

Analisis Peluang dan Tantangan Pengembangan Teknologi 5G untuk Masa Depan di Indonesia

Aldiyudha Pratama¹, Ade Wijaya², Permana Djati Asmara³, Emi Sita Eriana⁴

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Sistem Informasi, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia
Email: [1aldiyudha0905@gmail.com](mailto:aldiyudha0905@gmail.com), [2ade.putrajaya16@gmail.com](mailto:ade.putrajaya16@gmail.com), [3djatiasmara09@gmail.com](mailto:djatiasmara09@gmail.com)

Abstrak—Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis implementasi teknologi 5G di Indonesia secara menyeluruh, menggunakan metode studi literatur sistematis dari 25 artikel jurnal ilmiah yang diterbitkan antara 2017 dan 2025. Hasil sintesis menunjukkan bahwa 5G melampaui 4G dalam hal koneksi dan latensi rendah. Selain itu, ia berfungsi sebagai katalisator utama untuk pertumbuhan ekonomi digital, transformasi Industri 4.0, dan inisiatif Smart City. Namun, implementasi teknologi ini menghadapi sejumlah masalah infrastruktur. Perbaikan backhaul dan peningkatan densifikasi BTS adalah salah satunya. Selain itu, ada masalah strategis dengan cara mengatur spektrum 700 MHz untuk pemerataan akses. Selain itu, masalah non-teknis seperti peningkatan biaya investasi dan kebutuhan untuk meningkatkan regulasi privasi data menjadi sangat penting. Diputuskan bahwa keberhasilan 5G di Indonesia akan bergantung pada kebijakan pemerintah yang mendukung pemerataan infrastruktur dengan investasi operator yang besar dan kerangka hukum yang fleksibel untuk memastikan keamanan dan inklusi digital.

Kata Kunci: teknologi 5G, infrastruktur telekomunikasi, spektrum frekuensi, smart city, regulasi data, Indonesia.

Abstract—The purpose of this study is to comprehensively analyze the implementation of 5G technology in Indonesia, using a systematic literature review method from 25 scientific journal articles published between 2017 and 2025. The synthesis results show that 5G surpasses 4G in terms of connectivity and low latency. In addition, it serves as a major catalyst for digital economic growth, Industry 4.0 transformation, and Smart City initiatives. However, the implementation of this technology faces several infrastructure issues. Backhaul improvements and increased BTS densification are among them. Furthermore, there are strategic issues with how to regulate the 700 MHz spectrum for equitable access. Furthermore, non-technical issues such as increasing investment costs and the need for enhanced data privacy regulations are crucial. It is concluded that the success of 5G in Indonesia will depend on government policies that support equitable infrastructure distribution with substantial operator investment and a flexible legal framework to ensure security and digital inclusion. **Keywords:** 5G Technology, Telecommunication Infrastructure, Frequency Spectrum, Smart City, Data Regulation, Indonesia.

Keywords: 5G technology, telecommunication infrastructure, frequency spectrum, smart city, data regulation, Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Banyak wilayah di Indonesia, teknologi telekomunikasi nirkabel telah berkembang pesat. Transisi dari 4G ke 5G, merupakan perubahan besar di Indonesia. Tiga pilar utama arsitektur 5G yang baru adalah Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC), Massive Machine Type Communications (mMTC), dan Enhanced Mobile Broadband (eMBB) [1, 4].

Dibandingkan dengan generasi sebelumnya yang hanya berfokus pada perluasan kapasitas broadband, ini merupakan sebuah perubahan. Analisis teknis mengungkapkan bahwa modifikasi ini melampaui sekadar mempercepat transfer data. Komunikasi waktu nyata dengan latensi yang sangat rendah dimungkinkan oleh perkembangan teknologi ini, sesuatu yang tidak dapat dicapai oleh jaringan 4G [10]. Menurut para peneliti, implementasi teknologi ini akan membutuhkan perencanaan yang ekstensif, seperti standarisasi perangkat dan pembentukan ekosistem digital nasional [3, 20].

5G juga membantu pendidikan dan UKM karena memungkinkan pemasaran digital yang lebih interaktif dan metode pembelajaran jarak jauh berbasis teknologi seperti Augmented Reality (AR) [15, 23]. Akibatnya, munculnya 5G dianggap sebagai pendorong utama transformasi digital di berbagai aspek kehidupan masyarakat Indonesia [6]. Meskipun 5G memiliki banyak manfaat, ternyata penerapan di Indonesia menghadapi banyak tantangan, terutama terkait dengan kesiapan infrastruktur dan letak geografis kepulauan negara [2].

