

Potensi Infrastruktur Telekomunikasi Jombang Untuk Implementasi 5G Melalui Simulasi RF *Planning A-Toll*

Maknazul 'Ulum ^{1*}, Aries Boedi Setiawan ², Basitha Febrinda Hidayatulail ³

¹ Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang ; Email : Maknazul17@gmail.com

² Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang ; Email : aries@unmer.ac.id

³ Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang ; Email : basitha@unmer.ac.id

*Penulis Korespondensi : Maknazul 'Ulum

Abstract: The rapid advancement of global telecommunication technology has accelerated the transition toward 5G networks, which offer ultra-high data rates, low latency, and massive connectivity capabilities. Jombang Regency, a rapidly developing area in East Java, is experiencing increasing digital demands in education, public services, and economic sectors; however, commercial 5G service is still unavailable as of 2025. This study aims to analyze the potential of existing telecommunication infrastructure and evaluate Jombang's readiness for 5G deployment through Radio Frequency (RF) Planning simulations using the Atoll platform. A technical-quantitative approach was used by integrating spatial data such as the Digital Elevation Model (DEM), clutter information, administrative boundaries, and demographic data. Simulations were performed using 5G NR band n78 (3.2 GHz) with the 3GPP TR 38.901 suburban–urban propagation model, along with technical parameters such as EIRP, antenna height, shadow fading, and an RSRP threshold of ≥ -90 dBm. Results indicate that 32 sites—12 priority and 20 non-priority—are required to achieve optimal coverage. The simulation further shows that most urban areas meet the required standards for signal strength, SINR quality, and downlink capacity. These findings demonstrate that Jombang Regency holds strong potential for 5G implementation supported by existing BTS distribution, topographic characteristics, and demographic demand. Overall, the study provides a technical foundation for local governments and telecommunication operators in formulating effective digital infrastructure development strategies

Keywords: 5G Network Planning; Atoll Simulation; Telecommunication Infrastructure; Jombang Regency; Network Coverage.

Abstrak: Kemajuan teknologi telekomunikasi global telah mendorong percepatan adopsi jaringan 5G yang menawarkan kecepatan data sangat tinggi, latensi rendah, dan kapasitas konektivitas masif. Kabupaten Jombang sebagai wilayah berkembang di Jawa Timur menunjukkan peningkatan kebutuhan digital pada sektor pendidikan, layanan publik, dan ekonomi, namun hingga tahun 2025 belum terlayani jaringan 5G komersial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi infrastruktur telekomunikasi eksisting serta mengevaluasi kesiapan wilayah Jombang menuju implementasi 5G melalui simulasi Radio Frequency (RF) Planning menggunakan perangkat lunak Atoll. Pendekatan teknis-kuantitatif dilakukan dengan memanfaatkan data spasial berupa Digital Elevation Model (DEM), clutter, batas administrasi, serta data demografi. Simulasi menggunakan teknologi 5G NR band n78 (3,2 GHz) dengan model propagasi 3GPP TR 38.901 untuk kondisi suburban–urban, serta konfigurasi parameter teknis seperti EIRP, tinggi antena, shadow fading, dan ambang batas RSRP ≥ -90 dBm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dibutuhkan total 32 site, terdiri dari 12 site prioritas dan 20 non-prioritas, untuk mencapai cakupan optimal. Simulasi memperlihatkan bahwa sebagian besar kawasan perkotaan telah memenuhi standar kekuatan sinyal, kualitas SINR, dan kapasitas downlink. Temuan ini mengindikasikan bahwa Kabupaten Jombang memiliki potensi kuat untuk penerapan 5G yang didukung sebaran BTS eksisting, karakter topografi, serta kebutuhan demografis. Secara keseluruhan, hasil penelitian menjadi dasar teknis bagi pemerintah daerah dan operator telekomunikasi dalam merumuskan strategi pengembangan infrastruktur digital yang lebih efektif.

Diterima: Oktober 20, 2025
Direvisi: Oktober 28, 2025
Diterima: Oktober 29, 2025
Diterbitkan: November 24, 2025
Versi sekarang: Januari 1, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Kata kunci: Perencanaan Jaringan 5G; Simulasi Atoll; Infrastruktur Telekomunikasi; Kabupaten Jombang; Cakupan Jaringan.

