

# Sistem Informasi Geografis Pemetaan Menara Telekomunikasi dengan Pengecekan Jarak Menggunakan Metode *Haversine*

<http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v9i3.6219>

Riwayat Artikel

Received: 13 Februari 2023 | Final Revision: 14 Desember 2023 | Accepted: 14 Desember 2023

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Sultan Arba'i<sup>✉1</sup>, Ari Wedhasmara<sup>\*2</sup>, Fathoni<sup>3</sup>, Apriansyah Putra<sup>4</sup>, Dedy Kurniawan<sup>5</sup>

*Sistem Informasi, Universitas Sriwijaya*

*Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, Kec. Ilir Barat I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139, Indonesia*

<sup>1</sup>09031181823009@ilkom.unsri.ac.id

<sup>2</sup>a\_wedhasmara@unsri.ac.id

<sup>3</sup>fathoni@unsri.ac.id

<sup>4</sup>apriansyah@unsri.ac.id

<sup>5</sup>dedykurniawan@ilkom.unsri.ac.id

<sup>✉</sup>Corresponding author: sultanarbai@gmail.com

**Abstrak** — Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem informasi geografis (GIS) yang dapat digunakan untuk pemetaan menara telekomunikasi menggunakan metode Haversine. Metode Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik berdasarkan koordinat geografis. Pertumbuhan pesat dalam industri telekomunikasi telah menyebabkan peningkatan jumlah menara telekomunikasi yang dibangun di berbagai wilayah. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang efisien dan akurat untuk memetakan lokasi menara telekomunikasi dengan menggunakan informasi geografis. Dalam penelitian ini, data koordinat geografis menara dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti data peta digital dan sistem informasi geografis yang sudah ada. Metode Haversine kemudian diterapkan untuk menghitung jarak antara menara telekomunikasi yang ada dengan titik referensi yang ditentukan. Sistem informasi geografis yang dikembangkan dalam penelitian ini memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan letak menara telekomunikasi pada peta digital, serta mengakses informasi terkait masing-masing menara, seperti nama, tinggi, dan operator yang mengelolanya. Selain itu sistem ini juga memberikan kemampuan untuk menghitung jarak terdekat antara menara telekomunikasi dengan titik referensi yang diinginkan berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan menara dan radius cakupan menara yang efektif. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem informasi geografis untuk pemetaan menara telekomunikasi. Sistem ini dapat digunakan oleh operator telekomunikasi, pemerintah, dan pemangku kepentingan lainnya untuk mengoptimalkan penggunaan menara telekomunikasi, memperbaiki perencanaan infrastruktur, dan meningkatkan kualitas layanan telekomunikasi di suatu wilayah.

**Kata kunci**— Menara Telekomunikasi; Metode Haversine; Pemetaan Menara; Sistem Informasi Geografis.

## *Geographical Information System Mapping Telecommunication Towers by Checking The Distance Using The Haversine Method*

**Abstract**— *This study aims to develop a geographic information system (GIS) that can be used for mapping telecommunication towers using the Haversine method. The Haversine method is used to calculate the distance between two points based on geographic coordinates. The rapid growth in the telecommunications industry has led to an increase in the number of telecommunications towers being built in various regions. Therefore, an efficient and accurate system is needed to map telecommunication tower locations using geographic information. In this study, the geographic coordinates of the towers were collected from various sources, such as digital map data and existing geographic information systems. The Haversine method is then applied to calculate the distance between the existing telecommunication towers and the specified reference points. The geographic information system developed in this research allows users to visualize the location of telecommunication towers on a digital map, as well as access information related to each tower, such as name, height, and the operator that manages it. In addition, this system also provides the ability to calculate the shortest distance between telecommunication towers and the desired reference point based on the calculation of tower requirements and effective tower coverage radius. This research makes an important contribution in the development of geographic information systems for mapping telecommunication towers. This system can be used by telecommunications operators, the government and other stakeholders to optimize the use of telecommunications towers, improve infrastructure planning and improve the quality of telecommunications services in an area.*

**Keywords**— *Telecommunications Tower; Haversine Method; Tower Mapping; Geographic Information System.*

## I. PENDAHULUAN

Geographic Information System (GIS) yang lebih kita kenal sebagai Sistem informasi geografis yang memiliki arti bahwa suatu sistem tersebut berbasis komputer yang kegunaannya tak lain adalah dalam hal mengelola, menyajikan dan menyimpan data-data atau informasi yang kaitannya tidak lepas dari geografis [1]. Suatu sistem dituntut dapat beradaptasi dengan perkembangan zaman yang semakin canggih untuk memberikan manfaat yang lebih.

Berdasarkan wawancara dengan pihak terkait penataan dan pemberian rekomendasi menara telekomunikasi yakni bidang pemberdayaan informatika Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten OKU, memiliki permasalahan terkait perencanaan dan penataan menara baru masih dilakukan secara manual dengan berdasarkan visualisasi data peta pada buku cetak sehingga ketika terjadi perubahan data harus mencetak ulang buku tersebut dan juga harus melakukan perencanaan kembali secara manual dengan Microsoft Excel yang membuat proses menjadi lebih sulit dan lama. Selain itu, belum tersedianya layanan informasi publik secara digital mengenai menara telekomunikasi menyebabkan Kurang-Nya informasi bagi pihak provider menara sehingga penataan pendirian menara belum tertata dengan tepat. Di mana akses untuk mendapatkan informasi menara telekomunikasi yang masih secara manual yakni dengan meminta secara langsung ke bagian yang bertanggung jawab sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama terkhusus bagi masyarakat atau pihak tertentu yang ingin mengetahui dan mengecek koordinat yang tepat untuk mendirikan menara telekomunikasi yang baru.

Oleh karena itu, perkembangan dan pemanfaatan teknologi menurut bagian terkait menara telekomunikasi di bidang pemberdayaan informatika Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten OKU yakni untuk mendukung perencanaan dan penataan menara telekomunikasi menjadi lebih mudah dan seefisien mungkin. Namun, belum adanya rancangan sistem informasi geografis pada Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten OKU menjadi tantangan tersendiri dalam merealisasikan keinginan dari DISKOMINFO terkait pemanfaatan teknologi di mana dalam membangun suatu sistem informasi geografis memerlukan cara dan metode pengembangan sistem yang tepat untuk meningkatkan efisiensi penggunaan waktu dan kesesuaian antara aplikasi dengan kebutuhan yang telah dianalisis.

Terkait permasalahan tersebut, maka solusi yang tepat untuk diusulkan terkait permasalahan yang sedang dialami oleh Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten OKU yakni dengan membangun aplikasi atau sistem informasi geografis yang dapat memetakan menara telekomunikasi, dapat memberikan kemudahan akses informasi yang mudah salah satunya yaitu kemudahan pengecekan koordinat dengan penerapan metode haversine, dan dapat membantu proses perencanaan ataupun penataan menara telekomunikasi yang pembangunan aplikasi menggunakan metode waterfall.

Alasan penggunaan metode haversine yakni metode tersebut menghitung jarak antar dua titik permukaan bola (bumi) [2], [3], [4], [5], [6], dimana metode haversine menghitung jarak antara dua titik dengan berdasarkan panjang garis lurus antara kedua titik pada garis bujur dan lintang [3], sehingga memudahkan dalam pengukuran, dikarenakan data yang tersimpan terkait titik menara telekomunikasi dalam bentuk garis bujur dan lintang. Menurut Yusuf Miftahuddin, Sofia Umaroh, dan Fahmi Rabiul Karim [7] terdapat tiga metode perhitungan jarak koordinat yakni Euclidean, Haversine, dan Manhattan, dari ketiga metode tersebut dapat dicari metode yang terbaik dengan menguji tingkat keakurasian dan ketepatan hasil pada aplikasi, dan didapat hasil bahwa metode haversine memiliki nilai paling baik dibanding dua metode lainnya yakni dengan keakurasian 98,66% dan ketepatan hasil pada aplikasi 90,00%. Dari hasil penelitian Yusuf Miftahuddin, Sofia Umaroh, dan Fahmi Rabiul Karim tersebut sudah jelas bahwa metode haversine sangat bagus dan tepat untuk digunakan pada penelitian ini.

Sedangkan alasan penggunaan metode waterfall yakni metode tersebut sangat populer dalam pengembangan sistem informasi sehingga dukungan teori dan praktisnya pun banyak dan mudah dijumpai pada penelitian terkait perancangan atau

pengembangan sistem informasi. Selain itu, waterfall digunakan karena sumber daya manusia dalam pengembangan aplikasi atau sistem informasi yang sangat terbatas yang tidak memungkinkan dibagi menjadi berbagai tim.