Menurut analisis SWOT, biaya investasi infrastruktur yang tinggi dan jangkauan sinyal yang terbatas tetap menjadi kendala utama. Operator telekomunikasi harus meningkatkan jaringan backhaul serat optik dan meningkatkan densifikasi menara BTS karena karakteristik gelombang 5G yang lebih pendek [7, 8]. Dibutuhkannya strategi yang memastikan bahwa teknologi canggih ini tersedia untuk semua orang di kota besar atau pulau Jawa untuk menyelesaikan masalah kesenjangan digital di antara wilayah. Dalam tulisan ini, situasi saat ini, dampak sektoral, dan masalah teknis dan hukum yang terkait dengan penerapan teknologi 5G di Indonesia dibahas secara menyeluruh [5, 17].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Pertanyaan penelitian tentang implementasi teknologi 5G di Indonesia dijawab melalui analisis data bukti penelitian yang tersedia. Metode ini menggabungkan beberapa data dari berbagai sumber untuk mempelajari pemahaman yang lebih rinci tentang komponen teknis, masalah hukum, dan peluang ekonomi.

2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Kemajuan dan Konfigurasi Teknologi 5G

Teknologi Generasi Kelima (5G) membawa perubahan besar dalam telekomunikasi nirkabel. Ini berbeda dari generasi sebelumnya (4G/LTE). 5G bukan hanya peningkatan bandwidth, tetapi juga adanya sebuah ekosistem baru yang didukung oleh tiga pilar layanan penting: eMBB untuk kecepatan data yang lebih tinggi, URLLC untuk komunikasi dengan penundaan minimal, dan mMTC untuk koneksi IoT dalam skala besar [1, 4].

Penelitian perbandingan menunjukkan bahwa sistem 5G bertujuan untuk mengatasi keterbatasan 4G, terutama saling terhubung dengan latensi dan kepadatan koneksi [10]. Aplikasi real-time dan otomatisasi bisnis sangat dibutuhkan. Bahkan, standar teknologi yang diperlukan untuk mendukung peralihan teknologi ini telah ditetapkan melalui analisis teoretis awal sejak 2017 [20]. Selain itu, studi fisik tentang sifat gelombang elektromagnetik pada frekuensi 5G juga dilakukan untuk memastikan transmisi sinyal yang aman dan mematuhi peraturan lingkungan Indonesia [16].

2.2.2 Tata Kelola Spektrum dan Sarana Komunikasi

Adopsi 5G membutuhkan perubahan yang besar pada prasarana fisik. Karena implementasi 5G ini akan berdampak besar pada jaringan yang sudah ada, operator diminta untuk meningkatkan kapasitas jaringan backhaul yang didasarkan pada serat optik dan meningkatkan jumlah Base Transceiver Station (BTS) [7, 8]. Masalah infrastruktur ini terkait erat dengan komponen penyebaran gelombang 5G, terutama yang berkaitan dengan frekuensi tinggi yang dapat terhalang oleh struktur fisik di beberapa wilayah perkotaan yang padat [18, 21].

Strategi pengelolaan spektrum frekuensi juga tidak kalah penting untuk keberhasilan pemerataan layanan. Hasil dari studi perencanaan jaringan (RF), penggunaan frekuensi 2300 MHz (Mid Band) dapat menyeimbangkan cakupan dan kapasitas di wilayah perkotaan seperti Banjarmasin. Selain itu, penggunaan frekuensi Low Band 700 MHz pasca Analog Switch Off (ASO) dianggap sebagai pilihan strategis yang efektif untuk menjangkau daerah di pedesaan [9]. 5G dapat meningkatkan throughput dibandingkan jaringan sebelumnya, tetapi pengujian empiris di lapangan menunjukkan bahwa kinerjanya sangat tergantung pada lingkungan dan interferensi sinyal [13].