1. Pendahuluan

Kabupaten Jombang merupakan wilayah strategis di Jawa Timur dengan pertumbuhan aktivitas pendidikan, ekonomi kreatif, perdagangan, dan layanan publik yang semakin tinggi, serta intensitas kunjungan pejabat pemerintah pusat. Meskipun kebutuhan digital masyarakat meningkat, hingga tahun 2025 jaringan 5G komersial belum tersedia di wilayah kab jombang.[1]

Dalam penelitian terdahulu telah membahas perencanaan jaringan 5G menggunakan pendekatan Radio Frequency (RF) Planning dan perangkat lunak Atoll, antara lain studi oleh Reza (2024) di Pelabuhan Tanjung Perak, Tiffani (2022) di Kota Semarang, serta Kirang (2023) di kawasan industri Jababeka. Penelitian tersebut menekankan pentingnya perhitungan link budget, parameter SS-RSRP dan SS-SINR, pemetaan cakupan, serta pertimbangan topografi.[2]

Metode RF Planning berbasis perangkat lunak Atoll memberikan kemampuan untuk memodelkan distribusi sinyal, kapasitas kanal, prediksi cakupan, serta kebutuhan penempatan site secara realistis berdasarkan kondisi geografis dan kepadatan penduduk. [3]Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menganalisis potensi infrastruktur telekomunikasi yang ada di Kabupaten Jombang serta mensimulasikan perencanaan jaringan 5G menggunakan Atoll.

2. Tinjauan Literatur

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif teknis (technical quantitative modelling) yang berfokus pada pemodelan dan simulasi perencanaan jaringan 5G menggunakan perangkat lunak Atoll. Pendekatan ini dipilih karena perencanaan jaringan seluler membutuhkan pemodelan propagasi, serta analisis performa jaringan yang berbasis parameter teknis

1.1 Jenis Penelitian

Penelitian termasuk dalam kategori engineering research, yaitu penelitian rekayasa yang bertujuan menghasilkan model teknis berupa prediksi cakupan sinyal, kualitas jaringan, serta estimasi kebutuhan jumlah site untuk implementasi jaringan 5G NR band n78.[5] Penelitian ini menggunakan metode simulasi Radio Frequency (RF) Planning berbasis model propagasi 3GPP TR 38.901

1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Jombang, Jawa Timur dengan fokus pada empat kecamatan utama yang memiliki aktivitas ekonomi dan kepadatan penduduk tertinggi serta intensitas kunjungan pejabat pemerintahan pusat ke wilayah tersebut antara lain Kecamatan Jombang, Kecamatan Diwek, Kecamatan Peterongan dan Kecamatan Tembelang Keempat kecamatan tersebut dipilih karena mewakili area prioritas layanan digital dan berpotensi menjadi pusat deployment awal jaringan 5G.[6]

1.3 Subjek dan Objek Penelitian

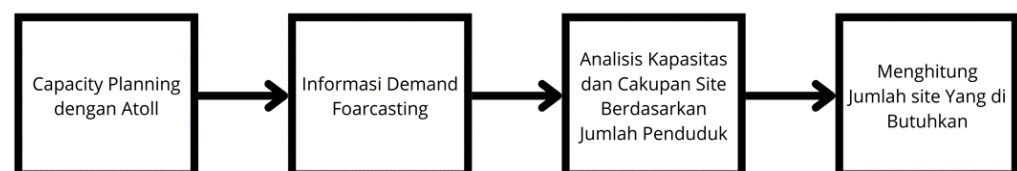
- Subjek penelitian: infrastruktur telekomunikasi eksisting yang mencakup persebaran BTS operator seluler, data kependudukan, dan karakteristik wilayah.[7]

- Objek penelitian antara lain Prediksi cakupan sinyal 5G NR (RSRP), Kualitas sinyal (SINR), Estimasi jumlah site 5G dan Model propagasi dan radio link budget. serta Objek teknis yang dimodelkan mengacu pada standar NR Frequency Range 1 (FR1) dengan band n78 (3.2 GHz)[8]

