

**OPTIMASI JANGKAUAN PELAYANAN MENARA
TELEKOMUNIKASI MELALUI INTEGRASI SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS DAN MODEL LOKASI-ALOKASI
DI KECAMATAN SANGIR BATANG HARI**
*Optimization Of Telecommunication Tower Service Coverage Through The
Integration Of Geographic Information Systems And Location-Allocation
Models In The Sangir Batang Hari District*

Rizki Zakiah¹, Risky Ramadhan²

¹Departemen Geografi Universitas Negeri Padang

²Departemen Geografi Universitas Negeri Padang

Email Korespondensi: rizki.zakiahh@gmail.com

Received: 21/10/2025 | Revised: 20/12/2025 | Accepted: 22/12/2025

DOI: <https://dx.doi.org/10.31314/jsig.v8i2.4999>

Abstract - The uneven availability of telecommunications networks is a serious problem for the community in Sangir Batang Hari District, as it limits access in the field of information and communication. This research is intended to conduct an analytical assessment of the coverage of telecommunication towers and determine the optimal location for the construction of new towers to support equitable communication services in the region using location allocation methods and simulations with Atoll software. The main parameters analyzed include RSRP (Reference Signal Received Power) values, topography, land use, and population distribution. The validation of the modeling results was collected through measurements along the main road using the G-NetTrack Pro application, which obtained actual signal strength data from 2.815 samples. The modeling results using Atoll software show that coverage with excellent quality (-70 dBm) covers an area of approximately 22,125 m². Good quality (-80 dBm) covers an area of approximately 152,900 m². Normal quality (-90 dBm) covers an area of 14,406,321.92 m². Meanwhile, poor quality (-100 dBm) covers an area of approximately 378,163,410.4 m² and very poor quality (<-110 dBm) covers an area of 415,572,129.4 m² and blank spots (0 dBm) covers an area of approximately 158,867,674 m². The Location-Allocation model recommends the addition of four new towers in Nagari Lubuk Ulang Aling, Lubuk Ulang Aling Tengah, and Dusun Tengah to expand signal coverage. The Drive test results confirm the suitability of the simulation coverage pattern with field conditions, although there are deviations in hilly areas.

Keywords: Location-Allocation; Drive Test; Atoll; Geographic Information System; Telecommunication Tower

Abstrak – Ketersediaan jaringan telekomunikasi yang tidak merata menjadi masalah serius bagi masyarakat di Kecamatan Sangir Batang Hari, karena berdampak pada keterbatasan akses informasi, dan komunikasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis jangkauan pelayanan menara telekomunikasi serta menentukan lokasi optimal pembangunan menara baru guna mendukung pemerataan layanan komunikasi di wilayah tersebut dengan metode lokasi alokasi dan simulasi menggunakan *software Atoll*. Parameter utama yang dianalisis meliputi nilai RSRP, topografi, penggunaan lahan, dan distribusi penduduk. Validasi hasil pemodelan dikumpulkan melalui pengukuran sepanjang jalan utama dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack Pro yang memperoleh data kekuatan sinyal aktual sebanyak 2.815 sampel. Hasil Pemodelan menggunakan *software Atoll* memperlihatkan bahwa cakupan dengan kualitas sangat baik (-70 dBm) mencakup area sekitar 22.125 m². Kualitas baik (-80 dBm) sekitar 152.900 m². kualitas normal (-90 dBm) mencakup luasan yaitu 14.406.321,92 m². Sedangkan kualitas buruk (-100 dBm) mencakup area sekitar 378.163.410,4 m² serta kualitas sangat buruk (<-110 dBm) menjangkau area 415.572.129,4 m². Dan blank spot (0 dBm) sekitar 158.867.674 m². Model *Location-Allocation* merekomendasikan penambahan empat menara baru di Nagari Lubuk Ulang Aling, Lubuk Ulang Aling Tengah, dan Dusun Tengah untuk memperluas cakupan sinyal. Hasil *Drive Test* mengonfirmasi kesesuaian pola jangkauan simulasi dengan kondisi lapangan, meskipun terdapat deviasi pada wilayah perbukitan.

Kata kunci: Lokasi-Alokasi; Drive Test; Atoll; Sistem Informasi Geografis; Menara Telekomunikasi



Under the license CC BY-NC-SA 4.0

PENDAHULUAN

Pesatnya teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah menjadi salah satu faktor utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan pemerataan pembangunan di era digital. Akses komunikasi yang merata merupakan prasyarat penting bagi peningkatan kualitas layanan publik, kegiatan ekonomi, dan interaksi sosial masyarakat. Namun, penyebaran menara telekomunikasi di berbagai wilayah Indonesia masih belum merata, sehingga banyak daerah mengalami *blank spot* atau penurunan kualitas sinyal (Imansyah & Marpaung, 2021).

Kondisi tersebut juga ditemukan di Kecamatan Sangir Batang Hari, yang memiliki luas wilayah 789,01 km² dengan jumlah menara telekomunikasi yang tersebar sebanyak 8 menara telekomunikasi eksisting. Jumlah menara yang terbatas terhadap cakupan wilayah yang luas menyebabkan beberapa area masih mengalami keterbatasan akses sinyal telekomunikasi akibat distribusi menara yang belum optimal. Hal ini menyebabkan kesenjangan layanan antara daerah padat penduduk dan daerah perbukitan yang sulit dijangkau. Tidak meratanya jaringan telekomunikasi dapat menurunkan produktivitas serta menghambat akses terhadap informasi dan layanan digital masyarakat (Adrianto & Herlambang, 2023).

Untuk mengidentifikasi dan mengoptimalkan cakupan layanan menara telekomunikasi, penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Atoll* sebagai *network simulator* untuk menganalisis jangkauan sinyal serta Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memodelkan distribusi dan kebutuhan layanan. Dengan *software Atoll* perancangan dapat dilakukan dengan mengatur parameter-parameter yang ditentukan dalam perencanaan jaringan, dengan *Atoll* dapat juga digunakan untuk mensimulasikan jaringan yang sudah dibuat untuk diketahui kualitas dari jaringan tersebut (Forsk, 2009). Selain itu, dilakukan pula pengukuran lapangan melalui metode *Drive Test* guna mengecek kualitas sinyal secara langsung di wilayah penelitian. *Drive Test* merupakan proses observasi dan pengukuran performansi jaringan yang dilakukan di lapangan untuk memperoleh data *real-time* terkait kekuatan dan kestabilan sinyal pada berbagai titik pengamatan. Aplikasi ini dipilih karena mampu merekam parameter kualitas sinyal secara *real-time*, mencakup nilai RSRP, RSRQ, SINR, hingga koordinat GPS dengan tingkat presisi yang tinggi. Dibandingkan dengan alat lain seperti *CellMapper* atau *OpenSignal*, *G-NetTrack Pro* menyediakan pencatatan data yang lebih rinci per titik pengukuran, sesuai dengan tipe perangkat, dan memungkinkan ekspor data secara langsung untuk proses analisis dan validasi *Atoll*.