2.2.3 Pemanfaatan Sektoral Industri, Ekonomi, dan Pelayanan Publik

Jurnal di bawah ini membahas dampak 5G terhadap berbagai sektor penting di Indonesia secara menyeluruh:

- a. Industri dan Internet of Things Industri ini berpeluang tumbuh seiring dengan teknologi 5G. Sistem produksi otomatis dan kontrol jarak jauh yang tepat dapat menggunakan kemampuan latensi rendah [12, 25].
- b. Ekonomi Digital dan Bisnis 5G mendorong transformasi model bisnis, termasuk pemasaran digital dan komputasi awan, karena kecepatan jaringannya. 5G juga menyediakan fitur

Augmented Reality (AR) dan transaksi instan untuk meningkatkan pengalaman berbelanja. Secara keseluruhan, hal ini mendorong berkembangnya ekonomi digital [23, 24, 6].

- c. Kota Pintar dan Pendidikan Sebuah penelitian di Pekanbaru menunjukkan bahwa 5G dapat membantu infrastruktur kota pintar dalam manajemen kota yang lebih cerdas. Dukungan inovasi dari 5G untuk pembelajaran berbasis teknologi dan akses pendidikan jarak jauh yang lebih stabil [11, 15].

2.2.4 Tata Kelola Spektrum dan Sarana Komunikasi

Jaringan 5G juga memiliki banyak manfaat, namun adopsi di Indonesia menghadapi banyak masalah. Menurut analisis Kekuatan, Kelemahan, dan Peluang (SWOT), ada dua kendala utama, yaitu biaya investasi infrastruktur yang tinggi dan masalah geografis negara kepulauan. Keserangan digital akan terjadi jika ini terjadi. Mengakibatkan strategi khusus diperlukan untuk mencapai wilayah yang sulit terlayani kabel, seperti menggunakan teknologi nirkabel dan jaringan seluler [2, 5, 17].

Selain masalah teknis, perubahan ini menimbulkan masalah peraturan dan keamanan. Kebijakan pemerintah dan model bisnis operator harus diubah untuk beradaptasi dengan perubahan di dunia telekomunikasi [19]. Privasi data merupakan salah satu masalah yang paling krusial. Penelitian menunjukkan bahwa peraturan hukum dan kebijakan Indonesia harus diperkuat untuk melindungi data pengguna. Dapat ditakutkan meningkatnya penyalahgunaan data pribadi semakin meningkat di jaringan 5G [22].

2.3 Sumber dan Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari dua puluh lima artikel jurnal ilmiah nasional dan internasional. Artikel yang dipilih dipublikasikan dari 2023 hingga 2025, dengan sebagian besar literatur dipublikasikan dari 2023 hingga 2025. Interval waktu ini digunakan untuk mencantumkan kemajuan terbaru dalam teknologi 5G dari tahap perencanaan awal hingga tahap evaluasi pasca-implementasi dan analisis dampak [1, 13].

Kriteria yang digunakan untuk memilih literatur ini adalah sebagai berikut:

- a. Artikel yang membahas teknologi 5G secara khusus dalam konteks hukum dan geografis Indonesia
- b. Artikel yang mengkaji elemen teknis (infrastruktur, spektrum frekuensi, dan kinerja jaringan)
- c. Artikel yang menganalisis dampak penerapan 5G terhadap sektor industri, ekonomi, pendidikan, dan Smart City.

2.4 Klasifikasi Literatur

Analisis dalam tulisan ini diperkaya oleh berbagai macam metodologi penelitian sumber yang dikumpulkan. Studi eksperimen dan simulasi mencakup studi yang menggunakan simulasi perangkat lunak untuk perencanaan jaringan (RF Planning) dan analisis frekuensi, seperti studi kasus Banjarmasin dan analisis gelombang elektromagnetik [14, 16]. Studi empiris dan pengukuran lapangan mencakup studi yang melakukan drive test atau pengukuran lapangan [18, 12]. Analisis SWOT dan analisis deskriptif kualitatif mencakup penelitian literatur tentang peluang, tantangan, kesiapan ekosistem, dan analisis kebijakan dan regulasi [2, 5, 22].

2.5 Teknik dan Analisa Data

Analisis data dilakukan melalui tahapan analisis isi. Dimulai dengan mereduksi data, upaya ini mengumpulkan informasi penting dari setiap jurnal dan membaginya menjadi kelompok berdasarkan tema utama:

- a. Analisis meningkatkan perangkat keras (hardware upgrade) dan manajemen spektrum frekuensi melibatkan evaluasi perbedaan antara kapasitas infrastruktur TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) saat ini dan kebutuhan untuk mengadopsi teknologi generasi, khususnya dalam hal spektrum frekuensi yang terbatas dan penting. Fokus analisis ini adalah apakah backhaul, perangkat akses, dan sistem pendukung (seperti daya dan pendingin) sudah memadai. Selain itu, bagaimana reorganisasi dan optimalisasi spektrum frekuensi yang ada dapat dilakukan, seringkali menggunakan teknologi seperti Pembagian spektrum dinamis (DSS) [7, 9, 21].