3. Metode

Metode yang digunakan meliputi:

- Perangkat lunak Atoll RF Planning sebagai alat utama untuk simulasi jaringan
- Dataset yang digunakan antara lain Digital Elevation Model (DEM), Data clutter/land-use, Batas administrasi wilayah, Persebaran BTS eksisting dan Data demografi serta kepadatan penduduk
- Parameter teknis 5G NR berdasarkan spesifikasi 3GPP antara lain EIRP, Antenna height, Shadow fading, Pathloss model dan Link budget threshold RSRP ≥ -90 dBm



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Gambar 1 menunjukkan bahwa penelitian ini diawali dengan proses perencanaan kapasitas (capacity planning) menggunakan perangkat lunak Atoll untuk merancang kebutuhan jaringan serta menentukan jumlah site.[9] setelah itu dilanjutkan dengan pengumpulan informasi demand forecasting, yaitu perkiraan kebutuhan layanan berdasarkan kecenderungan populasi dan tingkat pertumbuhan pengguna di wilayah penelitian.[6] Setelah itu dilakukan analisis kapasitas dan cakupan site dengan mempertimbangkan jumlah penduduk pada area kajian. Tahap akhir berupa perhitungan jumlah site yang dibutuhkan, yang memberikan gambaran kebutuhan penambahan site baru.

Tabel 1. Link Budget

Parameter	Nilai
TX power (per carrier)	46.00 dBm
Antenna gain (per panel)	17.62 dBi
TX cable/feeder loss (total)	0.50 dB
EIRP	63.12 dBm
Reception gain (TMA/LNA)	18.00 dB
UE body loss	3.00 dB
Pathloss allowed (RSRP ≥ -90 dBm)	168.12 dB
Thermal noise (50 MHz)	-97.01 dBm
Rx Noise Figure + impl loss	9.00 dB
Noise floor at UE	-88.01 dBm

Tabel 1 menyajikan sejumlah parameter teknis yang digunakan dalam perhitungan link budget sebagai dasar perencanaan jaringan komunikasi. Dalam tabel ini, daya pancar (TX power) per kanal tercatat sebesar 46,00 dBm, sementara penguatan antenna (antenna gain) per panel mencapai 17,62 dBi. Kehilangan daya pada kabel transmisi (TX cable/feeder loss) secara keseluruhan sebesar 0,50 dB, sehingga menghasilkan daya pancar efektif isotropik (Effective Isotropic Radiated Power/EIRP) sebesar 63,12 dBm. Pada sisi penerima, terdapat penguatan

penerimaan dari Tower Mounted Amplifier (TMA) atau Low Noise Amplifier (LNA) sebesar 18,00 dB, namun disertai dengan kehilangan daya akibat tubuh pengguna (UE body loss) sebesar 3,00 dB. Nilai kehilangan lintasan maksimum (pathloss allowed) yang masih dapat ditoleransi dengan tingkat Referensi Daya Sinyal yang diterima (RSRP) ≥ -90 dBm adalah sebesar 168,12 dB. Selain itu, tingkat derau termal (thermal noise) pada lebar pita 50 MHz adalah sebesar $-97,01$ dBm. Jika dikombinasikan dengan angka derau penerima (receiver noise figure) dan kehilangan tambahan sebesar 9,00 dB, maka diperoleh nilai ambang derau (noise floor) pada sisi pengguna (UE) sebesar $-88,01$ dBm.

Tabel 2. Coverage Planning

Parameter	Nilai
Wilayah	Kabupaten Jombang
Luas	1.115 km ²
Propagation model	3GPP TR 38.901 (UMa Sub Urban)
Band	n78 (≈ 3.3 GHz), TDD
Centre frequency	3200 MHz
Duplexing	TDD
TX power (per carrier)	46 dBm
Antenna model	Comba Dual Polar Beamforming Antenna (3100–3300 MHz)
Antenna gain	17.62 dBi
HPBW (half-power)	65°
Electrical tilt	4°
Height	25 m
Ports / MIMO	64T/64R
Priority template name	Prioritas
Normal template name	Non Prioritas
Total sites	32
Daerah Prioritas (Site)	12 (Tembelang, Jombang, Diwek, Peterongan)
Link budget target (RSRP)	RSRP ≥ -90 dBm