Pelaksanaan *Drive Test* dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi *G-NetTrack Pro*, yaitu perangkat lunak berbasis sistem operasi android yang berfungsi untuk merekam berbagai parameter kualitas sinyal meliputi RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRQ (*Reference Signal Received Quality*), serta SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*) selama perjalanan di jalur pengukuran (Panjaitan dkk., 2018). Hasil dari kegiatan ini digunakan untuk memverifikasi hasil pemodelan jangkauan yang diperoleh dari analisis *Atoll* dan SIG, sehingga akurasi pemetaan jangkauan sinyal dapat ditingkatkan. Pendekatan *Location-Allocation Model* selanjutnya digunakan guna menentukan lokasi optimal pembangunan menara baru berdasarkan kapasitas, sebaran penduduk, dan kondisi geografis wilayah (Wati & Nuha, 2018). Model *Location-Allocation* dengan pendekatan *Maximize Capacitated Coverage* dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi jangkauan pelayanan penduduk terhadap menara telekomunikasi yang ada. Model ini difokuskan pada analisis spasial cakupan pelayanan berdasarkan distribusi permukiman dan kapasitas pelayanan menara. Dalam penelitian ini, Model *Location-Allocation* dengan pendekatan *Maximize Capacitated Coverage* digunakan untuk mengevaluasi keterlayanan penduduk terhadap menara telekomunikasi berdasarkan distribusi permukiman dan kapasitas pelayanan secara spasial. Pada tahap ini, analisis *Location-Allocation* tidak menggunakan faktor topografi, seperti kemiringan lereng dan hambatan morfologi sebagai variabel impedansi dalam jaringan, karena model ini difokuskan pada evaluasi keterlayanan spasial secara konseptual. Sementara itu, pengaruh topografi terhadap jangkauan sinyal dianalisis secara terpisah melalui

pemodelan propagasi sinyal menggunakan perangkat lunak *Atoll*. Pemodelan *Atoll* mempertimbangkan parameter elevasi, bentuk lahan, serta hambatan morfologi untuk menghasilkan estimasi jangkauan pelayanan menara telekomunikasi yang lebih realistis atau mendekati kondisi aktual lapangan.

Kecamatan Sangir Batang Hari secara morfologi, wilayah dataran rendah berada di sepanjang aliran sungai dan dimanfaatkan untuk lahan pertanian serta permukiman. Zona dengan ketinggian menengah (200-500 mdpl) mendominasi bagian tengah hingga barat wilayah, meliputi Nagari Ranah Pantai Cermin, Abai, dan sebagian Sitapus, dengan aktivitas utama berupa perkebunan dan pembangunan infrastruktur jalan. Adapun daerah dengan ketinggian lebih dari 500 mdpl berada di kawasan perbukitan Nagari Sitapus, Lubuk Ulang Aling, dan Lubuk Ulang Aling Selatan yang didominasi hutan lebat dan lahan perkebunan.

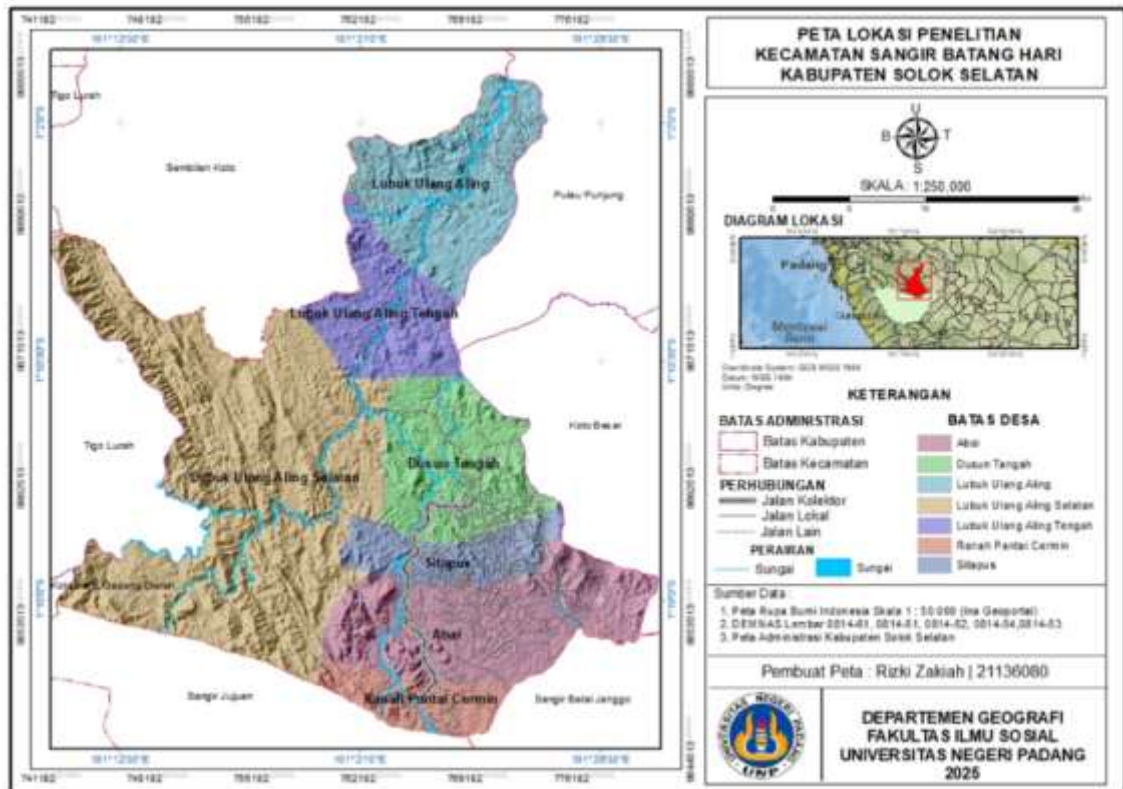
Berdasarkan kemiringan lereng, bentuk lahan di wilayah ini bervariasi dari datar hingga sangat curam. Lereng datar hingga landai berkembang di lembah sungai dan sepanjang jalan utama, sedangkan kemiringan curam hingga sangat curam mendominasi wilayah perbukitan di bagian selatan. Kondisi topografi yang beragam ini memengaruhi persebaran penduduk, pemanfaatan lahan, serta kualitas penerimaan sinyal telekomunikasi, di mana daerah datar cenderung memiliki kualitas sinyal lebih baik dibandingkan wilayah perbukitan yang terhalang secara topografis.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jangkauan pelayanan menara telekomunikasi di Kecamatan Sangir Batang Hari serta menentukan lokasi optimal pembangunan menara baru menggunakan model lokasi-alokasi berbasis SIG, simulasi *Atoll*, dan validasi lapangan dilakukan melalui metode *Drive Test*. Pembaruan penerapan Model *Location-Allocation* berbasis SIG pada penelitian ini untuk mengevaluasi jangkauan pelayanan menara telekomunikasi pada wilayah Kecamatan Sangir Batang Hari dengan karakteristik perbukitan dan permukiman pedesaan yang tersebar. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang sering dilakukan pada wilayah perkotaan atau dataran rendah dengan pola permukiman yang relatif seragam, penelitian ini menekankan analisis akses dan ketimpangan pelayanan antar nagari/desa. Model *Location-Allocation* digunakan untuk mengidentifikasi keterjangkauan pelayanan penduduk dan wilayah secara spasial, sehingga hasil penelitian memberikan kontribusi dalam memahami efektivitas infrastruktur telekomunikasi pada wilayah non-perkotaan sebagai dasar perencanaan pelayanan jaringan yang lebih merata. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi landasan bagi perencanaan infrastruktur telekomunikasi yang lebih efisien serta memiliki distribusi spasial yang merata.