Sistem yang akan dikembangkan adalah sistem yang berbasis website, hal ini dikarenakan sistem yang dibuat diharapkan dapat digunakan di mana pun, kapan pun dan tanpa harus menggunakan aplikasi-aplikasi tertentu yakni hanya dengan menggunakan aplikasi browser pada perangkat masing-masing.

Sistem atau aplikasi yang dibangun akan dapat memvisualisasikan peta menara telekomunikasi dan semacamnya dengan memanfaatkan suatu layanan open-source JavaScript library yang dapat digunakan secara gratis yaitu leaflet.js, dengan menggunakan layanan ini dapat mengurangi biaya yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem serta layanan ini sudah cukup lengkap dan mudah diaplikasikan pada sistem yang dibangun. Selain itu, penggunaan leaflet dinilai penting dalam sistem atau aplikasi yang dibuat pada penelitian ini disebabkan dalam penentuan lokasi penempatan menara atau zona menara membutuhkan peta digital sehingga pengguna dapat dengan mudah memasukkan koordinat lokasi dan semacamnya tanpa harus melakukan perhitungan secara manual. Penggunaan leaflet juga dikarenakan sistem yang dibangun berbasis website di mana leaflet dinilai sangat efektif dan efisien untuk digunakan pada sistem yang berbasis website baik dari segi compatibility, cost, dan theoretical and practical support.

Dari uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, penerapan sistem informasi geografis dinilai tepat dan dapat mempermudah proses perencanaan dan penataan menara telekomunikasi serta dapat mempermudah akses suatu informasi mengenai menara telekomunikasi. Namun, perlu diperhatikan bahwa sistem yang dibuat ini hanya dalam lingkup perencanaan dan penataan menara telekomunikasi dan bukan bentuk nyata dari pelaksanaan pemberian rekomendasi menara telekomunikasi akan tetapi dapat membantu terlaksananya dengan baik pada proses pemberian rekomendasi nantinya, dengan memberikan visualisasi peta digital kepada pendiri menara agar keinginan mereka dalam mendirikan menara dapat terarah sebelum mereka mengajukan pembuatan rekomendasi menara.

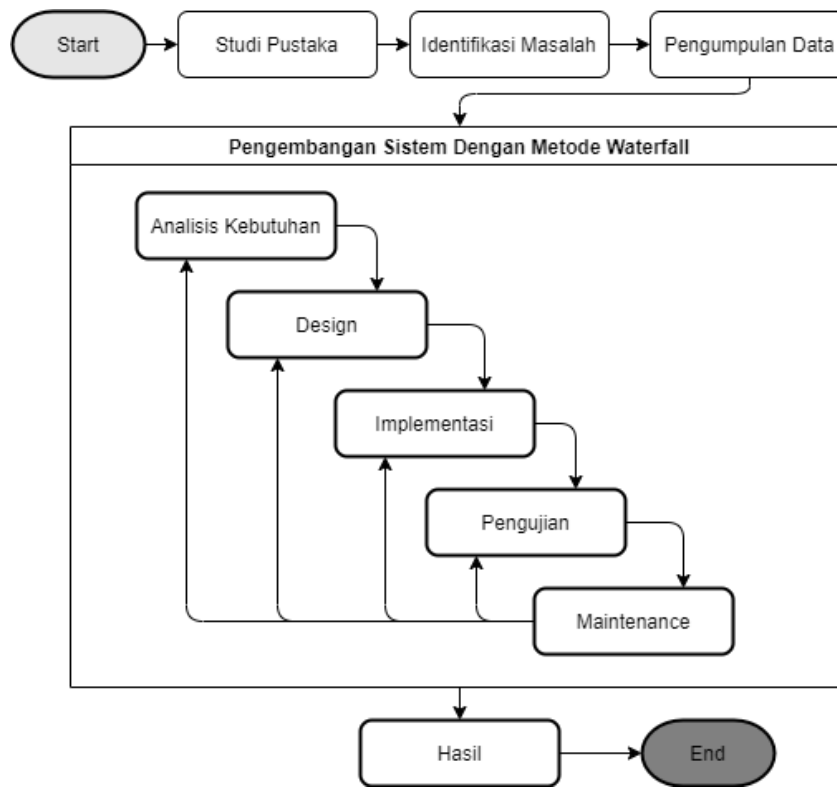
Muhammad Riski Pratomo, Fitri Imansyah, dan Jannus Marpaung [8] dalam penelitiannya terdapat permasalahan yakni penataan menara dengan kerapatan menara yang terlalu dekat akibat peningkatan jumlah menara yang tidak teratur. Di satu sisi, akan berdampak baik bagi ketersediaan akses layanan telekomunikasi bagi masyarakat. Akan tetapi disisi lain, akan berdampak buruk jika dilakukan tanpa perencanaan yang tepat serta koordinasi operator dengan pemerintah daerah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan perencanaan dan penataan menara telekomunikasi dengan memperhitungkan jumlah penduduk, jumlah pengguna layanan seluler, kapasitas traffic, traffic demand, dan estimasi kebutuhan BTS beserta menara bersama. Penelitian tersebut menghasilkan sebuah perencanaan kebutuhan BTS dalam penerapan menara bersama dengan 78 menara bersama di tahun 2020 dan 83 menara bersama di tahun 2025 yang akan datang. Penelitian Muhammad Riski Pratomo, Fitri Imansyah, dan Jannus Marpaung tersebut memiliki hubungan dengan penelitian ini, karena membahas dan melakukan perencanaan kebutuhan menara dengan memperhitungkan jumlah penduduk, jumlah pengguna layanan seluler, kapasitas traffic, traffic demand, dan estimasi kebutuhan BTS beserta menara bersama.

Achmad Maulana, Achmad Solichin dan Mohammad Syafrullah [9] dalam artikelnya yang berjudul Penerapan Metode Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Untuk Penentuan Lokasi Pembangunan Menara Telekomunikasi Pada Kota Tangerang, yang menjelaskan dan menerapkan metode haversine terhadap sistem informasi geografis dengan harapan sebagai penyederhanaan dari proses pengukuran tiap menara dengan mempertimbangkan bahwa bumi berbentuk bola. Tujuan dari penelitian mereka adalah untuk menentukan setiap lokasi pembangunan menara telekomunikasi yang ada saat ini dan rekomendasi lokasi untuk menara telekomunikasi yang baru. Hasil dari penelitian mereka mengindikasikan bahwa dengan menggunakan metode atau rumus Haversine, jarak antara suatu titik menara dengan titik menara yang lain dapat ditentukan meskipun kondisi geografis ketinggian permukaan bumi tiap daerah berbeda-beda sehingga mempengaruhi ukuran jari-jari bumi, namun penentuan jarak dapat dilakukan dengan mengukur panjang garis lurus di antara dua titik dari garis bujur dan lintang pada permukaan bola (bumi), pada data titik (garis bujur dan garis lintang) penelitian Achmad Maulana, Achmad Solichin dan Mohammad Syafrullah tersebut memiliki hubungan dengan penelitian ini, karena membahas dan melakukan penerapan metode atau rumus Haversine untuk memperhitungkan jarak antar menara maupun lokasi menara baru.

Selain terkait perencanaan dan penataan menara telekomunikasi juga terdapat metode pengembangan sistem. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Minda Mora Purba dan Ilham Katuju [10] membahas tentang Perancangan sistem pengolahan data panen berbasis web pada kelompok tani harvest mind. Untuk melakukan perancangan sistem tersebut digunakan metode waterfall agar proses perancangan menjadi lebih mudah meskipun dengan sumber daya manusia yang terbatas. Sehingga dapat dihasilkan sistem pengolahan data panen yang berguna bagi petani.

Dalam konteks penelitian ini, menggunakan metode waterfall karena metode ini sangat cocok untuk penelitian dimana sumber daya manusia untuk pengembangan sistem informasi sangat terbatas.

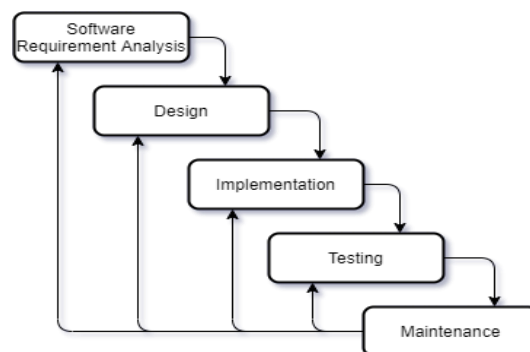
## II. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Tahapan Penelitian.