Tabel 2 menyajikan parameter-parameter utama yang digunakan dalam perencanaan cakupan jaringan (coverage planning) untuk wilayah Kabupaten Jombang. Wilayah ini memiliki luas 1.115 km² dan menggunakan model propagasi 3GPP TR 38.901 dengan kategori lingkungan Sub Urban (UMa). Perencanaan dilakukan pada pita frekuensi n78 (sekitar 3,3 GHz) dengan sistem duplexing TDD dan frekuensi tengah sebesar 3200 MHz. Daya pancar (TX power) per kanal sebesar 46 dBm menggunakan model antenna Comba Dual Polar Beamforming (3100–3300 MHz) dengan gain sebesar 17,62 dBi. Sudut pancar setengah daya (HPBW) adalah 65°, dengan kemiringan listrik (electrical tilt) sebesar 4° dan tinggi pemasangan antenna mencapai 25 meter. Konfigurasi port antenna menerapkan sistem MIMO 64T/64R. Template prioritas dalam perencanaan ini dibedakan menjadi dua, yaitu template prioritas dan non-prioritas, dengan total keseluruhan situs sebanyak 32. Dari jumlah tersebut, sebanyak 12 site masuk dalam kategori prioritas yang tersebar di wilayah Tembelang, Jombang, Diwek, dan Peterongan. Target kualitas sinyal yang diharapkan tercapai dalam perencanaan ini adalah RSRP ≥ -90 dBm sebagai bagian dari parameter link budget yang telah ditentukan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 ANALISIS INFRASTRUKTUR TELEKOMUNIKASI EKSISTING

Pemetaan menunjukkan bahwa persebaran BTS eksisting pada empat kecamatan utama Jombang masih didominasi area urban, sehingga potensi reuse infrastruktur cukup tinggi untuk mendukung deployment 5G[6]

4.2 PARAMETER SIMULASI 5G NR

Simulasi dilakukan menggunakan band n78 (3,2 GHz) dengan model propagasi 3GPP TR 38.901, yang merupakan standar internasional untuk pemodelan 5G pada frekuensi 0,5–100 GHz

Parameter seperti RSRP threshold ≥ -90 dBm dan bandwidth 100 MHz ditetapkan sesuai spesifikasi 3GPP TS 38.104[3]

4.3 HASIL PREDIKSI RSRP

Hasil simulasi menunjukkan nilai RSRP rata-rata wilayah urban berada pada rentang -65 sampai -85 dBm, sesuai karakteristik band 5G yang memiliki jangkauan menengah[10]

Tabel 3. Hasil RSRP

Wilayah	RSRP ≥ -90 dBm (%)	Kategori
Jombang	78%	Baik
Diwek	74%	Baik
Peterongan	69%	Cukup
Tembelang	63%	Cukup

Penurunan nilai pada wilayah suburban sejalan dengan teori pathloss mid-band (3 GHz) yang lebih sensitif terhadap jarak dan hambatan bangunan[11]

4.4 HASIL PREDIKSI SINR

Rentang SINR 4–18 dB menunjukkan kondisi kanal masih berada pada level operasional untuk 5G NR, karena standar minimum SINR untuk modulasi 64QAM adalah 10–12 dB[4]

4.5 ESTIMASI JUMLAH SITE 5G

Kebutuhan 32 site (12 prioritas, 20 non-prioritas) sesuai tren densitas site mid-band yang direkomendasikan oleh studi lapangan di Surabaya dan Jakarta, yaitu 30–40 site untuk cakupan kabupaten/kota

5. DISKUSI

5.1 INTERPRETASI HASIL

Nilai RSRP yang stabil di wilayah urban menunjukkan bahwa pemanfaatan site eksisting cukup efektif untuk mendukung implementasi 5G. Temuan ini konsisten dengan karakteristik frekuensi n78 yang optimal untuk kapasitas tinggi dan coverage menengah [12]

5.2 PERBANDINGAN DENGAN PENELITIAN SEBELUMNYA

Hasil penelitian ini sejalan dengan:

- a. Kurniawan et al. (2021) – kebutuhan densitas site tinggi untuk daerah urban
 - b. • Studi 5G Bandung (2022) – memerlukan 33–40 site untuk cakupan optimal
- Jumlah 32 site yang diperoleh pada penelitian ini termasuk realistis untuk wilayah suburban–urban seperti Jombang.