METODE DAN DATA

Lokasi Penelitian

Kecamatan Sangir Batang Hari secara astronomis terletak pada koordinat 01°32'00"–01°46'45" LS dan 101°04'55"–101°26'27" BT, dengan luas wilayah 780,89 km² yang terdiri atas tujuh nagari, yaitu Ranah Pantai Cermin, Abai, Sitapus, Dusun Tengah, Lubuk Ulang Aling Selatan, Lubuk Ulang Aling Tengah, dan Lubuk Ulang Aling. Wilayah ini berbatasan dengan Kabupaten Dhamasraya di utara dan timur, serta Kecamatan Sangir Jujuan dan Sangir Balai Janggo di selatan. Lokasi penelitian sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Hasil Analisis)

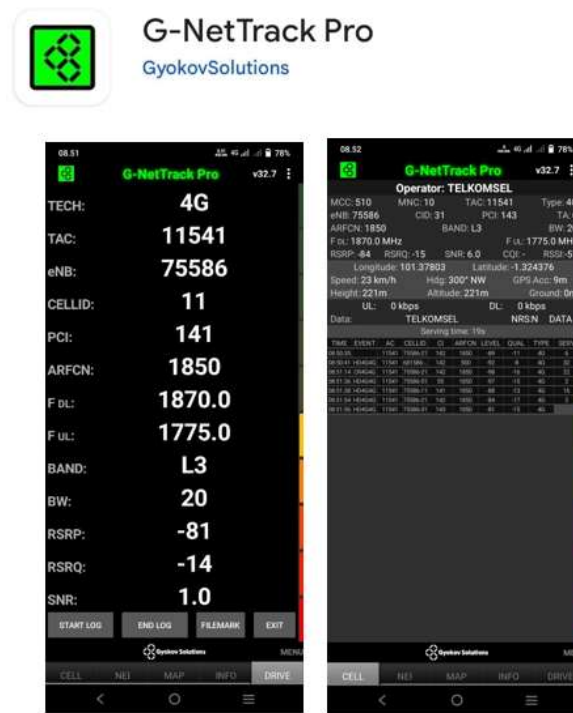
Data

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini terdiri dari peta administrasi Kecamatan Sangir Batang Hari, *Digital Elevation Model* (DEM), peta kemiringan lereng, tutupan lahan, posisi menara eksisting, serta data jumlah penduduk per nagari dan titik koordinat permukiman. Semua data spasial di standarkan ke sistem koordinat yang seragam dan diproses (*clip*, *reproject*, dan *filter atribut*) agar siap diimpor ke perangkat lunak analisis. Adapun jenis data dan sumber data yang dibutuhkan pada penelitian ini disebutkan di Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Data dan Sumber Data

No	Data	Sumber
1.	Data atau peta administrasi Kecamatan Sangir Batang Hari	Ina Geoportal
2.	Data DEMNAS Kecamatan Sangir Batang Hari	Ina Geoportal
3.	Citra Satelit Kecamatan Sangir Batang Hari	<i>Copernicus Sentinel 2A</i>
4.	Data sebaran menara telekomunikasi di Kecamatan Sangir Batang Hari	<i>Website</i> sikonjon.solselkab.go.id
5.	Data atau peta kemiringan lereng Kecamatan Sangir Batang Hari	DEMNAS
6.	Data atau peta ketinggian Kecamatan Sangir Batang Hari	DEMNAS
7.	Data atau peta Tutupan Lahan Kecamatan Sangir Batang Hari	DEMNAS

Penelitian ini menggunakan alat untuk mengukur kualitas signal sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Aplikasi pengukuran kualitas signal (Sumber: Aplikasi G-NetTrack Pro dari GyokovSolutions)

Pengolahan dan Analisis Data

Analisis jangkauan pelayanan jaringan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Network Simulator Atoll 3.3*. *Atoll* merupakan perangkat lunak simulasi jaringan yang berfungsi dalam proses perencanaan dan optimasi jaringan nirkabel. Melalui *Atoll*, pengguna dapat merancang jaringan dengan menyesuaikan berbagai parameter teknis yang relevan dengan kebutuhan perencanaan, serta melakukan simulasi terhadap jaringan yang telah dibangun untuk menilai kualitas kinerjanya (Forsk, 2009). Setiap titik dalam area cakupan jaringan memiliki nilai RSRP yang berbeda. Acuan simulasi pada penelitian ini menggunakan rentang nilai dari >-70 dBm dengan kategori Sangat Baik, rentang nilai -71 dBm hingga -80 dBm dengan kategori Baik, rentang nilai -81 dBm hingga -90 dBm dengan kategori Normal, rentang nilai -91 dBm hingga -110 dBm dengan kategori Buruk, hingga rentang nilai <-110 dBm dengan kategori Sangat Buruk. Apabila pengguna berada di luar wilayah jangkauan sinyal, maka akses terhadap jaringan LTE tidak dapat dilakukan. Secara konseptual, RSRP merepresentasikan nilai rata-rata daya yang diterima dari elemen sumber daya yang membawa sinyal referensi. Dalam konteks pengukuran kualitas sinyal pada jaringan seluler, RSRP diartikan sebagai rata-rata daya sinyal referensi dalam rentang frekuensi *bandwidth* yang digunakan. Kategori kualitas sinyal RSRP pada *drive test* dapat berbeda antara satu penyedia layanan dengan lainnya (Tabel 2), namun secara umum nilai RSRP yang dianggap baik berada di atas -100 dBm. Nilai RSRP cenderung menurun seiring dengan bertambahnya jarak antara perangkat penerima. (Akram dkk., 2023).