- b. Berbagai pihak dapat merasakan dampak sektoral dari konvergensi teknologi dan kebijakan yang mendukung. Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) mendapatkan keuntungan besar dari adopsi digital, akses pasar yang lebih luas, dan peningkatan daya saing melalui platform e-commerce dan keuangan digital. Selain itu, industri 4.0 mengubah industri manufaktur dan jasa dengan menggabungkan sistem siber-fisik, Internet of Things (IoT), dan kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan produktivitas, mengoptimalkan pasokan rantai, dan memudahkan produksi yang sangat kustomisasi [6, 15, 25].

Masalah keamanan data dan privasi adalah masalah utama di era digital, yang memerlukan pengurangan melalui enkripsi, autentikasi multi-faktor, dan kepatuhan ketat terhadap regulasi data untuk melindungi data sensitif dari ancaman siber. Sementara itu, untuk menyelesaikan masalah pemerataan akses digital, infrastruktur jaringan harus mencakup wilayah terpencil, biaya layanan internet dikurangi, dan semua orang harus diberikan perangkat dengan harga terjangkau agar mereka dapat berpartisipasi dalam ekonomi digital. Karena penandatanganan untuk mengatasi hal di atas sinkronisasi digital, yang membedakan siapa yang memiliki akses ke teknologi dan siapa yang tidak. Oleh karena itu, intervensi kebijakan diperlukan untuk memberdayakan kelompok yang kurang terlayani dengan memberikan dukungan teknologi dan pelatihan literasi digital [17, 19].

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan kelompokan tema yang telah ditetapkan dalam metodologi, pembicaraan dibagi menjadi tiga bagian utama: kesiapan infrastruktur teknis, peluang dan dampak sektoral, dan tantangan strategis dan hukum.

3.1 Kesiapan Infrastruktur Teknis dan Tantangan Implementasi Jaringan

Transisi ke teknologi 5G di Indonesia membutuhkan perombakan struktural yang mendalam pada infrastruktur jaringan, serta sebuah pembaruan perangkat lunak. Pengembangan backbone berkapasitas tinggi dan pengelolaan spektrum frekuensi yang efisien untuk mengakomodasi kecepatan dan kapasitas 5G yang tinggi adalah dua pilar utama yang harus ditangani. Untuk mencapai potensi penuh 5G di Indonesia, backbone ini harus mampu mengangkut data volume besar yang dihasilkan oleh jaringan 5G, yang seringkali memerlukan perluasan dan modernisasi jaringan serat optik nasional. Oleh karena itu, penting juga untuk melakukan investasi besar dalam infrastruktur fisik dan menerapkan regulasi spektrum yang ketat [7, 8].

A. Operator harus meningkatkan densifikasi Base Transceiver Station (BTS)

Terutama di wilayah kota yang padat karena backhaul dan densifikasi BTS 5G lebih pendek daripada 4G, terutama pada pita frekuensi menengah (mid-band) hingga tinggi (mmWave). Seiring dengan meningkatnya jumlah BTS ini, kebutuhan akan jaringan backhaul yang andal meningkat. Jaringan backhaul yang andal sebagian besar juga membutuhkan jaringan serat optik berkepala besar [7]. Kualitas sinyal dan kinerja juga disebut sebagai sangat rentan terhadap fading dan atenuasi yang disebabkan oleh lingkungan fisik, seperti gedung tinggi. Namun, 5G secara teoritis dapat diharapkan akan memiliki throughput yang tinggi. Studi yang dilakukan di daerah perkotaan menunjukkan hal ini [18].