5.3 IMPLIKASI ILMIAH

Temuan ini memberi kontribusi pada:

- a. Validasi penggunaan model 3GPP TR 38.901 di konteks Indonesia
- b. Dasar perencanaan 5G untuk pemerintah daerah.
- c. Acuan operator seluler untuk prioritas investasi jaringan.

5.4 KESESUAIAN DENGAN TEORI

Hasil penelitian mendukung teori propagasi frekuensi menengah, bahwa:

- a. Mid-band (3 GHz) memerlukan densitas site lebih tinggi dibanding LTE 1800 MHz[13]
- b. Wilayah urban menunjukkan refleksi dan difraksi sinyal yang lebih baik[13]
- c. Penurunan SINR di daerah suburban sesuai model interferensi yang diprediksi 3GPP[13]

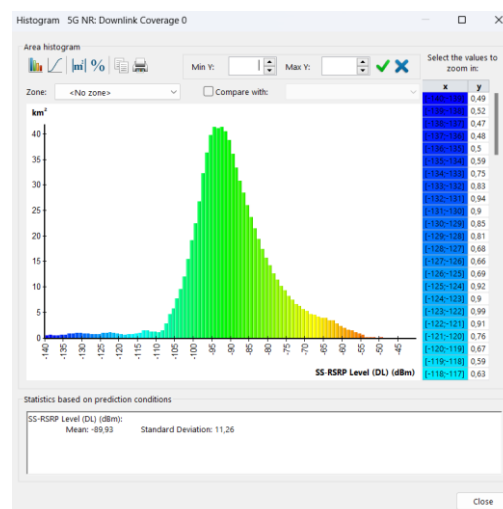
Dengan demikian, hasil penelitian konsisten dengan teori dan standar telekomunikasi internasional.

5.5 INTERPRETASI HASIL

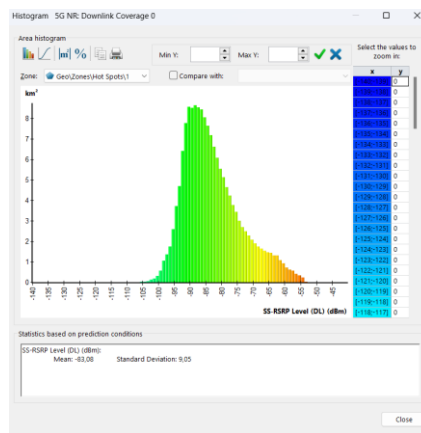
Nilai RSRP yang stabil di wilayah urban menunjukkan bahwa pemanfaatan site eksisting cukup efektif untuk mendukung implementasi 5G. Temuan ini konsisten dengan karakteristik frekuensi n78 yang optimal untuk kapasitas tinggi dan coverage menengah [1]

5.6 HASIL SS-RSRP (SIGNAL STRENGTH / KEKUATAN SINYAL)

Hasil simulasi Downlink Capacity menunjukkan rata-rata throughput 52,78 Mbps di wilayah prioritas dan 57,86 Mbps di wilayah non-prioritas. Nilai ini merupakan prediksi kapasitas kanal berdasarkan kualitas sinyal dan tingkat interferensi pada simulasi Atoll. [14]