Tabel 2. Kategori Nilai RSRP

Kategori Kualitas	Kategori Nilai RSRP
Biru Tua (Sangat Baik)	-70 to 0
Biru Muda (Baik)	-80 to -71
Hijau (Normal)	-90 to -81
Kuning (Buruk)	-110 to -91
Merah (Sangat Buruk)	<-110
Maron (Tidak ada sinyal)	0

(Sumber: Putri et al., 2024)

Untuk menentukan lokasi optimal fasilitas menara telekomunikasi dengan mempertimbangkan kapasitas layanan, distribusi populasi, dan jarak antara fasilitas dan pengguna digunakan pendekatan *Capacitated Location-Allocation Models (CLAM)* dalam *ArcGIS Network Analyst* (Wati & Nuha, 2018). Komponen utama dalam menjalankan CLAM yaitu fasilitas, pada penelitian ini fasilitas yang akan di impor kedalam model lokasi-alokasi yaitu menara telekomunikasi. Menara sebagai pusat layanan yang menyediakan sinyal ke pengguna di sekitarnya. Setiap menara memiliki kapasitas terbatas yang menentukan jumlah pengguna yang bisa dilayani dan titik permintaan mewakili populasi yang membutuhkan layanan telekomunikasi. Data titik permintaan pada penelitian ini berupa jumlah penduduk per desa dan titik koordinat pemukiman yang tersebar di setiap desa. Kapasitas menentukan jumlah pengguna maksimal yang dapat dilayani oleh satu menara. Kapasitas maksimum ditentukan dengan kekuatan sinyal paling lemah <-101 dBm.

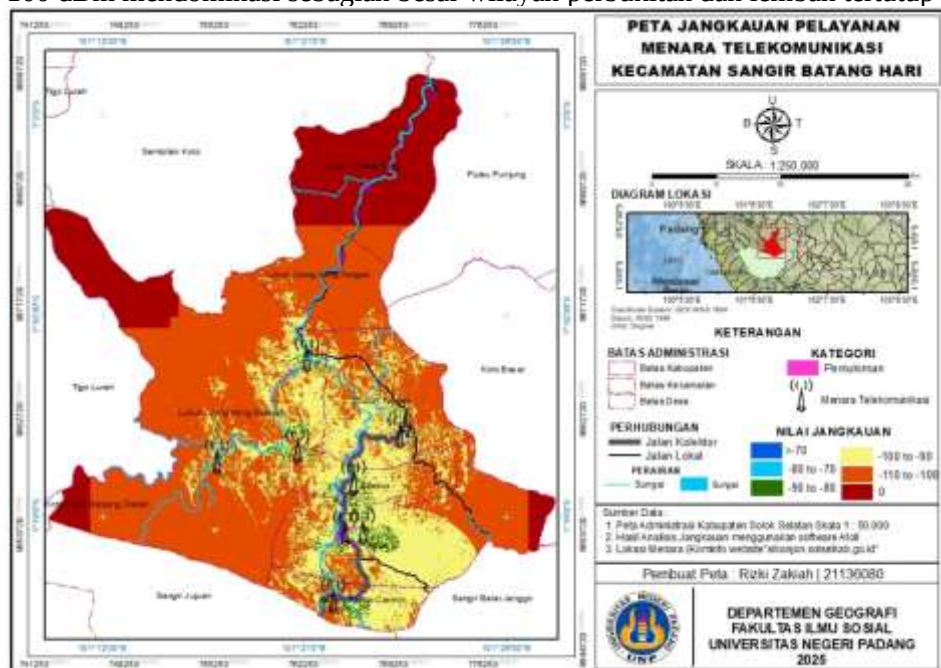
Pengukuran dan analisis kondisi performa jaringan di Kecamatan Sangir Batang Hari dilakukan melalui metode *drive test*, dengan menerapkan tahapan dan prosedur pengukuran yang mengacu pada standar penyedia layanan. Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan *drive test* terdiri atas beberapa perangkat pendukung yang berfungsi untuk memperoleh data performa jaringan secara akurat yaitu menggunakan *smartphone* Vivo Y21S dengan *Sim Card* provider Telkomsel dan juga menggunakan app *G-Nettrack Pro*. Data site mencakup basis data lokasi sel (*cell point*) yang digunakan sebagai acuan dalam pengukuran jaringan, sedangkan data map berisi peta wilayah pengujian yang dijadikan sebagai rute pelaksanaan *drive test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Jangkauan Pelayanan

Penggunaan perangkat lunak *Atoll* dalam proses perencanaan dan optimasi jaringan seluler telah banyak diterapkan serta direkomendasikan oleh berbagai operator telekomunikasi sebagai alat bantu dalam analisis cakupan dan perencanaan jaringan. Dengan memanfaatkan peta digital yang berisi informasi ketinggian, tutupan lahan, dan kondisi topografi, *Atoll* mampu menghasilkan simulasi jangkauan sinyal yang mendekati kondisi aktual di lapangan (Yuliana dkk., 2024).

Hasil pemodelan menggunakan *Atoll* menunjukkan bahwa nilai RSRP di wilayah Kecamatan Sangir Batang Hari berkisar antara -70 dBm hingga lebih dari -120 dBm. Nilai tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kualitas sinyal, di mana semakin mendekati -70 dBm menunjukkan sinyal yang kuat, sedangkan mendekati -120 dBm mengindikasikan sinyal sangat lemah atau *blank spot*. Berdasarkan peta hasil simulasi (Gambar 3), area dengan nilai -70 dBm tersebar sangat terbatas di sekitar lokasi menara eksisting, sedangkan area dengan nilai di bawah -100 dBm mendominasi sebagian besar wilayah perbukitan dan lembah tertutup vegetasi.



Gambar 3. Peta Jangkauan Pelayanan Menara Telekomunikasi (Sumber: Hasil Analisis)

Analisis hasil pemodelan memperlihatkan bahwa wilayah datar hingga landai, terutama di sepanjang jalur utama dan kawasan permukiman, memiliki cakupan sinyal yang relatif baik. Hal ini disebabkan oleh kondisi topografi yang mendukung propagasi gelombang tanpa banyak hambatan, sehingga kualitas penerimaan sinyal di wilayah tersebut cenderung stabil. Sebaliknya, wilayah dengan topografi bergelombang hingga curam mengalami penurunan kualitas sinyal akibat efek *shadowing* dan redaman oleh vegetasi padat.