B. Optimalisasi spektrum frekuensi dan alokasi spektrum

a. Mid-Band (2.3 GHz)

Menggunakan efek ini karena menawarkan keseimbangan antara jangkauan dan kapasitas, dan ini sering digunakan saat 5G dirilis perdana di Indonesia. Perencanaan jaringan, seperti yang diperlihatkan di Kota Banjarmasin, menunjukkan bahwa perencanaan RF yang matang sangat penting untuk frekuensi ini untuk memberikan coverage yang terbaik [14].

b. Low-Band (700 MHz)

Hasil dari temuan ini sangat penting untuk memastikan bahwa akses yang sama di luar Jawa dan di pedesaan sama. Studi menunjukkan bahwa penggunaan digital dividend ASO (700 MHz) dapat menjadi cara ekonomis untuk meningkatkan jangkauan 5G di seluruh cakupan nasional [9].

c. Analisis Kinerja

Secara keseluruhan, perbandingan empiris dan simulasi menunjukkan bahwa 5G secara signifikan dapat menurunkan latensi dan meningkatkan kecepatan (throughput) dibandingkan dengan 4G. Kedua fitur ini juga berpengaruh untuk layanan real-time [10, 13].

3.2 Peluang dan Dampak Transformasi Sektoral 5G

Penggunaan 5G di Indonesia memiliki dampak transformatif yang luas, jauh melampaui penggunaan konsumen sehari-hari.

A. Pendorong Ekonomi Digital dan Industri 4.0

Teknologi 5G akan mendorong pertumbuhan ekonomi digital Indonesia.

a. Manufaktur dan IoT

Industri Internet of Things (IIoT) bergantung pada latensi ultra-rendah 5G karena memberikan kecepatan tanggung jawab yang sangat cepat, yang sangat penting untuk mengendalikan mesin dan peralatan industri secara waktu-nyata. Fitur ini memungkinkan perusahaan untuk menerapkan kendali mesin jarak jauh yang presisi, yang secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional dalam berbagai lingkungan bisnis dan industri [12, 25].

b. E-Commerce dan 5G

5G meningkatkan pengalaman berbelanja online di sektor perdagangan dengan kecepatan tinggi dan latensi rendah, memungkinkan penerapan fitur e-commerce yang lebih canggih seperti tampilan produk Augmented Reality (AR), dan mempermudah untuk migrasi usaha kecil dan menengah (UKM) ke cloud computing, memperkuat daya saing mereka dengan memungkinkan pemasaran digital instan dan responsif terhadap tren pasar [23, 24].

B. Transformasi Pelayanan Publik dan Pendidikan

Dampak 5G juga terasa di sektor non-ekonomi:

a. Smart City

Aplikasi Smart City di Pekanbaru sangat didukung oleh jaringan 5G, terutama dalam hal manajemen lalu lintas cerdas dan peningkatan layanan publik digital. Studi menunjukkan bahwa 5G meningkatkan kecepatan, kapasitas, dan latensi rendah untuk mengoptimalkan sistem lalu lintas berbasis sensor dan real-time, seperti koordinasi lampu lalu lintas adaptif. 5G juga memungkinkan transmisi data yang efektif untuk layanan publik digital yang membutuhkan koneksi cepat dan andal. Pada akhirnya, ini dapat meningkatkan kualitas hidup warga kota melalui efisiensi operasional dan aksesibilitas layanan [11].

b. Pendidikan

Teknologi 5G mengalami perkembangan pesat dalam pembelajaran jarak jauh dengan menawarkan koneksi yang lebih cepat dan stabil, yang secara signifikan meningkatkan pengalaman pembelajaran jarak jauh. Keunggulan 5G terutama dalam mengatasi masalah keterlambatan (latensi) yang menghambat 4G, tetapi juga memungkinkan guru dan siswa untuk mengakses dan berinteraksi secara real-time dengan konten menarik seperti Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) [15].

3.3 Tantangan Strategis, Regulasi, dan Isu Keamanan

Meskipun 5G memiliki banyak manfaat, ada masalah non-teknis yang menghalangi pelaksanaannya, yang memerlukan intervensi kebijakan.

A. Kesenjangan Digital dan Pemerataan Akses

Risiko penyebarluasan kesenjangan digital merupakan salah satu tantangan terbesar. Jika investasi 5G mahal, operator mungkin memprioritaskan wilayah yang padat penduduk dan ekonominya menguntungkan. Strategi pemerataan akses diperlukan untuk mengatasi hal ini. Dalam literatur, penggunaan teknologi Fixed Wireless Access berbasis 5G disarankan untuk memberikan konektivitas broadband yang sama di wilayah yang dapat dijangkau kabel serat optik [2].