Gambar 1 merupakan seluruh tahapan yang dilakukan pada penelitian ini. Tahap pertama dalam penelitian ini dimulai dengan proses Studi Pustaka, Identifikasi Masalah dan Pengumpulan Data. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara kepada petugas yang bersangkutan, dan kemudian melakukan observasi terhadap tempat penelitian baik dari dokumen maupun proses yang dilakukan yang dibutuhkan pada penelitian ini. Kemudian dilanjutkan dengan pengembangan sistem diawali dengan Analisis Kebutuhan. Setelah itu lanjut ke tahap Design atau Perancangan. Setelah tahap Design maka dapat dilanjutkan dengan implementasi (Pengkodean). Setelah melalui tahap pengkodean akan dilakukan tahapan yaitu Testing dan kemudian diakhiri dengan tahap perawatan.

### A. Metode Pengembangan Sistem



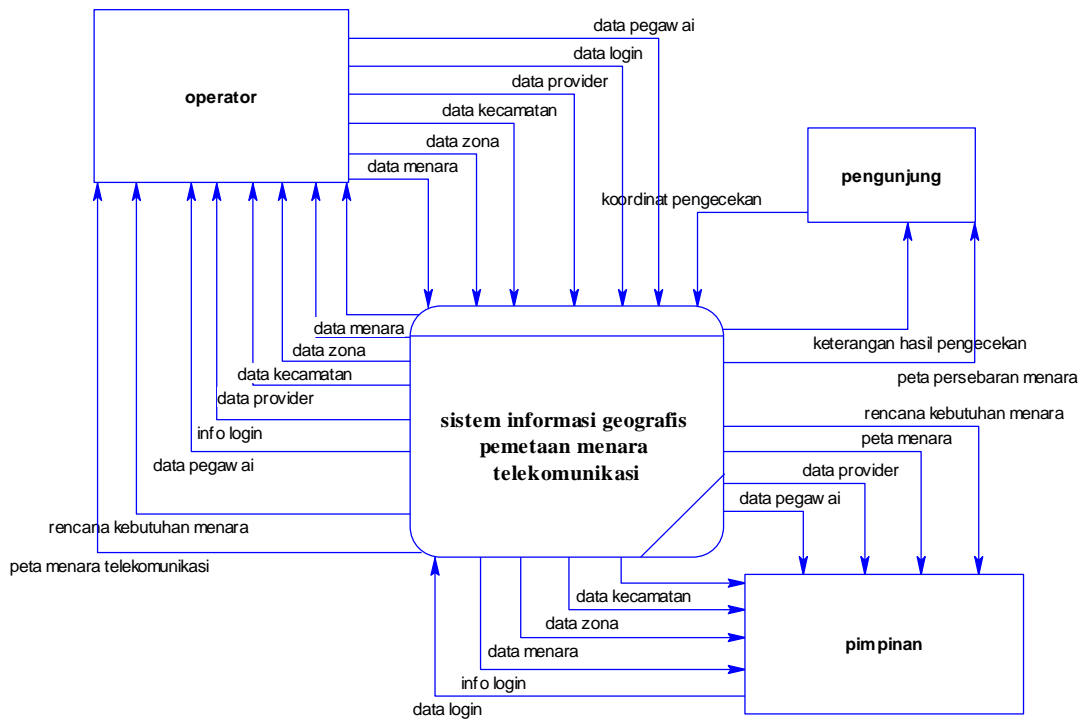
Gambar 2. Metode Waterfall

Gambar 2 merupakan tahapan-tahapan pada metode waterfall yang merupakan salah satu metode pengembangan sistem. Pengembangan sistem dapat dilakukan dengan berbagai alternatif metode, salah satunya ialah waterfall. metode waterfall terdiri dari lima fase yakni analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [10].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

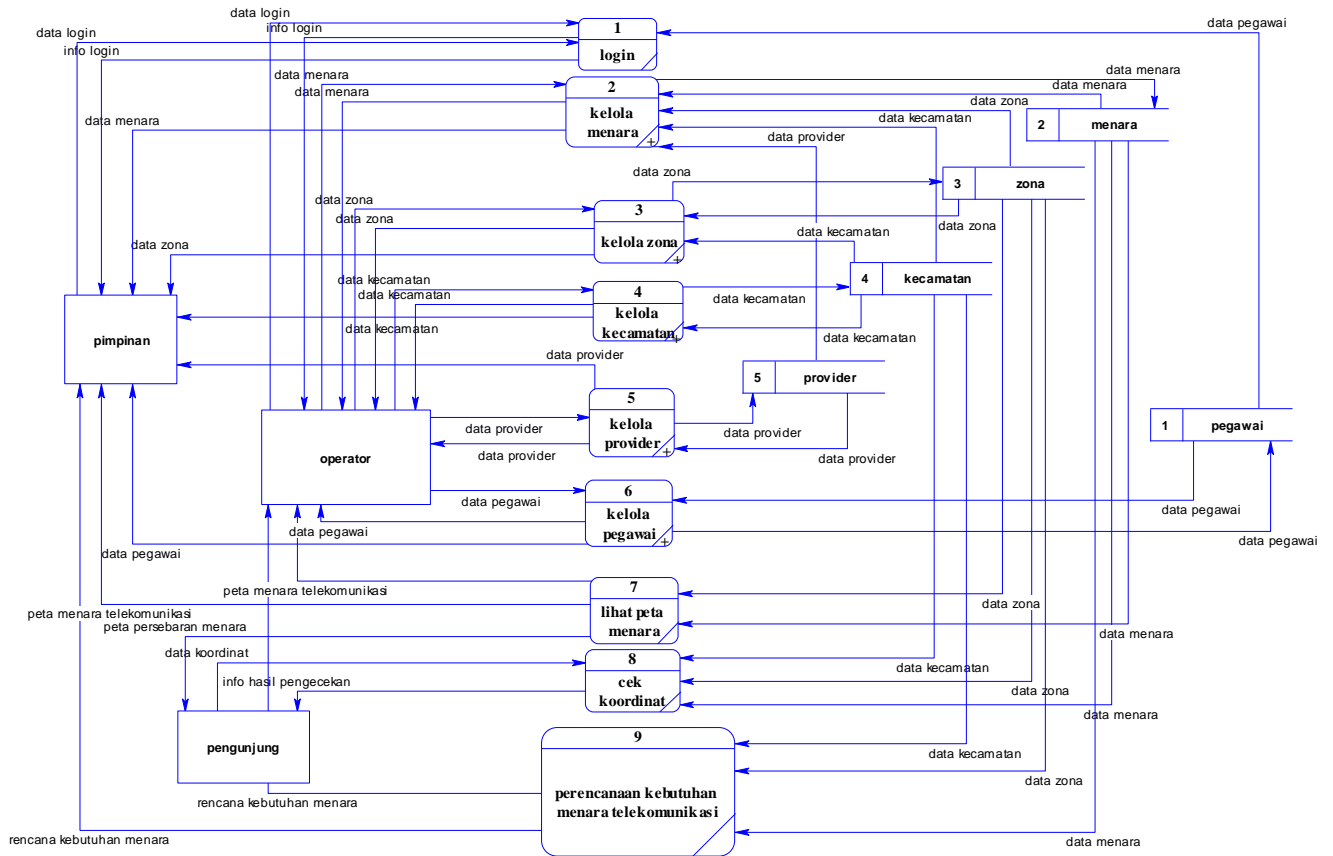
#### A. Data Flow Diagram (DFD)

Data Flow Diagram atau Diagram Alir Data merupakan suatu penggambaran dari pergerakan aliran atau arus data pada sistem baik dari proses ke proses, proses ke entitas dan proses ke penyimpanan, dengan catatan bahwa entitas dan penyimpanan tidak boleh memiliki arus data secara langsung, harus melalui proses terlebih dahulu. Berikut merupakan DFD untuk sistem yang dibangun.



Gambar 3.DFD Konteks

Gambar 3 merupakan gambaran dari DFD Konteks yang memiliki tiga entitas yaitu operator sebagai pengelola sistem, pimpinan sebagai pemantau sistem, dan pengunjung sebagai masyarakat umum yang ingin mencari informasi pada sistem yang dibuat ini. Karena operator adalah pengelola sistem maka terdapat arus-arus data yang masuk dan keluar sistem oleh operator. Sedangkan pimpinan hanya memiliki arus data keluar sistem yang mengarah padanya. Namun, pengunjung memiliki arus masuk dan keluar tetapi terbatas.