Tabel 3. Kualitas Jangkauan Menara Telekomunikasi

No.	Nilai RSRP (dBm)	Keterangan	Luas (m ²)	Persentase (%)	Penduduk Terlayani (Jiwa)
1.	-70	Sangat Baik	22.125	0.00%	46
2.	-80	Baik	152.900	0.02%	205
3.	-90	Normal	14.406.321	1.49%	1.993
4.	-100	Buruk	378.163.410	39.10%	8.869
5.	<-110	Sangat Buruk	415.572.129	42.97%	3.508
6.	0	BlankSpot	158.867.674	16.43%	1.957

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil perhitungan spasial (Tabel 3), cakupan area dengan kualitas sinyal sangat baik (-70 dBm) hanya mencapai 22.125 m² dengan jumlah penduduk terlayani sebanyak 46 jiwa. Sinyal dengan kategori baik (-80 dBm) meliputi area 152.900 m² dengan 205 jiwa yang terlayani. Sementara itu, cakupan normal (-90 dBm) memiliki luasan 14.406.321 m² dengan 1.993 jiwa terlayani. Wilayah dengan kategori buruk (-100 dBm) mendominasi area penelitian, dengan luasan 378.163.410 m² dan 8.869 jiwa yang masih dapat mengakses jaringan meskipun kualitasnya rendah. Area dengan kualitas sangat buruk (<-110 dBm) mencapai 415.572.129 m² dengan 3.508 jiwa, menunjukkan keterbatasan layanan yang signifikan.

Selain itu, area yang tidak terlayani sama sekali atau *blank spot* (0 dBm) masih cukup luas, yaitu sekitar 158.867.674 m², dengan 1.957 penduduk yang belum memperoleh layanan sinyal. Daerah ini sebagian besar berada di luar radius cakupan menara eksisting, terutama pada kawasan perbukitan dan lembah tertutup vegetasi lebat di Nagari Lubuk Ulang Aling dan sekitarnya. Secara spasial, hasil pemodelan memperlihatkan bahwa meskipun sebagian wilayah tanpa menara masih dapat menerima sinyal dari menara di nagari lain dalam radius hingga 10 km, kualitasnya tetap rendah karena redaman topografi. Kondisi ini menegaskan perlunya penambahan menara baru di area tengah dan selatan Kecamatan Sangir Batang Hari, yang berfungsi untuk memperluas cakupan sinyal sekaligus mengurangi wilayah *blank spot*.

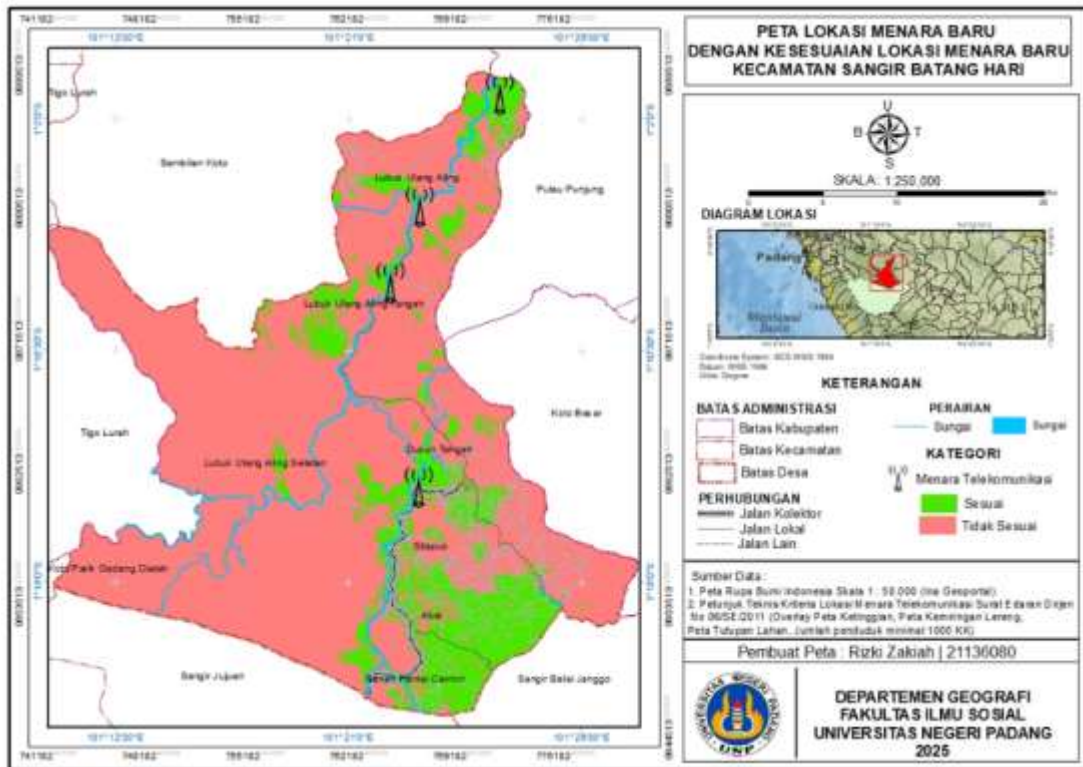
Optimalisasi Jangkauan dengan Model Lokasi Alokasi

Model Lokasi Alokasi digunakan untuk menentukan lokasi optimal pembangunan menara telekomunikasi baru di Kecamatan Sangir Batang Hari. Pendekatan yang digunakan adalah *Maximize Capacitated Coverage*, yaitu model yang memaksimalkan luas area dan jumlah penduduk yang terlayani berdasarkan batas maksimum jangkauan sinyal sejauh 10 km dan kapasitas pelayanan 1.000 penduduk per menara.

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa sebagian besar nagari di wilayah penelitian telah tercakup oleh menara eksisting, meskipun dengan variasi tingkat layanan. Nagari Ranah Pantai Cermin sepenuhnya terlayani oleh menara *Site SLK 609*, karena seluruh titik permintaan berada di dalam radius 10 km. Nagari Abai sebagian besar terlayani oleh menara *Site SLK 586 dan SLK 544*, sedangkan Nagari Sitapus tercakup secara dominan oleh *Site SLK 579*, yang juga menjangkau sebagian kecil wilayah Nagari Dusun Tengah.