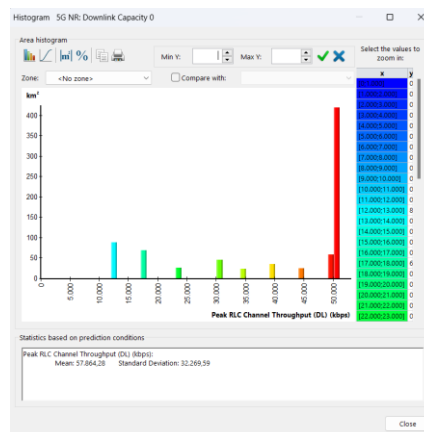
Gambar 4 Hasil Non-Prioritas



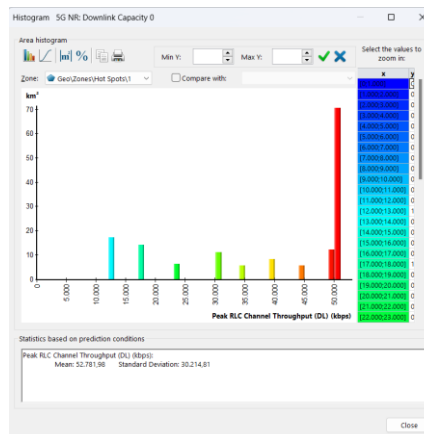
Gambar 5 Hasil Prioritas

5.7 KESESUAIAN DENGAN TEORI

Berdasarkan hasil simulasi, wilayah prioritas (Jombang, Peterongan, Diwek, dan Tembelang) memiliki rata-rata SS-RSRP sebesar $-89,93$ dBm, sedangkan wilayah non-prioritas mencapai $-83,08$ dBm. Kedua nilai tersebut masih berada di atas ambang batas minimum kualitas sinyal 5G (-100 dBm) sesuai standar 3GPP TR 38.901, sehingga dapat dikategorikan baik hingga normal. [15]



Gambar 6 Non-Prioritas



Gambar 7 Prioritas

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa infrastruktur telekomunikasi cukup kuat untuk mendukung implementasi jaringan 5G di kab jombang, khususnya pada daerah dengan kepadatan penduduk tinggi. Simulasi jaringan menunjukkan bahwa model propagasi 3GPP TR 38.901 dapat diterapkan secara efektif pada kondisi suburban–urban di Jombang, dan estimasi kebutuhan 32 site dinilai mampu memberikan cakupan dan kualitas sinyal yang memadai untuk layanan 5G.[16] Secara keseluruhan, tujuan penelitian yang meliputi analisis kesiapan infrastruktur, pemodelan cakupan jaringan, evaluasi kualitas sinyal, dan estimasi kebutuhan site telah tercapai. Penelitian ini juga menjawab seluruh rumusan masalah terkait karakteristik kebutuhan densitas site, performa simulasi cakupan dan kualitas sinyal, serta potensi kesiapan wilayah terhadap pengembangan 5G.[17] Sebagai rekomendasi, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan memasukkan parameter trafik aktual (traffic load) dan analisis kapasitas jaringan berdasarkan kebutuhan layanan spesifik seperti IoT, dan layanan industri.[2] Selain itu, pengujian langsung (drive test atau field test 5G) dapat dilakukan, untuk memvalidasi kesesuaian antara hasil simulasi dan kondisi lapangan. Pemerintah daerah dan operator seluler disarankan untuk menjadikan hasil penelitian ini sebagai dasar perencanaan pengembangan infrastruktur digital di Kabupaten Jombang.[15]

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal” atau “Penelitian ini didanai oleh Maknazul ulum,”

Pernyataan Ketersediaan Data: Kami mendorong semua penulis artikel yang diterbitkan dalam jurnal FAITH untuk membagikan data penelitian mereka. Bagian ini memberikan rincian mengenai tempat data pendukung hasil yang dilaporkan dapat ditemukan, termasuk tautan ke kumpulan data yang diarsipkan secara publik yang dianalisis atau dibuat selama penelitian. Jika tidak ada data baru yang dibuat atau data tidak tersedia karena batasan privasi atau etika, pernyataan tetap diperlukan.