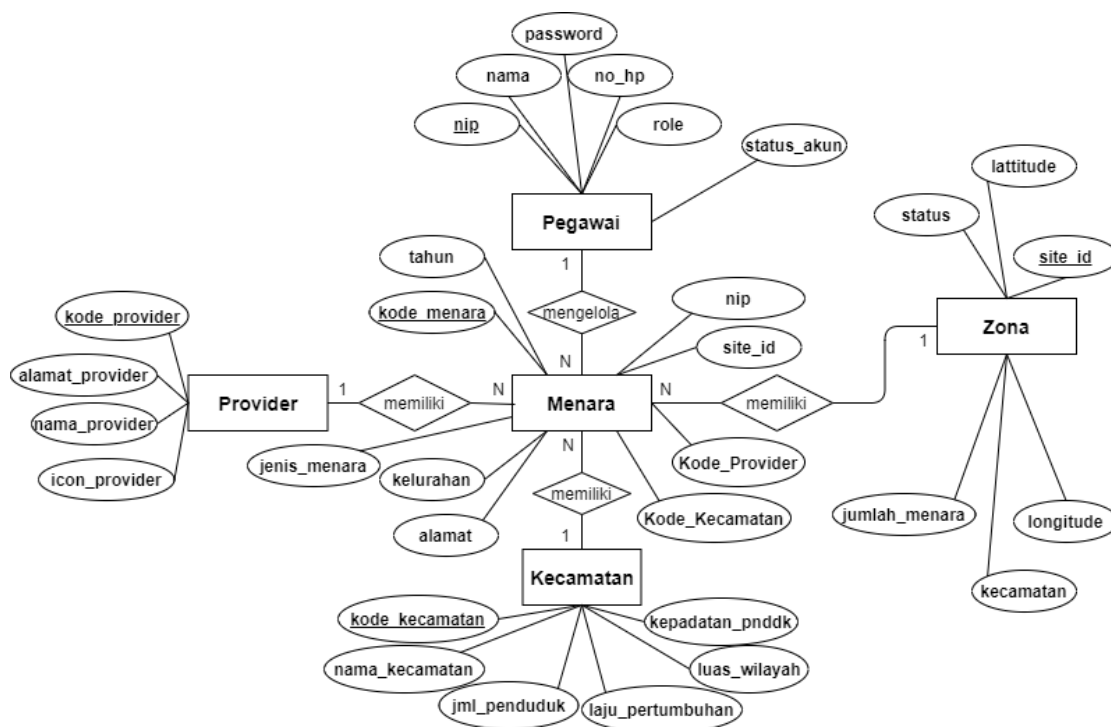


Gambar 4.DFD Level 1

Gambar 4 merupakan gambaran dari DFD Level 1 di mana dari DFD konteks sebelumnya dipecah lagi menjadi sembilan proses yaitu login, kelola menara, kelola zona, kelola kecamatan, kelola provider, kelola pegawai, lihat peta menara, cek koordinat, rencana kebutuhan menara telekomunikasi. Selain itu, pada DFD level 1 ini juga terdapat lima data store yaitu pegawai, menara, zona, kecamatan, dan provider. Dan juga telah dilengkapi dengan adanya arus data yang berasal dan mengarah ke data store.

### B. Entity Relationship Diagram (ERD)

ERD atau bisa disebut sebagai diagram hubungan entitas merupakan gambaran relasi antar entitas yang berdasarkan pada data flow diagram yang telah dibuat, entitas pada ERD ini dapat menjadi cikal bakal tabel pada basis data. Hasil ERD dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Entity Relationship Diagram

Gambar 5 merupakan ERD sistem yang terdapat lima entitas yaitu entitas menara, entitas zona, entitas kecamatan, entitas provider, dan entitas pegawai. Dari masing-masing entitas memiliki hubungan dengan entitas lain misalnya pada provider memiliki banyak menara sedangkan satu menara hanya memiliki satu provider dan begitupun seterusnya untuk hubungan entitas lainnya.

### C. Pengecekan jarak koordinat dengan metode haversine

Metode Haversine merupakan metode yang sangat dibutuhkan pada navigasi yang menghasilkan jarak antara titik yang satu dengan yang lainnya pada permukaan bumi yang berbentuk bulat [2], [11]. Pada pemetaan menara telekomunikasi terdapat banyak titik-titik lokasi baik lokasi menara ataupun zona menara. Dari sekian banyak lokasi tersebut perlu dilakukan pengecekan suatu koordinat. Pengecekan koordinat tersebut ditujukan bagi pengguna sistem yang ingin mengetahui lokasi yang direkomendasikan untuk mendirikan menara telekomunikasi. Untuk mengetahui apakah koordinat yang dimasukkan berada pada suatu zona menara, perlu diketahui jarak antara koordinat yang dimasukkan dengan koordinat titik tengah pada suatu zona. Untuk itu dapat diterapkan metode haversine di mana metode ini menghitung jarak antar titik dengan memperhatikan bahwa bumi itu bulat [2], [11]. Dengan menggunakan rata-rata jari-jari R pada bumi yakni 6371 Km, jarak antar koordinat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [2], [11].

$$\Delta lat = lat2 + lat1; \tag{1}$$

$$\Delta long = long2 + long1; \tag{2}$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat1) \times \cos(lat2) \times \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right); \tag{3}$$

$$c = 2 \times \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}); \tag{4}$$

$$D = R \times c; \tag{5}$$

Dengan keterangan:

$\Delta lat$  : selisih latitude

$\Delta long$  : selisih longitude

c: kalkulasi perpotongan sumbu

D: Jarak

R: jari-jari bumi = 6371 Km

1 derajat = 0,0174532925

Dalam upaya pemberian informasi yang jelas mengenai lokasi yang ingin diajukan pengguna apakah berada pada zona yang direkomendasikan atau tidak. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengecek jarak antar koordinat dengan menerapkan metode Haversine. Metode Haversine dapat menghitung jarak suatu titik koordinat dengan titik koordinat yang lainnya dengan memanfaatkan nilai latitude dan nilai longitude [2], [5], [11]. Dapat digunakan bentuk dari bumi adalah bulat dengan ukuran jari – jari  $R = 6371$  km dan suatu titik lokasi yang berbentuk longitude dan latitude, sehingga penentuan jarak antara kedua titik lokasi dapat ditentukan dengan persamaan haversine berikut [2], [11].

Dapat disimulasikan yakni dimana koordinat yang ingin dilakukan pengecekan adalah dengan latitude  $-4.108879$  dan longitude  $104.205151$ . Sedangkan untuk salah satu koordinat zona adalah dengan latitude  $-4.12683$  dan longitude  $104.16328$ . Dengan menggunakan persamaan 1 sampai 5 dapat diketahui jaraknya sebagai berikut.

$$a = \sin^2\left(\frac{-4.12683 - -4.108879}{2}\right) + \cos(-4.12683) \times \cos(-4.108879) \times \sin^2\left(\frac{104.16328 - 104.205151}{2}\right)$$

$$= 1.5736374240576856$$

$$c = 2 \times \text{atan2}(\sqrt{1.5736374240576856}, \sqrt{1 - 1.5736374240576856}) = 0.000793382002972637$$

$$D = 6371 \times 0.000793382002972637 = 5.054636740938671 \text{ Km.}$$

Perhitungan tersebut dapat terus dilanjutkan dengan koordinat zona yang lainnya sampai mendapatkan hasil berupa jarak zona terdekat dengan koordinat yang dimasukkan. Hasil tersebut menentukan apakah koordinat berada pada zona atau di luar zona. Jika berada di luar zona (jarak > radius zona (400 meter)) maka koordinat yang dimasukkan tersebut tidak boleh didirikan menara sedangkan jika di dalam zona (jarak <= radius zona (400 meter)) dapat dilakukan pengecekan status zona terdekat apakah existing atau new. Jika new maka disarankan mendirikan menara baru pada zona tersebut, namun jika existing maka tidak disarankan mendirikan menara baru, akan tetapi disarankan untuk bergabung dengan menara yang telah didirikan pada zona tersebut.