Pada wilayah Nagari Lubuk Ulang Aling Selatan, seluruh titik permintaan berada di bawah cakupan menara *SLK 578*, *BTS Talantam*, dan *BTS Lubuk Ulang Aling Selatan*. Sementara itu, Nagari Lubuk Ulang Aling Tengah hanya sebagian kecil yang terlayani oleh menara di Lubuk Ulang Aling Selatan karena letaknya masih dalam radius batas jangkauan 10 km. Adapun Nagari Lubuk Ulang Aling belum memiliki menara telekomunikasi, sehingga seluruh titik permintaan di wilayah tersebut berada di luar cakupan layanan dan dikategorikan sebagai area *blank spot*.

Berdasarkan hasil optimasi model, diperlukan penambahan empat lokasi menara baru untuk meningkatkan pemerataan layanan di wilayah Kecamatan Sangir Batang Hari (Gambar 4). Rekomendasi lokasi pembangunan meliputi: satu menara di Nagari Dusun Tengah, satu di Nagari Lubuk Ulang Aling Tengah, dan dua di Nagari Lubuk Ulang Aling. Penentuan lokasi ini mengacu pada kriteria teknis dan spasial sesuai Surat Edaran Direktur Jendral Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 06/SE/2011, yang mencakup aspek jarak aman antar-menara, kondisi topografi, aksesibilitas, serta keamanan lingkungan sekitar.



Gambar 4. Peta Lokasi Menara Baru dengan Kesesuaian Lokasi Menara Baru
(Sumber: Hasil Analisis)

Implementasi rekomendasi penambahan menara di wilayah tersebut diproyeksikan mampu memperluas jangkauan layanan sinyal ke area yang sebelumnya tidak terlayani dan meningkatkan kualitas penerimaan pada wilayah perbukitan. Secara keseluruhan, hasil optimasi menunjukkan keberhasilan model Lokasi Alokasi dalam memaksimalkan cakupan layanan dan meminimalkan wilayah *blank spot* di Kecamatan Sangir Batang Hari.

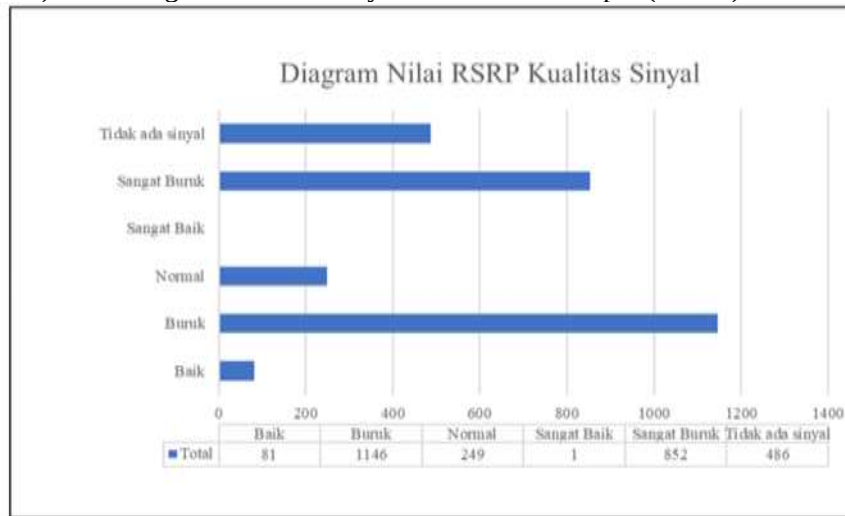
Kesesuaian Analisis dengan Kondisi Lapangan

Validasi hasil pemodelan dilakukan melalui pengukuran lapangan menggunakan metode *Drive Test* untuk menilai kesesuaian antara hasil simulasi *Atoll* dan kondisi aktual di wilayah Kecamatan Sangir Batang Hari. Pengukuran dilaksanakan dengan menjelajahi ruas-ruas jalan utama yang mewakili variasi topografi dan jarak terhadap menara telekomunikasi. Titik-titik pengamatan ditentukan berdasarkan peta hasil simulasi, dengan tujuan mengevaluasi tingkat akurasi prediksi jangkauan sinyal pada berbagai kondisi medan.

Parameter utama yang diamati adalah RSRP sebagai indikator kekuatan jaringan yang diterima oleh perangkat dari menara pemancar. Pengukuran dilaksanakan menggunakan aplikasi *G-NetTrack Pro* pada perangkat bergerak dengan kartu SIM operator Telkomsel. Secara umum, hasil *Drive Test* menunjukkan nilai RSRP aktual bervariasi antara -70 dBm di sekitar menara dengan kategori sangat baik hingga lebih dari -110 dBm di wilayah tepi atau perbukitan dengan kategori sangat lemah. Perbedaan antara hasil simulasi dan data lapangan umumnya disebabkan oleh penyederhanaan model propagasi pada perangkat lunak dan pengaruh hambatan medan seperti vegetasi padat dan kontur lereng (Akram dkk., 2023).

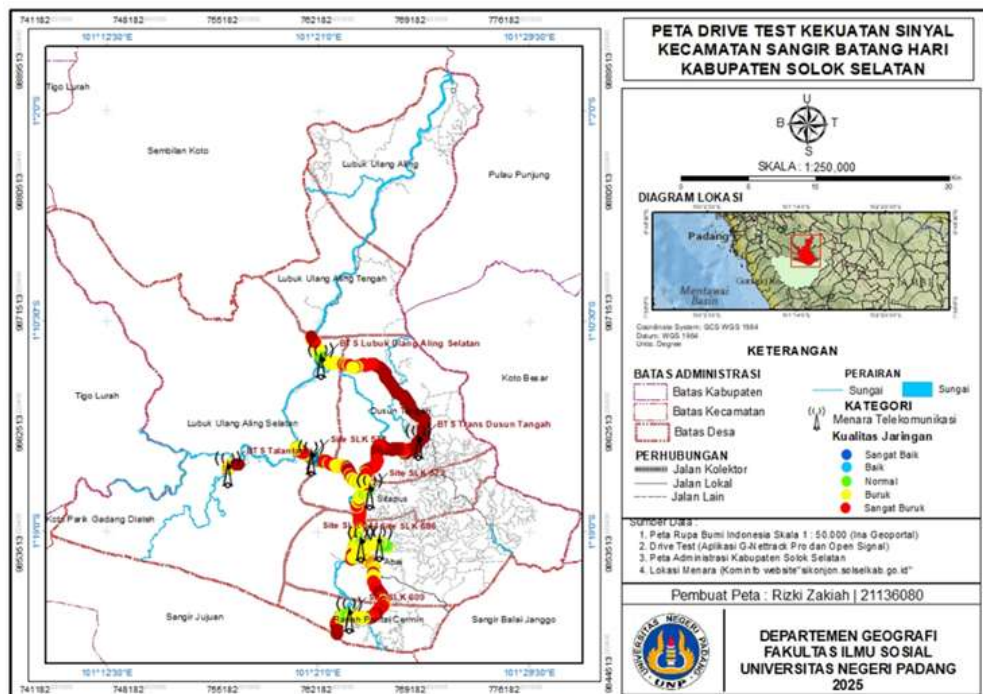
Hasil pengukuran lapangan diklasifikasikan ke dalam lima kategori kualitas sinyal disebutkan pada Gambar 4, yaitu: Sangat Baik (>-70 dBm), Baik (-80 s.d. -71 dBm), Normal (-

