adopsi teknologi baru, dan membuka peluang ekonomi serta sosial baru bagi masyarakat Indonesia di masa depan

5. Kesimpulan

Pemanfaatan teknologi wireless dan mobile network berbasis 5G memiliki potensi strategis dalam mempercepat pemerataan akses jaringan di Indonesia, khususnya di wilayah 3T. Hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi teknologi seperti Wireless Sensor Networks (WSN) dan Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) mampu memperluas cakupan layanan tanpa perlu ekspansi infrastruktur besar-besaran. Melalui pendekatan deskriptif-kualitatif berbasis studi literatur dan data sekunder nasional, ditemukan bahwa tantangan utama dalam implementasi 5G mencakup infrastruktur dasar yang terbatas, keterbatasan spektrum, serta kesenjangan literasi digital masyarakat. Namun, dengan strategi

kolaboratif lintas sektor dan dukungan kebijakan yang adaptif, 5G dapat menjadi pendorong transformasi digital yang inklusif dan berkelanjutan. Dengan demikian, 5G bukan sekadar inovasi teknologi, melainkan juga solusi konkret untuk mengatasi ketimpangan akses informasi dan memperkuat keadilan digital di Indonesia.

6. Daftar Pustaka

- [1] Y. O. Imam-Fulani *et al.*, "5G Frequency Standardization, Technologies, Channel Models, and Network Deployment: Advances, Challenges, and Future Directions," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 6, 2023, doi: 10.3390/su15065173.
- [2] X. Lin, "An Overview of 5G Advanced Evolution in 3GPP Release 18," *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 6, no. 3, pp. 77–83, 2022, doi: 10.1109/MCOMSTD.0001.2200001.
- [3] Muhammad Sadri, "Peluang Dan Tantangan Indonesia Dalam Pemanfaatan Teknologi Telekomunikasi Nirkabel 5G," *Media Bina Ilmiah*, vol. 18, no. 8, pp. 2163–2176, 2024, doi: 10.33758/mbi.v18i8.745.
- [4] T. Trikolos, A. Sungkowo, R. R. Al Hakim, and A. Jaenul, "Kelebihan, Kekurangan, Peluang Teknologi 5G di Indonesia," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 43–49, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i1.145.
- [5] N. Haidar Hari, F. P. Eka Putra, U. Hasanah, S. R. Sutarsih, and Riyan, "Transformasi Jaringan Telekomunikasi dengan Teknologi 5G: Tantangan, Potensi, dan Implikasi," *Jurnal Informasi dan Teknologi*, pp. 146–150, 2023, doi: 10.37034/jidt.v5i2.357.

- [6] M. A. Lestari, A. M. Ramli, and T. S. Ramli, "Telaah Yuridis Penyelenggaraan Teknologi 5G Di Indonesia: Langkah Transformasi Menuju Era Society 5.0," *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 129–137, 2022, doi: 10.53866/jimi.v2i1.49.
- [7] Muhamad Rizky, Selpi Amanda Fadillah, Juniwan Juniwan, Muhamad Yusuf Habibi, and Didik Aribowo, "Perkembangan Teknologi Jaringan 5G di Indonesia," *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 2, no. 3, pp. 58–68, 2024, doi: 10.61132/jupiter.v2i3.279.
- [8] L. Capacci, F. Biondini, and D. M. Frangopol, "Resilience of aging structures and infrastructure systems with emphasis on seismic resilience of bridges and road networks: Review," *Resilient Cities and Structures*, vol. 1, no. 2, pp. 23–41, 2022, doi: 10.1016/j.rcns.2022.05.001.
- [9] S. F. Ahmed *et al.*, "Toward a Secure 5G-Enabled Internet of Things: A Survey on Requirements, Privacy, Security, Challenges, and Opportunities," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 13125–13145, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3352508.
- [10] M. M. Azari *et al.*, "Evolution of Non-Terrestrial Networks from 5G to 6G: A Survey," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 24, no. 4, pp. 2633–2672, 2022, doi: 10.1109/COMST.2022.3199901.
- [11] B. Mulyono, A. Rachman, N. Rahayu, H. Eldo, and ..., "Analisis Dampak Implementasi Teknologi 5G terhadap Infrastruktur Jaringan di Indonesia," *Jurnal Minfo ...*, 2024,
- [12] D. Andalisto, Y. Saragih, and I. Ibrahim, "Analisis Kualitatif Teknologi 5G Pengganti 4G Di Indonesia," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 01–09, 2022, doi: 10.21831/jee.v6i1.47021.
- [13] F. P. E. Putra, D. A. M. Putra, A. Firdaus, and A. Hamzah, "Analisis Kecepatan Dan Kinerja Jaringan 5G (generasi ke 5) Pada Wilayah Perkotaan," *INFORMATICS FOR EDUCATORS AND PROFESSIONAL: Journal of Informatics*, vol. 8, no. 1, p. 47, 2023, doi: 10.51211/itbi.v8i1.2439.
- [14] B. Tezergil and E. Onur, "Wireless Backhaul in 5G and Beyond: Issues, Challenges and Opportunities," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 24, no. 4, pp. 2579–2632, 2022, doi: 10.1109/COMST.2022.3203578.
- [15] N. Febriyani, *Keamanan Sistem Informasi Jaringan 5G Di Indonesia Masa Kini Dan Masa Depan*, no. April. researchgate.net, 2023.
- [16] F. Prasetyo, E. Putra, M. Riski, M. S. Yahya, and M. H. Ramadhan, "Mengenal Teknologi Jaringan Nirkabel Terbaru Teknologi 5G," *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, vol. 5, no. 2, pp. 167–174, 2023,
- [17] R. Dangi, P. Lalwani, G. Choudhary, I. You, and G. Pau, "Study and investigation on 5g technology: A systematic review," *Sensors*, vol. 22, no. 1, 2022, doi: 10.3390/s22010026.
- [18] W. H. W. Hassan, D. M. Ali, J. M. Sultan, and M. Kassim, "A review of wireless body area networks," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 33, no. 1, pp. 167–178, 2024, doi: 10.11591/ijeecs.v33.i1.pp167-178.
- [19] Q. V. Khanh, N. V. Hoai, L. D. Manh, A. N. Le, and G. Jeon, "Wireless Communication Technologies for IoT in 5G: Vision, Applications, and Challenges," *Wirel Commun Mob Comput*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/3229294.
- [20] K. Gulati, R. S. Kumar Boddu, D. Kapila, S. L. Bangare, N. Chandhani, and G. Saravanan, "A review paper on wireless sensor network techniques in Internet of Things (IoT)," *Mater Today Proc*, vol. 51, pp. 161–165, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.067.
- [21] E. U. Ogbodo, A. M. Abu-Mahfouz, and A. M. Kurien, "A Survey on 5G and LPWAN-