#### D. Kebutuhan menara

Dalam membuat sistem agar bisa melakukan perencanaan kebutuhan menara telekomunikasi bersama, maka diperlukan rancangan dari setiap perhitungan yang dibutuhkan. Dikarenakan perencanaan menara ditujukan untuk 5 tahun yang akan datang maka periode yang digunakan adalah 2022 - 2027. Rancangan perhitungan dari awal sampai menghasilkan jumlah kebutuhan menara bersama untuk tahun 2027 beserta jarak radius cakupan sinyal pada menara telekomunikasi yang telah ada saat ini sebagai pedoman dalam penataan menara yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

1) *Menghitung jumlah penduduk*: Perhitungan jumlah penduduk sangat penting untuk dilakukan karena jumlah penduduk akan sangat berpengaruh pada perhitungan yang lain seperti perhitungan pengguna layanan seluler, perhitungan traffic dan perhitungan kebutuhan BTS. Perhitungan jumlah penduduk dapat dilakukan dengan persamaan 6 sebagai berikut [8].

$$P_x = P_0(1 + r)^x \quad (6)$$

Dengan:

$P_x$ : prediksi penduduk masa yang akan datang

$P_0$ : penduduk pada tahun perhitungan

$r$ : laju pertumbuhan

$x$ : selisih tahun prediksi dengan tahun perencanaan

Dikarenakan belum tersedianya data statistik kependudukan untuk tahun 2022 maka perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan data statistik kependudukan yang paling terbaru yakni data tahun 2020 yang didapat dari situs Badan Pusat Statistik di Indonesia, yang telah dituangkan pada tabel 1. Menurut Muhammad Riski Pratomo, Fitri Imansyah, dan Jannus Marpaung [8] prediksi jumlah penduduk pada masa yang akan datang diperlukan untuk memprediksi pelanggan sampai tahun tertentu, dapat dihitung dengan menggunakan laju pertumbuhan dari kecamatan masing-masing. Dengan menggunakan persamaan 6, jumlah penduduk untuk tahun 2027 dapat dihitung sebagai berikut dengan hasilnya yang dituangkan pada tabel 1.

$$P_{\text{Baturaja Timur 2027}} = P_{2020}(1 + r_{2020})^t$$

$$P_{\text{Baturaja Timur 2027}} = 104488(1 + 0,0144)^7 = 115486,4683$$

TABEL 1  
DATA PENDUDUK PER KECAMATAN KABUPATEN OKU 2020 DAN 2027

Kecamatan	Jumlah penduduk 2020	Laju pertumbuhan (%) 2020	Jumlah prediksi penduduk 2027
Lengkiti	25032	-0.13	24805,09526



Kecamatan	Jumlah penduduk 2020	Laju pertumbuhan (%) 2020	Jumlah prediksi penduduk 2027
Sosoh Buay Rayap	13762	1.49	15263,15523
Pengandonan	10220	1.20	11110,01086
Semidang Aji	28195	1.32	30905,6845
Ulu Ogan	8965	0.29	9148,580484
Muara Jaya	7438	1.18	8074,560623
Peninjauan	32435	1.26	35406,2037
Lubuk Batang	32975	1.98	37825,95117
Sinar Peninjauan	22978	1.10	24806,77538
Kedaton Peninjauan Raya	12723	1.26	13888,48866
Baturaja Timur	104488	1.44	115486,4683
Lubuk Raja	30781	1.13	33299,88821
Baturaja Barat	37611	1.61	42060,07474

Pada tabel 1, terdapat data jumlah penduduk 2020 dan data laju pertumbuhan penduduk 2020 pada masing-masing kecamatan di Kabupaten OKU, data tersebut diperoleh dari situs badan pusat statistik Kabupaten Ogan Komering Ulu. Sehingga dapat dihitung jumlah prediksi penduduk pada tahun 2027 yang akan datang menggunakan persamaan 6, dan hasilnya telah dituangkan pada tabel 1 di kolom jumlah prediksi penduduk 2027.

2) *Menghitung Pengguna Layanan Seluler*: Jumlah pelanggan seluler dapat dihitung menggunakan persamaan 7 sebagai berikut [8].

$$P = X\% \times P_x \quad (7)$$

Dengan:

$P$  : pengguna layanan seluler

$X\%$  : teledensitas atau persentase pengguna layanan seluler

$P_x$  : penduduk tahun yang diprediksi

Menurut Muhammad Riski Pratomo, Fitri Imansyah, dan Jannus Marpaung [8], jumlah pengguna layanan seluler dapat dihitung dengan menggunakan nilai teledensitas atau persentase pengguna layanan seluler pada tingkat Provinsi. Teledensitas untuk Sumatera Selatan adalah 60,68%, yang didapat dari situs badan pusat statistik. Dengan menggunakan persamaan 7, jumlah pengguna layanan seluler dapat dihitung yakni  $P_{\text{Baturaja Timur 2027}} = 60,68\% \times 115486,4683 = 70077,18894$  dan seterusnya untuk kecamatan yang lainnya, sehingga dihasilkan jumlah pengguna layanan seluler untuk tahun 2027.

3) *Intensitas Traffic*: Traffic didefinisikan sebagai perpindahan informasi dari satu lokasi ke lokasi lain menggunakan jaringan telekomunikasi. Traffic tersebut dari suatu kanal dapat berupa lama waktu yang digunakan pengguna di kanal tersebut. Dari perhitungan Traffic ini dapat diketahui Network Performance and Quality of Service atau disebut dengan QoS. Dengan semakin besar Traffic yang dihasilkan maka semakin banyak pula BTS yang dibutuhkan [8]. Traffic dapat dihitung menggunakan persamaan 8 sebagai berikut [8].

$$A = \frac{V}{T} \quad (8)$$

Dengan,

$V$ : volume *Traffic* (menit)

$A$ : intensitas *Traffic*(Erlang)

$T$ : periode pengamatan(menit)

Intensitas traffic merupakan jumlah total waktu penduduk pada wilayah tertentu dalam suatu selang waktu pengamatan tertentu. Wilayah Kabupaten Ogan Komering Ulu termasuk ke dalam kategori Sub-urban dan rural, dengan daerah sub-urban berada pada pusat kota Baturaja dan wilayah lainnya termasuk ke dalam kategori rural. Intensitas traffic dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 yakni sebagai berikut. Daerah sub-urban, dengan rata-rata panggilan 60 menit per hari sehingga,  $A = 60 / (24 \times 60) = 41,67 \text{mErlang} = 0,04167 \text{ Erlang}$ . Daerah rural, dengan rata-rata panggilan 45 menit per hari sehingga,  $A = 45 / (24 \times 60) = 31,25 \text{mErlang} = 0,3125 \text{ Erlang}$ .

4) *Kebutuhan Traffic*: Total kebutuhan Traffic sangat dibutuhkan untuk dapat mengantisipasi jika terjadi lonjakan yang tak terduga pada saat jam sibuk. Menurut Muhammad Riski Pratomo, Fitri Imansyah, dan Jannus Marpaung [8], untuk menghitung kebutuhan traffic dapat dilakukan dengan menggunakan bahwa dari 100 kali panggilan terdapat 2 kali panggilan gagal maka  $GoS = 2\%$ ,  $GoS$  (Grade of Service) menyatakan derajat keandalan layanan berupa jumlah blocking yang terjadi terhadap panggilan total. Total Traffic dapat dihitung menggunakan persamaan 9 berikut [8].

$$T = P \times A \quad (9)$$

Dengan:

$T$  : total traffic (Erlang)

$P$  : jumlah pelanggan seluler

$A$  : intensitas Traffic (Erlang)

Setelah intensitas traffic diketahui, maka dapat dilakukan perhitungan kebutuhan traffic dengan menggunakan persamaan 9, yakni sebagai berikut.  $T_{\text{Baturaja Timur}} = 70077,18894 \times 0,04167 = 2919,882873$ ;  $T_{\text{Lengkiti}} = 150551,73181 \times 0,03125 = 470,3666189$  dan seterusnya untuk kecamatan yang lainnya.

5) *Kebutuhan BTS dan Menara Telekomunikasi*: Dalam penataan menara perlu memperhitungkan kebutuhan menara bersama dan zona baru, yang harus disesuaikan dengan peraturan yang ada. Prediksi kebutuhan menara pada setiap kecamatan di Kabupaten OKU dapat dihitung dengan persamaan 10 berikut [8].

$$M_t = \frac{B_t - B_0}{3} + M_0 \quad (10)$$

Dengan :

$M_t$  : menara pada tahun yang diprediksi

$M_0$  : menara pada tahun saat perhitungan

$B_t$  : BTS pada tahun yang diprediksi

$B_0$  : BTS pada tahun saat perhitungan

3 : kapasitas 3 BTS untuk satu menara.