90 s.d. -81 dBm), Buruk (-110 s.d. -91 dBm), dan Sangat Buruk (<-110 dBm), serta satu kategori tambahan tidak ada sinyal (0 dBm). Dari total 2.815 sampel yang diambil, distribusi kualitas sinyal menunjukkan bahwa: kategori sangat baik hanya ditemukan pada satu titik pengamatan; kategori baik mencakup 81 sampel (2,9%), kategori normal sebanyak 249 sampel (8,8%), kategori buruk mendominasi dengan 1.146 sampel (40,7%), kategori sangat buruk mencapai 852 sampel (30,3%), dan kategori tidak ada sinyal sebesar 486 sampel (17,3%).



Gambar 5. Diagram Nilai RSRP Kualitas Sinyal (Sumber: Hasil Analisis)

Kekuatan sinyal yang didapatkan pada lokasi penelitian (Gambar 6), area dengan sinyal sangat buruk hingga tanpa signal banyak ditemukan di Nagari Dusun Tengah, Lubuk Ulang Aling Timur, Lubuk Ulang Aling, dan Sitapus, yang umumnya memiliki karakteristik topografi perbukitan dan vegetasi rapat. Sebaliknya, area dengan sinyal baik hanya dijumpai di sekitar jalan utama dan kawasan padat penduduk di bagian tengah kecamatan. Temuan ini menunjukkan bahwa hasil simulasi jangkauan menggunakan *Atoll* memiliki tingkat kesesuaian yang baik pada area datar, namun mengalami deviasi cukup besar di wilayah dengan kontur curam.



Gambar 6. Peta Drive Test Kekuatan Sinyal (Sumber: Hasil Analisis)

Dengan demikian, hasil validasi lapangan mengonfirmasi bahwa kualitas sinyal di Kecamatan Sangir Batang Hari secara umum tergolong lemah hingga sangat lemah, terutama di daerah yang jauh dari menara eksisting. Perbedaan antara hasil simulasi dan data lapangan menegaskan perlunya penyesuaian parameter propagasi dan penambahan menara baru untuk

meningkatkan akurasi jangkauan serta pemerataan layanan telekomunikasi di wilayah penelitian.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan ketimpangan distribusi dan kualitas layanan telekomunikasi di Kecamatan Sangir Batang Hari. Dari 8 menara yang cenderung terpusat, hasil pemodelan dengan *software Atoll* dan validasi *drive test* menunjukkan cakupan sinyal dengan kualitas baik hingga sangat baik sangat terbatas (hanya 175.025 m²). Sebaliknya, area dengan kualitas buruk hingga sangat buruk mendominasi (793.735.539 m²), dengan *blank spot* seluas 158.867.674 m². Mayoritas hasil pengukuran sampel (2.361 dari 2.692) masuk dalam kategori buruk, sangat buruk, dan tidak ada sinyal, mengonfirmasi akurasi simulasi. Temuan ini membuktikan sebagian besar masyarakat, khususnya di daerah perbukitan dan terpencil seperti Nagari Lubuk Ulang Aling, masih mengalami keterbatasan akses komunikasi. Berdasarkan analisis *location-allocation* dan pedoman teknis (SE Dirjen PU No. 06/SE/2011), rekomendasi kebijakan utama adalah prioritas pembangunan menara baru di wilayah *blank spot*. Pemerintah Daerah disarankan untuk: (1) Mengintegrasikan faktor topografi (ketinggian, lereng, vegetasi) dalam RTRW dan rekomendasi lokasi menara; (2) Membangun kemitraan dengan operator seluler dan program Bakti Kominfo, dengan mendorong model *tower sharing* untuk efisiensi; serta (3) Memanfaatkan pendekatan SIG dan pemodelan secara berkelanjutan untuk perencanaan infrastruktur yang objektif. Pemerataan akses telekomunikasi ini menjadi fondasi krusial untuk mempercepat transformasi digital daerah, membuka peluang ekonomi digital, serta meningkatkan akses pendidikan, kesehatan daring, dan keamanan wilayah. Untuk penelitian lanjutan, disarankan pengintegrasian faktor topografi sebagai impedansi dalam model, penggunaan model propagasi spesifik tropis, dan kajian optimalisasi multi operator.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, S., & Herlambang, B. A. (2024). Pemetaan Daerah Krisis Sinyal Untuk Peningkatan Telekomunikasi Di Indonesia Berbasis GIS. *Jurnal Penelitian Sistem Informasi (JPSI)*, 2(1), 28-34.
- Akram, A., Melvandino, F. H., Bragaswara, W. Y., & Ramza, H. (2023). ANALISIS KINERJA JARINGAN 4G LTE MENGGUNAKAN METODE DRIVE TEST DI KELURAHAN KAMPUNG RAMBUTAN, JAKARTA TIMUR. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3140>
- Amin, N. F., Garancang, S., & Abunawas, K. (2023). Konsep umum populasi dan sampel dalam penelitian. *Pilar*, 14(1), 15-31.
- Arba'i, S., dkk. (2024). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Menara Telekomunikasi dengan Pengecekan Jarak Menggunakan Metode Haversine. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 9(3). <https://doi.org/10.28932/jutisi.v9i3.6219>.
- Arianto, D., Fauziah, N., & Randa, R. (2019). Pemetaan Sebaran Lokasi Dan Analisis Jangkauan Area Pelayanan Menara Telekomunikasi Di 4 Kecamatan, Kabupaten Pasaman Barat (Studi Kasus di Kecamatan Pasaman, Sasak Ranak pasisie, Kinali dan Luhak Nan Duo).
- Aulia Putri, A., Rizaldi, S., & Firman, F. (2023). KOLABORASI MULTIAKTOR DALAM PENGENTASAN WILAYAH BLANKSPOT DI KABUPATEN SOLOK SELATAN. *Jurnal Kajian Pemerintah: Journal of Government, Social and Politics*, 9(2), 41–49. [https://doi.org/10.25299/jkp.2023.vol9\(2\).14375](https://doi.org/10.25299/jkp.2023.vol9(2).14375)
- BPS. (2024). Kabupaten Solok Selatan dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2024). Kecamatan Sangir Batang Hari dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2024). Statistik Telekomunikasi Indonesia 2023. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Centech 5g.hub. (2025). *Small Cells and Densification: Scaling Up 5G Coverage and Capacity – Centech 5G Hub*. Retrieved March 21, 2025, from <https://centech5ghub.com/small-cells-and-densification-scaling-up-5g-coverage-and-capacity/>
- Dandi Arianto Pellya, N. F. (2019). Pemetaan Sebaran Lokasi Dan Analisis Jangkauan Area Pelayanan Menara Telekomunikasi di 4 Kecamatan, Kabupaten Pasaman Barat. *ResearchGate*.
- Dayanti, F., & Triyatno, T. (2020). Analisis Jangkauan Sinyal Handphone Dan Optimasi Penempatan BTS (Base Transceiver Station) Di Kecamatan Mapat Tunggul Selatan Kabupaten Pasaman. *Jurnal Buana*, 4(3)