B. Isu Keamanan dan Regulasi Data

Jaringan 5G memiliki banyak konektivitas dan kecepatan data yang tinggi, yang meningkatkan kompleksitas masalah keamanan siber. Jurnal menekankan betapa pentingnya

undang-undang yang menjaga keamanan dan privasi data. Terdapat kekhawatiran besar tentang keamanan data pengguna karena jaringan 5G memiliki jenis dan volume data yang lebih besar untuk ditukarkan. Sehingga, untuk menjaga kepercayaan publik dan keamanan nasional di era 5G, adanya kebijakan privasi data yang kuat dan tegas [19,22].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis berbagai penelitian, ada beberapa kesimpulan penting yang dapat diambil dari penerapan teknologi 5G di Indonesia. Implementasi teknologi ini membawa perubahan besar, beralih dari sekadar peningkatan bandwidth menjadi penyedia tiga layanan utama, eMBB, URLLC, dan mMTC. Tiga layanan ini merupakan langkah transformasional penting untuk mendukung visi pertumbuhan ekonomi digital dan integrasi ke dalam Revolusi Industri 4.0.

A. Infrastruktur dan Spektrum Kunci Sukses

Keberhasilan implementasi bergantung pada tiga komponen teknis utama:

- a. Pembaruan Infrastruktur. Densifikasi BTS dan upgrade backhaul serat optik membutuhkan investasi besar karena karakteristik sinyal 5G rentan terhadap hambatan di perkotaan.
- b. Alokasi Spektrum. Strategi multi-layer spektrum, terutama menggunakan frekuensi 700 MHz pasca-ASO, sangat penting untuk memastikan akses yang sama di luar wilayah perkotaan yang padat.
- c. Katalisator sektoral 5G mendorong inovasi di berbagai sektor, seperti industri, Saya mendukung otomatisasi dan efisiensi operasional melalui IoT

B. Tantangan Regulasi dan Pemerataan

Dua kendala utama dalam implementasi adalah biaya investasi yang tinggi dan risiko penyebaran kesenjangan digital. Oleh karena itu, sinergi antara kebijakan pemerintah dan operator sangat penting. Kebijakan yang kuat diperlukan untuk melindungi data pengguna seiring dengan peningkatan volume dan kompleksitas data di jaringan 5G.

Indonesia sedang dalam proses adopsi 5G. Namun, untuk memaksimalkan manfaat teknologi ini secara merata di seluruh wilayah, diperlukan upaya berkelanjutan dan terstruktur dalam hal pemerataan infrastruktur, manajemen spektrum, dan pembentukan kerangka regulasi yang adaptif.

REFERENCES

- Andalisto, D., Saragih, Y., & Ibrahim, I. (2022). Analisis kualitatif teknologi 5G pengganti 4G di Indonesia. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(1), 01–09. <https://doi.org/10.21831/jee.v6i1.47021>
- Andrews, J. G., Buzzi, S., Choi, W., et al. (2014). Tinjauan penerapan spectrum sharing untuk percepatan penggelaran jaringan 5G di Indonesia. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32(6), 1065–1082.
- Aryanta, D., & Maulana, M. I. (2023). Perencanaan implementasi low band 700 MHz pasca ASO untuk seluler 5G di Indonesia. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, dan Teknik Elektronika*, 11(3), 716. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i3.716>
- Baskoro, B. D. (2024). Pemanfaatan jaringan 5G untuk inovasi digital di sektor usaha kecil dan menengah: Tinjauan konseptual. *Labs: Jurnal Bisnis dan Manajemen*, 29(2), 1–9. <https://doi.org/10.57134/dkz0me31>
- Dearniwati, E., Jaenul, A., & Setiawan, A. D. (2025). Analisis dampak teknologi 5G terhadap kecepatan dan performa jaringan komputer. *COMSERVA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 4(10), 3581–3588. <https://doi.org/10.59141/comserva.v4i10.2915>
- Farida, F. (2024). Analisis potensi penerapan teknologi jaringan 5G di area Pekanbaru sebagai upaya menuju smart city. *Media Elektrika*, 17(1), 1. <https://doi.org/10.26714/me.v17i1.14993>
- Fatmawati, Y., & Firdonsyah, A. (2024). The implementation of data privacy policies in the 5G technology era in Indonesia. *Pencerah*, 11, 38–45. <http://journal.umpalangkaraya.ac.id/index.php/pencerah>
- Hari, N. H., Putra, F. P. E., Hasanah, U., Sutarsih, S. R., & Riyani. (2023). Transformasi jaringan telekomunikasi dengan teknologi 5G. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 5(2), 146–150. <https://doi.org/10.37034/jidt.v5i1.357>
- Jamil, M. A., Haetami, A., Mayasari, M., Aina, M., Sukini, S., & Ulimaz, A. (2024). Peran teknologi 5G dalam mendorong inovasi pembelajaran. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 7(1), 1841–1853. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v7i1.25562>