Menurut Muhammad Riski Pratomo, Fitri Imansyah, dan Jannus Marpaung [8] kebutuhan BTS dapat menyesuaikan dengan pola sektor 3x3x3 dengan 1 sektor = 3 TRx, 1 TRx = 8 kanal (saluran) atau time slot, 3 TRx = 3x8 = 24 kanal – 2 (untuk signaling (1 untuk SDCCH, 1 untuk BCCH) = 22 kanal (untuk satu sektor), 3 x 22 kanal = 66kanal (untuk tiga sektor). dengan GoS 2% = 55,33 Erlang (pada tabel Erlang B dengan N=66 (kanal) dan B=2 (GoS)). Erlang merupakan satuan traffic dan GoS (Grade of Service) menyatakan derajat keandalan layanan, berupa jumlah blocking yang terjadi terhadap panggilan total [8]. Dengan menggunakan jumlah kanal dari ketiga sektor yakni 66 kanal dan dengan nilai GoS = 2%, maka didapatkan nilai dari tabel Erlang B sebesar 55,33 Erlang (kapasitas 1 BTS). Dari penjelasan tersebut menyatakan bahwa pola BTS memiliki nilai GoS sebesar 2% atau sama dengan 55,33 Erlang yang dapat ditentukan menggunakan tabel Erlang B. Maka jumlah BTS dapat diperoleh dengan membagi jumlah kebutuhan traffic dengan nilai GoS [8] yakni.  $B_{2027 \text{ Lengkiti}} = 470,3666189 / 55,33 = 9$  (hasil selalu dibulatkan ke atas) Dan seterusnya untuk kecamatan yang lainnya, sehingga dihasilkan jumlah BTS tahun 2027. Setelah jumlah BTS tahun 2027 diketahui, maka dengan menerapkan konsep menara bersama yakni 1 menara dapat menampung lebih dari satu BTS, jumlah kebutuhan menara baru dapat ditentukan dengan memanfaatkan jumlah BTS tahun 2020 atau agar hasilnya dapat lebih sesuai maka dapat menggunakan rekap data tahun terakhir yakni 2022. Kebutuhan menara untuk tahun 2027 dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 10 yakni sebagai berikut.  $M_{2027 \text{ Lengkiti}} = (B_{2027} - B_{2022}) / 3 + M_{2022} = (9 - 10) / 3 + 10 = 10$  menara (dibulatkan ke atas) dan seterusnya untuk kecamatan yang lainnya, sehingga dihasilkan jumlah kebutuhan menara tahun 2027 yakni pada tabel 2 berikut.

TABEL 2  
SELISIH JUMLAH MENARA 2027 DENGAN 2022

Kecamatan	BTS 2022	Menara 2022	Menara 2027	Selisih Menara
Lengkiti	10	10	10	0
Sosoh Buay Rayap	6	8	8	0
Pengandonan	4	4	4	0
Semidang Aji	16	15	14	-1
Ulu Ogan	5	5	5	0
Muara Jaya	0	0	1	1
Peninjauan	18	18	17	-1
Lubuk Batang	14	14	14	0
Sinar Peninjauan	11	11	11	0
Kedaton Peninjauan Raya	4	4	5	1

Kecamatan	BTS 2022	Menara 2022	Menara 2027	Selisih Menara
Baturaja Timur	40	42	46	4
Lubuk Raja	10	9	10	1
Baturaja Barat	14	14	15	1
<b>TOTAL</b>		<b>154</b>	<b>160</b>	<b>6</b>

Dari hasil perhitungan tersebut dijelaskan bahwa jika selisih menara lebih besar dari 0, maka perlu dilakukan penambahan menara bersama sebanyak nilai selisihnya, jika selisih menara sama dengan 0 atau kurang dari 0 maka tidak perlu dilakukan penambahan menara.

6) *Radius Cakupan Menara Telekomunikasi*: Selain menentukan perencanaan kebutuhan jumlah menara telekomunikasi bersama, sistem yang dibuat juga akan dapat menentukan estimasi jangkauan sinyal dari menara telekomunikasi yang telah didirikan. Hasil dari perhitungan ini sangat berguna untuk menentukan peletakan zona baru. Hasil perhitungan tersebut dapat divisualisasikan pada peta digital dengan menggunakan bentuk lingkaran sebagai jangkauan sinyal menara dengan radius yang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai 11 berikut [12].

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_b^2 h_m^2}{d^4} \quad (11)$$

Di mana:

$P_r$ : daya terima pelanggan

$P_t$ : daya pancaran BTS

$G_t$ : penguatan BTS

$G_r$ : penguatan penerima

$h_b^2$ : ketinggian antenna pemancar

$h_m^2$ : ketinggian antenna penerima

$d^4$ : jarak antara pemancar dan penerima

Radius cakupan menara sangat berguna untuk melakukan penataan menara. Menurut Ardian [13] kekuatan sinyal terdiri dari tiga kategori yakni >-65dBm (Sangat baik), -65dBm sampai -85dBm (Baik), dan <- 85dBm (Buruk), maka untuk menentukan wilayah mana yang telah tercakup sinyal dengan kekuatan yang baik, dapat ditentukan kategori kekuatan sinyal yang dihitung adalah -65dBm =  $3,1623 \times 10^{-10}$  watt dan -85dBm =  $3,1623 \times 10^{-12}$  watt. Radius cakupan menara dapat dihitung dengan persamaan 11 di mana  $P_t$  diberi nilai 28dBm atau sama dengan 0,63watt yang didasarkan pada standar ETSI GSM 05.05 versi 5.0.0 [14]. Sementara untuk posisi antenna sama dengan atau kurang dari ketinggian menara dan untuk posisi antenna penerima ketinggiannya adalah 1 meter. Untuk penggunaan persamaan 11 yang diketahui salah satu variasi ketinggian antenna 100 meter maka,

$$d_{-65dBm}^4 = 0,63 \times (100^2 \times 1^2) / (3,1623 \times 10^{-10}) = 2112,683159$$

$$d_{-85dBm}^4 = 0,63 \times (100^2 \times 1^2) / (3,1623 \times 10^{-12}) = 6680,890756$$

Dan seterusnya untuk variasi ketinggian menara lainnya, sehingga didapatkan radius cakupan sinyal pada tabel 3 berikut.

TABEL 3  
RADIUS CAKUPAN SINYAL -65DBM DAN -85DBM PADA BEBERAPA VARIASI KETINGGIAN

Radius cakupan Dengan Kekuatan -65dBm dan -85dBm						
Hb	Pr-65dBm	Pr-85dBm	Pt	Hm	D-65dBm	D-85dBm
70	$3,1623 \times 10^{-10}$	$3,1623 \times 10^{-12}$	0,63	1	1767,597548	5589,634237
82	$3,1623 \times 10^{-10}$	$3,1623 \times 10^{-12}$	0,63	1	1913,115968	6049,803886
90	$3,1623 \times 10^{-10}$	$3,1623 \times 10^{-12}$	0,63	1	2004,267227	6338,049476
100	$3,1623 \times 10^{-10}$	$3,1623 \times 10^{-12}$	0,63	1	2112,683159	6680,890756