- Ditjen Penataan Ruang, (2011). *Petunjuk Teknis Kriteria Lokasi Menara Telekomunikasi*. Jakarta: Direktorat Jendral Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum.
- Erunkulu, O. O., Zungeru, A. M., Lebekwe, C. K., & Chuma, J. M. (2020). Cellular communications coverage prediction techniques: A survey and comparison. *IEEE Access*, 8, 113052-113077.
- Farahani, R. Z., Asgari, N., Heidari, N., Hosseini, M., & Goh, M. (2012). Covering problems in facility location: A review. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1), 368-407.
- Forsk (2009) : Atoll RF Planning & Optimisation Software, U.S : Forsk U.S Patent and Trademark Office. 1-18.
- Gumilar, B. B. (2016). *Perencanaan Zona Menara Baru Telekomunikasi Selular Di Kabupaten Gresik Dengan Metode Electre* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Gusti.grehenson. (2009, October 21). 32 Ribu Desa di Indonesia Masih Blankspot. *Universitas Gadjah Mada*. <https://ugm.ac.id/id/berita/812-32-ribu-desa-di-indonesia-masih-blankspot/>
- Hanafi, H., & Amir, D. (2024). Simulasi Perencanaan Coverage Area Jaringan LTE menggunakan Software Atoll di Kecamatan Muara Satu dan Muara Dua Kota Lhokseumawe. *Jurnal Litek: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 21(1), 10-15.
- Herman, A. Y. (2011). Model Spasial Kualitas Penerimaan Layanan Sinyal Telekomunikasi Di Kota Bukittinggi. Skripsi.
- Imansyah, F., & Marpaung, J. (2021). Pemetaan Coverage Area Bts (Base Transceiver Station) di Kecamatan Teluk Keramat Kabupaten Sambas Menggunakan Software Qgis (Quantum Geographic Information System). *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 9(2).
- IndoTelko. (n.d.). *BAKTI: 11% wilayah Indonesia masih blank spot seluler*. IndoTelko. Retrieved March 2, 2025, from <https://www.indotelko.com/read/1532505348/wilayah-indonesia-blank-spot>.
- Kaizen Konsultan, (2024). Mengatasi Blank Spot dalam Jaringan Telekomunikasi: Persoalan dan Solusinya. Diakses dari <https://artikel.kaizenkonsultan.co.id/2024/06/05/mengatasi-blank-spot-dalam-jaringan-telekomunikasi-persoalan-dan-solusinya/>
- Keputusan Direktur Jendral Kekayaan Negara Nomor 378/KN/2017 Tentang Petunjuk Teknis Penilaian Bangunan Menara Telekomunikasi Dan/Aatau Penyiaran Direktur Jendral Kekayaan Negara.
- Kumar, Y. J. N., Rajinikanth, D. T. V., & Krishna, Y. M. (2013). *Optimal distribution of mobile network towers: An approach through Web Geographical Information Systems*.
- Lie, K. B. (2018). Pembangunan Akses Informasi Masyarakat Perbatasan Melalui Pembangunan Jaringan Telekomunikasi dan Informatika (Studi di Dinas Telekomunikasi, Informatika, dan Statistik Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat) (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Location-allocation analysis—ArcMap | Documentation. (2025). Diakses pada 23, 2025, from <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/location-allocation.htm>
- Nugraha, H. M., Saedudin, R., & Fathinuddin, M. (2023). *Analisis Performansi Jaringan 4G LTE Dengan Metode Drive Test Pada Gedung Tokong Nanas Telkom University*. 4(4).
- Panjaitan, M. V., Sukiswo, S., & Zahra, A. A. (2018). Analisis Quality of Service (Qos) Jaringan 4G Dengan Metode Drive Test Pada Kondisi Outdoor Menggunakan Aplikasi G-Nettrack Pro. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(2), 408-415.
- Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Republik Indonesia Nomor: 02/PER/M.KOMINFO/3/2008 Tentang Pedoman Pembangunan Dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi Dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa Menteri Komunikasi Dan Informatika.
- Pereira, M. A., Coelho, L. C., Lorena, L. A., & De Souza, L. C. (2015). A hybrid method for the probabilistic maximal covering location-allocation problem. *Computers & Operations Research*, 57, 51-59.

- Putri, H. (2018a). Evaluasi Performansi Jaringan UMTS di Kota Semarang menggunakan Metode Drive Test. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(2), 221. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v5i2.221>
- Putri, H. (2018b). Evaluasi Performansi Jaringan UMTS di Kota Semarang menggunakan Metode Drive Test. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(2), 221. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v5i2.221>
- Putri, H., Ahmad, I., Hikmaturokhman, A., & Haura Putri, D. (2024). Automatic Cell Planning Method for Radio Network Optimization. *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, 8(1), 449. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.1.1913>
- Putri, N. W., Nawi, N., Aulia, S., & Harlin, S. I. (2024). *Analysis of Long-Term Evolution (LTE) Propagation Pathloss Calculation and Pathloss Simulation in Lubuk Minturun Urban Village, Koto Tengah Sub-District, Padang*. 1(2).
- Rios, R. (2019). *5G network planning and optimisation using Atoll* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Sinta, D., Imansyah, F., & Pontia, F. T. (2020). Analisis Sebaran BTS (Base Transceiver Station) Menggunakan ATOLL 3.3. 2 Berdasarkan Algoritma Genetika. Pontianak. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*.
- Yuliana, H., Hidayat, M. R., Permana, A. S., Somantri, N. T., & Dharmi, N. K. H. (2024). Optimasi Jaringan 4G LTE pada Jalur Tol Cikopo Palimanan dengan Menggunakan Metode Physical Tuning. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 11(3), 475–486. <https://doi.org/10.25126/jtiik.937828>.