- IoT for Improved Smart Cities and Remote Area Applications: From the Aspect of Architecture and Security,” *Sensors*, vol. 22, no. 16, 2022, doi: 10.3390/s22166313.
- [22] L. I. Yang *et al.*, “Real-World Wireless Network Modeling and Optimization: From Model/Data-Driven Perspective,” *Chinese Journal of Electronics*, vol. 31, no. 6, pp. 991–1012, 2022, doi: 10.1049/cje.2022.00.191.
- [23] J. A. Zhang *et al.*, “Enabling Joint Communication and Radar Sensing in Mobile Networks - A Survey,” *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 24, no. 1, pp. 306–345, 2022, doi: 10.1109/COMST.2021.3122519.
- [24] D. R. Ganesh *et al.*, “Energy-Efficient Resource Allocation and Relay-Selection for Wireless Sensor Networks,” *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, vol. 12, no. 5s, pp. 113–121, 2024.
- [25] H. Sharma and R. K. Jha, “VLC Enabled Hybrid Wireless Network for B5G/6G Communications,” *Wirel Pers Commun*, vol. 124, no. 2, pp. 1741–1771, 2022, doi: 10.1007/s11277-021-09429-5.
- [26] R. Anggraeni and A. Purwanto, “Perbandingan Performa Jaringan 5G dan 4G di Indonesia,” *Jurnal Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 2023.
- [27] S. Daousis, N. Peladarinos, V. Cheimaras, P. Papageorgas, D. D. Piromalis, and R. A. Munteanu, “Overview of Protocols and Standards for Wireless Sensor Networks in Critical Infrastructures,” *Future Internet*, vol. 16, no. 1, 2024, doi: 10.3390/fi16010033.
- [28] B. Isyaku, K. bin Abu Bakar, N. M. Yusuf, M. Abaker, A. Abdelmaboud, and W. Nagmeldin, “Software defined wireless sensor load balancing routing for internet of things applications: Review of approaches,” *Heliyon*, vol. 10, no. 9, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29965.
- [29] M. A. Jamshed, K. Ali, Q. H. Abbasi, M. A. Imran, and M. Ur-Rehman, “Challenges, Applications, and Future of Wireless Sensors in Internet of Things: A Review,” *IEEE Sens J*, vol. 22, no. 6, pp. 5482–5494, 2022, doi: 10.1109/JSEN.2022.3148128.
- [30] S. Safiuddin and F. P. E. Putra, “Strategi Efisiensi Wireless Sensor Network (WSN),” *INFORMATICS FOR EDUCATORS AND PROFESSIONAL : Journal of Informatics*, vol. 8, no. 1, p. 52, 2023, doi: 10.51211/itbi.v8i1.2441.
- [31] J. Sang *et al.*, “Coverage Enhancement by Deploying RIS in 5G Commercial Mobile Networks: Field Trials,” *IEEE Wirel Commun*, vol. 31, no. 1, pp. 172–180, 2024, doi: 10.1109/MWC.011.2200356.
- [32] L. Friawan, N. Bahuri, and D. Hambali, “Analisis Kualitatif Tentang Persepsi Masyarakat Terhadap Penerapan Teknologi 5G di Indonesia,” *ALPHA: Journal of Science and Technology*, 2025.
- [33] M. Attaran, “The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization,” *J Ambient Intell Humaniz Comput*, vol. 14, no. 5, pp. 5977–5993, 2023, doi: 10.1007/s12652-020-02521-x.
- [34] J. Teknologi *et al.*, “Tinjauan Literatur : Peran Teknologi Digital dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran di Sekolah Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran (JTPP),” *Jurnal Teknologi Pendidikan Dan ...*, vol. 01, no. 04, pp. 681–687, 2024.
- [35] F. P. E. Putra, I. N. S. Degeng, S. Ulfa, and W. Kamdi, “The Evolution of Quality Education: Impacts and Challenges of Using Open Educational Resources (OER) and Open Educational Practices (OEP) in the Conceive - Design - Implement - Operate (CDIO) Framework,” *TEM Journal*, vol. 13, no. 1, pp. 386–395, 2024, doi: 10.18421/TEM131-40.
- [36] M. Majid *et al.*, “Applications of Wireless Sensor Networks and Internet of Things