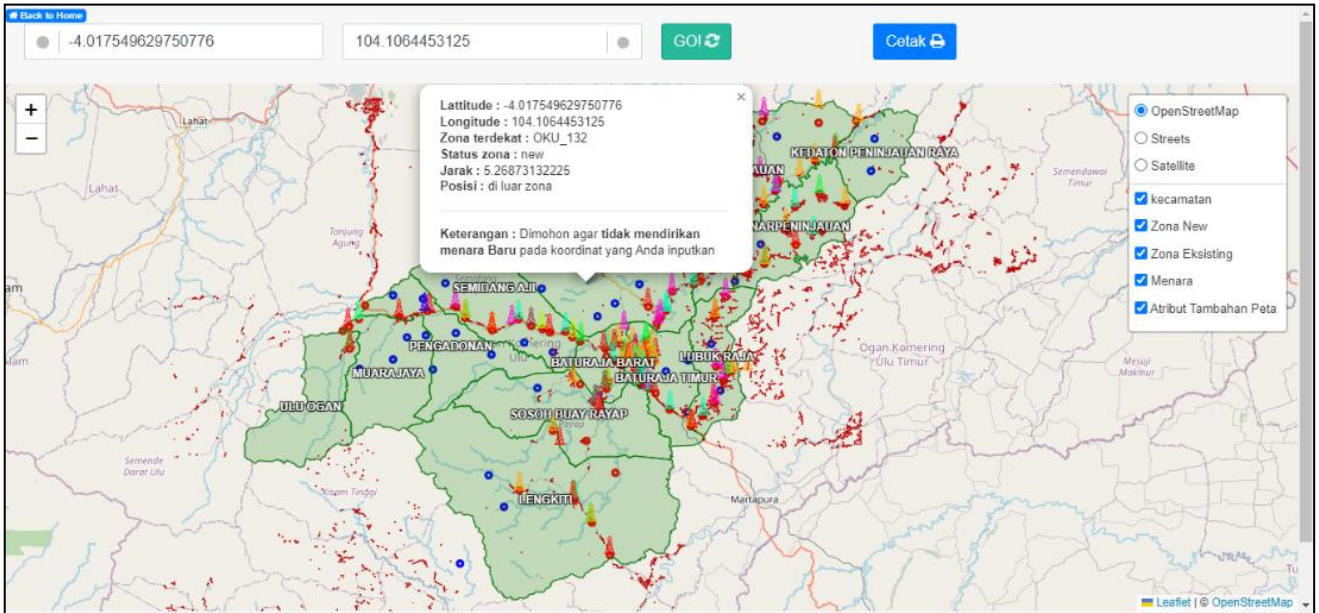
#### E. Implementasi Kode Program dengan Metode Haversine

Berdasarkan rancangan proses pengecekan kesesuaian koordinat yang dimasukkan pengunjung dengan tata ruang untuk menara telekomunikasi yang ada pada sistem dengan mengimplementasikan metode Haversine maka kode programnya dapat dibuat seperti berikut.

```
$query = $this->Model2->get('tb_zona')->result();
foreach ($query as $key => $value) {
    $lat_tb = $value->latitude;
    $long_tb = $value->longitude;
    // konversi dari degrees ke radians
    $lat_from = deg2rad($lat);
    $long_from = deg2rad($long);
    $lat_tb_to = deg2rad($lat_tb);
    $long_tb_to = deg2rad($long_tb);
    $lat_delta = $lat_tb_to - $lat_from;
    $long_delta = $long_tb_to - $long_from;
    $angle = 2 * asin(sqrt(pow(sin($lat_delta / 2), 2) + cos($lat_from) * cos($lat_tb_to) * pow(sin($long_delta / 2),
2)));
    // in km
    $distance = 6371 * $angle;
    // in m
    // $distance = $distance * 1000;
    if ($distance < $sterdekat) {
        $sterdekat = $distance;
        $siteid_temp = $value->site_id;
        $statuszon_temp = $value->status;
        $latzon_temp = $value->latitude;
        $longzon_temp = $value->longitude;
    }
}
if ($sterdekat <= 0.4) {
    // berada di dalam zona
    $pesan_posisi = 'di dalam zona ' . $siteid_temp;
    if ($statuszon_temp == 'new') {
        $sket = 'Koordinat yang Anda inputkan berada pada zona yang <b>direkomendasikan</b> untuk mendirikan
menara telekomunikasi yang baru';
    } elseif ($statuszon_temp == 'eksisting') {
        $sket = 'Koordinat yang Anda inputkan berada pada zona yang <b>Tidak direkomendasikan</b> mendirikan
menara telekomunikasi yang baru, <i>disarankan untuk bergabung dengan menara yang telah ada pada zona </i>' .
$siteid_temp;
    }
} elseif ($sterdekat > 0.4) {
    // berada di luar zona
    $pesan_posisi = 'di luar zona ';
    $sket = 'Dimohon agar <b>tidak mendirikan menara Baru</b> pada koordinat yang Anda inputkan';
}
```

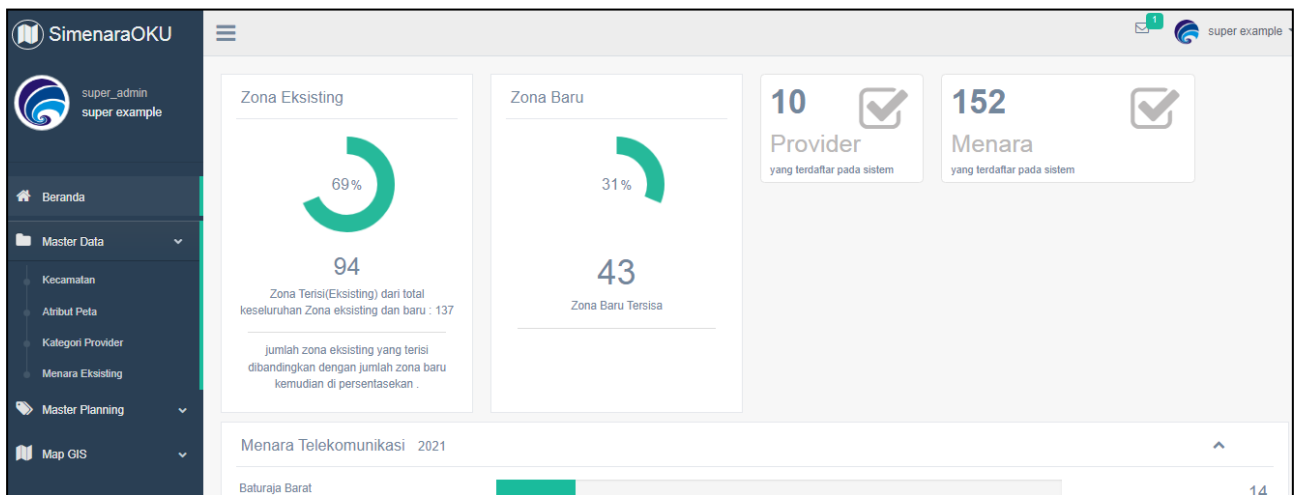
#### F. Tampilan Sistem

Berdasarkan rancangan yang telah dipaparkan sebelumnya, sehingga dapat diimplementasikan ke dalam bentuk kode program yang hasil tampilan antarmukanya seperti pada beberapa gambar berikut.



Gambar 6. Pengecekan Koordinat dengan Metode Haversine

Gambar 6 adalah halaman di mana pengguna dapat melakukan pengecekan koordinat menara yang akan didirikan.