- Lufianawati, D. E. T., & Wicaksana, C. A. (2020). Analisis kesiapan Indonesia dalam menghadapi teknologi 5G. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 9(1), 17. <https://doi.org/10.36055/setrum.v9i1.8191>
- Mulyono, B., Rachman, A., Rahayu, N., Eldo, H., & Nuryanto, U. W. (2024). Analisis dampak implementasi teknologi 5G terhadap infrastruktur jaringan di Indonesia. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 1462–1467. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14103>
- Ningsih, Y. K. (2024). Overview of the implementation of 5G spectrum and services in urban areas. *Teknosains*, 11(1), 91–102.
- No, V., Prasetyo, F., Putra, E., et al. (2025). Pemanfaatan teknologi wireless dan mobile network berbasis 5G untuk pemerataan akses jaringan di Indonesia. *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, 8(2).
- Prasetyo, F., Putra, E., Riski, M., Yahya, M. S., & Ramadhan, M. H. (2023). Mengenal teknologi jaringan nirkabel terbaru teknologi 5G. *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, 5(2), 167–174. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v5i1.233>
- Putra, F. P. E., Putra, D. A. M., Firdaus, A., & Hamzah, A. (2023). Analisis kecepatan dan kinerja jaringan 5G (generasi ke-5) pada wilayah perkotaan. *INFORMATICS: Education Professional Journal of Informatics*, 8(1), 47. <https://doi.org/10.51211/itbi.v8i1.2439>
- Rafif Abyakto, A., Auliani, Q., Baihaqi, N., Rizki, M., & Karlina, D. L. (2024). Analisis gelombang elektromagnetik pada transmisi jaringan 5G di Indonesia. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 3(4), 214–222. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i4.4545>
- Rahmawati, P., Hafiza, L., Nofitry, A., & Melati, S. R. (2025). Analisis dan perancangan jaringan 5G NR pada frekuensi 2300 MHz di Kota Banjarmasin. *Jurnal Penelitian Inovasi*, 5(3), 1995–2008. <https://doi.org/10.54082/jupin.1145>
- Ramadhani, N., Sutabri, T., Bina, U., et al. (2024). Analisis jaringan 5G terhadap e-commerce di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(6), 79–83. <https://jurnal.kolibri.org/index.php/scientica/article/view/1427>
- Sadri, M. (2024). Peluang dan tantangan Indonesia dalam pemanfaatan teknologi telekomunikasi nirkabel 5G. *Media Bina Ilmiah*, 18(1978), 2163–2176. <http://binapatria.id/index.php/MBI/article/view/745>
- Salsabila, S., Ramadhan, I. F., & Julfiati, F. (2025). Analisis performa jaringan 5G dalam lingkungan industri dan bisnis. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(2), 4576–4580. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1273>
- Shafira. (2022). Perkembangan jaringan 5G di Indonesia. *Digitalbisa*, 2(3). <https://digitalbisa.id/artikel/perkembangan-jaringan-5g-di-indonesia-fFSTI>
- Supriatna, E., Qadri, M. Z., Haviana, E., Dani, A., & Alisyahbana, A. N. Q. (2024). Peran teknologi 5G dalam mendorong pertumbuhan ekonomi digital dan transformasi industri. *Jurnal Cendekia Ilmiah*, 3(4), 2120–2128.
- Trikolas, T., Sungkowo, A., Al Hakim, R. R., & Jaenul, A. (2022). Kelebihan, kekurangan, peluang teknologi 5G di Indonesia. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(1), 43–49. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i1.145>
- Wijanto, E. (2017). Analisis kesiapan teknologi dalam penerapan teknologi telekomunikasi generasi kelima (5G). *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, 6(23), 243–255. <https://ejournal.ukrida.ac.id/index.php/JTIK/article/view/1380>