Referensi

- [1] G. W. R. C. Series and C. Gsma, “GSMA WRC Series - 3.5 GHz in the 5G Era,” 2021.
- [2] A. Kirang, “5G NR Network Planning Analysis using 700 Mhz and 2.3 Ghz Frequency in The Jababeka Industrial Area,” *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 102–111, 2023, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/335117624_Malang_City_Polytechnic_Web_Based_Student_Attendance_Information_System_Telecommunications_Engineering_Study_Program_Using_Fingerprint/fulltext/5d515fe34585153e594ef214/Malang-City-Polytechnic-Web-Based-S
- [3] P. Rahmawati, L. Hafiza, A. Nofitry, and S. R. Melati, “Analisis dan Perancangan Jaringan 5G NR pada Frekuensi 2300 MHz di Kota Banjarmasin,” *Jurnal Penelitian Inovatif*, vol. 5, no. 3, pp. 1995–2008, 2025, doi: 10.54082/jupin.1145.
- [4] Kominfo Provinsi, KOMINFO PROVINSI. 2021.
- [5] P. C. & T. Practices and In, “Planning Challenges & Test Practices,” *Planning Challenges & Test Practices In*, [Online]. Available: https://consultixwireless.com/wp-content/uploads/2022/01/3.5-GHz-Band_Planning-and-Test-Practices-v1.1.pdf
- [6] Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang, “Kabupaten Jombang Dalam Angka 2023,” BPS Kabupaten Jombang, p. 616, 2023, [Online]. Available: <https://jombangkab.bps.go.id/publication/2023/02/28/252ea355997456e48926dfe8/kabupaten-jombang-dalam-angka-2023.html>
- [7] K. J. Kominfo et al., “kominfo kab jombang,” pp. 167–186, 2021.
- [8] M. Niama Dwi Susila, L. Linawati, and N. Gunantara, “Perencanaan Coverage Jaringan 5G Berdasarkan Propagasi Rugi Rugi Lintasan dan Shadowing,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 283–292, 2021, doi: 10.25126/jtiik.2021824485.
- [9] P. W. Purnawan and N. Fath, “Analisis Perbandingan Model Propagasi Pada Komunikasi Seluler 5G Wilayah Jakarta Utara,” *Maestro*, vol. 7, no. 1, pp. 79–89, 2024, [Online]. Available: <https://jom.ft.budiluhur.ac.id/maestro/article/view/631>
- [10] N. K. H.D and B. Suganda Wijaya, “PERENCANAAN JARINGAN 5G NR DENGAN METODE CAPACITY PLANNING MENGGUNAKAN FREKUENSI 2.300 MHz DI AREA KOTA CIMAHI,” *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, vol. 22, no. 2, pp. 73–87, 2025, doi: 10.55893/epsilon.v22i2.121.
- [11] R. Pratiwi, *Perancangan Jaringan 5G New Radio Pada Frekuensi 2.6 Ghz Dengan Pendekatan Coverage Area*. 2023. [Online]. Available: <https://repository.unifa.ac.id/id/eprint/1378>
- [12] T. E. Elektrik, T. Telekomunikasi, and T. Elektronika, “Electricity communication technology ;,” 2021.
- [13] M. R. H. Hajjar Yuliana, Fajar Malik Santoso, Sofyan Basuki, “Analisis Model Propagasi 3GPP TR38 . 900 Untuk Perencanaan Jaringan 5G New Radio (NR) Pada Frekuensi 2300 MHz di Area Urban Analysis of Propagation Model 3GPP TR38 . 900 for 5G New Radio (NR) Network Planning at 2300 MHz in Urban Areas,” *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 10, no. 2, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/telekontran/article/download/8233/3321>

-
- [14] M. A. Affandi, M. A. Riyadi, and T. Prakoso, "Throughput and Coverage Evaluation on The Use of Existing Cellular Towers for 5G Network in Surakarta City," vol. 10, no. 1, pp. 54–72, 2024, doi: 10.26555/jiteki.v10i1.27719.
 - [15] H. Yuliana, S. Basuki, and S. Ulitia, "Optimization of Low Site Density Area for 4G Network in Urban City," vol. 21, no. 2, pp. 98–103, 2021, doi: 10.14203/jet.v21.98-103.
 - [16] G. Intelligence, "Global Mobile Trends 2023," no. February, 2023.
 - [17] A. Hikmaturokhman, K. Ramli, M. Suryanegara, A. A. P. Ratna, I. K. Rohman, and M. Zaber, "A Proposal for Formulating a Spectrum Usage Fee for 5G Private Networks in Indonesian Industrial Areas," *Informatics*, vol. 9, no. 2, pp. 1–19, 2022, doi: 10.3390/informatics9020044.