- Frameworks in the Industry Revolution 4.0: A Systematic Literature Review,” *Sensors*, vol. 22, no. 6, 2022, doi: 10.3390/s22062087.
- [37] G. Bangsawan, “Kebijakan Akselerasi Transformasi Digital di Indonesia: Peluang dan Tantangan untuk Pengembangan Ekonomi Kreatif,” *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, vol. 2, no. 1, pp. 27–40, 2023, doi: 10.21787/jskp.2.2023.27-40.
- [38] N. Ramadhani and T. Sutabri, “Analisis Jaringan 5G Terhadap E-Commerce di Indonesia,” *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 6 SE-Articles, pp. 79–83, 2024,
- [39] Mochamad Sirodjudin and Sudarmiatin Sudarmiatin, “Implementasi Digital Marketing Oleh UMKM Di Indonesia: A Scoping Review,” *Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Manajemen*, vol. 2, no. 2, pp. 20–35, 2023, doi: 10.58192/ebismen.v2i2.783.
- [40] A. ISKANDAR, *Analisa Tekno Ekonomi Terhadap Kebutuhan Regulasi Untuk Bisnis Model 5G Di Indonesia*. repository.mercubuana.ac.id, 2022.
- [41] Y. Fatmawati and A. Firdonsyah, “Penerapan kebijakan data privacy di era teknologi 5G di Indonesia,” *Pencerah Publik*, vol. 11, no. 1, 2024,
- [42] M. Faris, M. N. Mahmud, M. F. M. Salleh, and A. Alnoor, “Wireless sensor network security: A recent review based on state-of-the-art works,” *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 15, 2023, doi: 10.1177/18479790231157220.
- [43] F. P. E. Putra, S. A. A. Sugi, K. Mufidah, and Y. R. Febriani, “Analysis of Cyber Attacks on Network Security,” *Jurnal Informasi dan ...*, 2024.
- [44] Ö. Aslan, S. S. Aktuğ, M. Ozkan-Okay, A. A. Yilmaz, and E. Akin, “A Comprehensive Review of Cyber Security Vulnerabilities, Threats, Attacks, and Solutions,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 12, no. 6, 2023, doi: 10.3390/electronics12061333.
- [45] W. Xu, Z. Yang, D. W. K. Ng, M. Levorato, Y. C. Eldar, and M. Debbah, “Edge Learning for B5G Networks With Distributed Signal Processing: Semantic Communication, Edge Computing, and Wireless Sensing,” *IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing*, vol. 17, no. 1, pp. 9–39, 2023, doi: 10.1109/JSTSP.2023.3239189.
- [46] X. Wang *et al.*, “Wireless Powered Mobile Edge Computing Networks: A Survey,” *ACM Comput Surv*, vol. 55, no. 13s, 2023, doi: 10.1145/3579992.
- [47] S. Zeb *et al.*, “Towards defining industry 5.0 vision with intelligent and softwarized wireless network architectures and services: A survey,” *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 223, 2024, doi: 10.1016/j.jnca.2023.103796.
- [48] R. P. Ardinata, H. K. Rahmat, F. S. Andres, and W. Waryono, “Kepemimpinan Transformasional Sebagai Solusi Pengembangan Konsep Smart City Menuju Era Society 5.0: Sebuah Kajian Literatur [Transformational Leadership As a Solution for the Development of the Smart City Concept in the Society Era: a Literature Review],” *Al-Ihtiram: Multidisciplinary Journal of Counseling and Social Research*, vol. 1, no. 1, pp. 33–44, 2022, doi: 10.59027/alihtiram.v1i1.206.
- [49] S. M. S. Bukhari *et al.*, “Secure and privacy-preserving intrusion detection in wireless sensor networks: Federated learning with SCNN-Bi-LSTM for enhanced reliability,” *Ad Hoc Networks*, vol. 155, 2024, doi: 10.1016/j.adhoc.2024.103407.
- [50] Y. Liu, J. Yan, and X. Zhao, “Deep Reinforcement Learning Based Latency Minimization for Mobile Edge Computing With Virtualization in Maritime UAV Communication Network,” *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 71, no. 4, pp. 4225–4236, 2022, doi: 10.1109/TVT.2022.3141799.