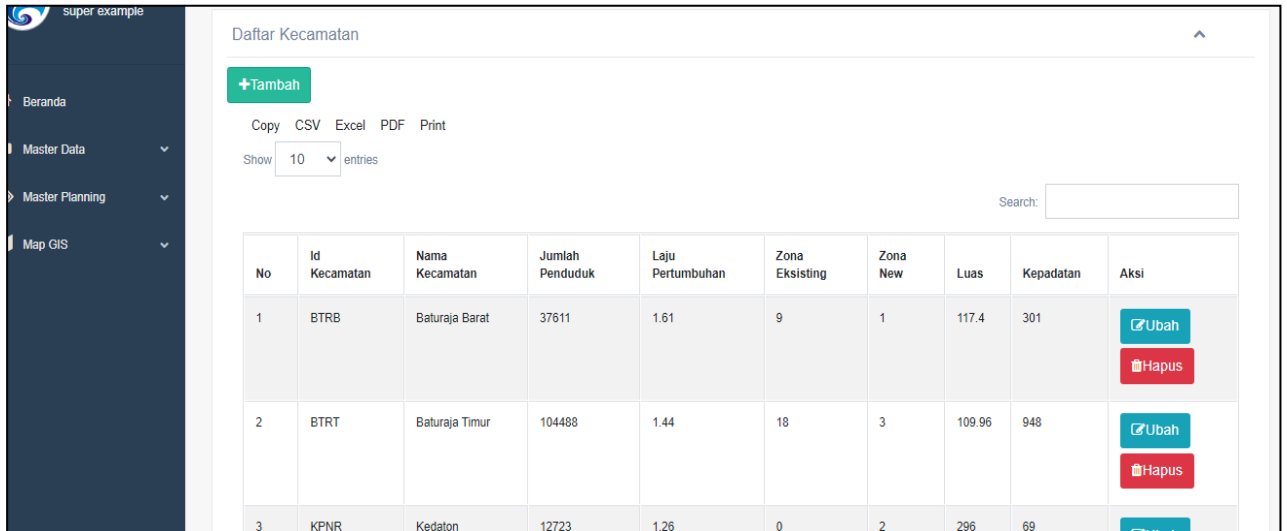


Gambar 7. Beranda Pegawai

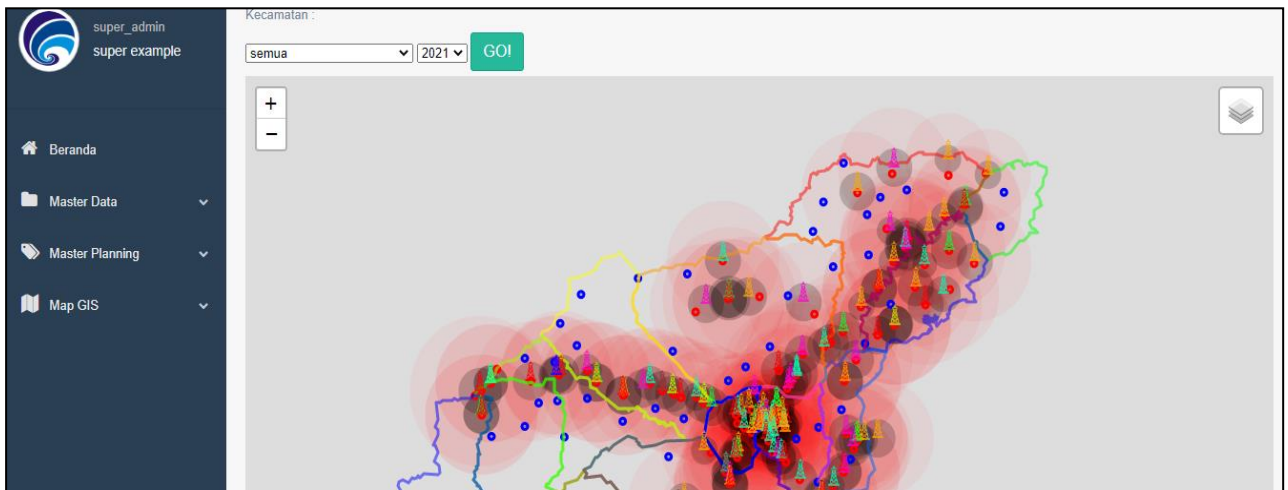
Gambar 7 merupakan halaman di mana pegawai dapat melihat informasi mengenai data yang tersedia di sistem yang dituangkan ke dalam grafik dan sebagainya.

Gambar 8 merupakan halaman di mana pegawai dapat melihat serta mengelola data. Fungsi tambah, ubah, dan hapus data hanya bisa diakses oleh operator, sedangkan pimpinan hanya dapat melihat saja.

Gambar 9 merupakan halaman di mana pegawai dapat melihat serta peta menara telekomunikasi. Peta menara bagi pegawai memiliki informasi yang lebih lengkap dibandingkan dengan peta menara bagi pengunjung, yakni peta bagi pengunjung tidak terdapat informasi radius cakupan menara.



Gambar 8. Kelola Data



Gambar 9. Peta Menara

### G. Pengujian Sistem

Dalam menerapkan sebuah sistem perlu terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem telah sesuai dengan rancangan atau telah berjalan sebagaimana mestinya. Pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan teknik black-box yakni memfokuskan pada persyaratan fungsional sistem dengan mengamati proses masukan dan keluaran pada sistem [15]. Hasil pengujian sistem yang telah dilakukan terdapat pada tabel 4 berikut.

TABEL 4  
PENGUJIAN SISTEM

Pemakai	Kelas Uji	Butir Uji	Hasil
<b>Operator (Pegawai)</b>	Login	Memasukkan data login dan akses diterima	OK
	Beranda	Lihat informasi menara telekomunikasi	OK
	Kelola Data	CRUD data Pada Sistem	OK
	Peta Menara	Lihat Peta Menara	OK
<b>Pimpinan (Pegawai)</b>	Login	memasukkan data login dan akses diterima	OK
	Beranda	Lihat informasi menara telekomunikasi	OK
	Kelola Data	Lihat data Pada Sistem	OK
	Peta Menara	Lihat Peta Menara	OK

Pemakai	Kelas Uji	Butir Uji	Hasil
Pengunjung	About	Lihat informasi about	OK
	Halaman Utama	Lihat halaman awal ketika akses sistem	OK
	Persebaran Menara	Lihat Peta Persebaran Menara	OK
	Cek Koordinat	Cek koordinat yang dimasukkan	OK
	Kontak	Lihat Kontak	OK

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan bahwa pada sistem ini terdapat tiga entitas yaitu pengunjung, operator dan pimpinan. Pada sistem ini juga terdapat sembilan proses yaitu login, kelola menara, kelola zona, kelola kecamatan, kelola provider, kelola pegawai, lihat peta menara, cek koordinat, dan rencana kebutuhan menara. Selain itu, sistem ini memiliki lima tabel penyimpanan data yaitu pegawai, menara, zona, kecamatan dan provider.

Pada sistem yang dibuat terdapat visualisasi berupa peta digital baik itu memuat file GeoJSON maupun data peta yang telah tersedia pada leafletJS, dan juga pengecekan kesesuaian koordinat lokasi, dengan menghitung jarak antara koordinat yang mengimplementasikan metode haversine, di mana pada koordinat yang dicek tersebut ingin didirikan menara baru. Untuk melakukan penataan zona pendirian menara harus berpedoman pada rencana kebutuhan menara, di mana terdapat beberapa perhitungan, yang kemudian menghasilkan jumlah penambahan menara untuk lima tahun yang akan datang yaitu penambahan pada kecamatan Muara Jaya, Kedaton Peninjauan Raya, Baturaja Timur, Lubuk Raja, dan Baturaja Barat. Dari hasil penambahan tersebut harus ditata letak zonanya pada peta dengan disesuaikan pada jangkauan sinyal menara dengan level kekuatan sinyal (-65dBm dan -85dBm) dan ada tidaknya pemukiman. Sehingga dapat divisualisasikan pada peta digital. Dengan hasil visualisasi tersebut dapat membuat penyajian informasi geografis menara telekomunikasi menjadi lebih efektif dan efisien, yang dapat berguna bagi setiap pemakainya untuk mengoptimalkan pemanfaatan layanan informasi menara telekomunikasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada DISKOMINFO OKU yang telah berkenan memberikan izin melakukan penelitian. Terima kasih kepada pegawai DISKOMINFO OKU terkhusus bidang Pemberdayaan Informatika yang telah membantu agar penelitian ini dapat berlangsung dengan baik. Selain itu, turut berterima kasih pula kepada Universitas Sriwijaya Program Studi Sistem Informasi khususnya kepada Bapak Ari Wedhasmara, M.T.I. selaku dosen pembimbing, Bapak Dedy Kurniawan, M.Sc. selaku penguji 2, Bapak Apriansyah Putra, M.Kom. selaku penguji 1, Bapak Fathoni, MMSI. selaku ketua penguji yang telah membantu pengerjaan penelitian ini. Serta ucapan terima kasih bagi keluarga dan seluruh orang yang telah mendukung, baik dari segi materi maupun non-materi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Viana, I. Boavida-Portugal, E. Gomes, J. Rocha, L. Thruong - Hong dan A. Phan, "Introductory Chapter: GIS and Spatial Analysis," dalam GIS and Spatial Analysis, IntechOpen, 2023.
- [2] I. H. A. Amin dan W. , "Implementasi Metode Haversine Untuk Pencarian Optical Distribution Point," *Dinamika Informatika*, vol. 13, no. 1, pp. 28-35, 2021.
- [3] A. Nugroho, R. Jumardi dan N. F. Ramadhania, "Penerapan Metode Haversine Formula Untuk Penentuan Titik Kumpul pada Aplikasi Tanggap Bencana," *METIK*, vol. 4, no. 2, pp. 69-75, 2020.
- [4] R. H. D. Putra, H. Sujiani dan N. Safridi, "Penerapan Metode Haversine Formula Pada Sistem Informasi Geografis Pengukuran Luas Tanah," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2015.
- [5] A. Fauzi, F. Fernando dan M. Raharjo, "Penerapan Metode Haversine Formula Pada Aplikasi Pencarian Lokasi Tempat Tambal Ban Kendaraan Bermotor Berbasis Mobile Android," *Jurnal Teknik Komputer*, vol. IV, no. 2, pp. 56-63, 2018.
- [6] F. dan Y. Yunus, "Analisa Algoritma Haversine Formula Untuk Pencarian Lokasi Terdekat Rumah Sakit Dan Puskesmas Provinsi Gorontalo," *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 9, no. 3, pp. 353-355, 2017.
- [7] Y. Miftahuddin, S. Umaroh dan F. R. Karim, "Perbandingan Metode Perhitungan Jarak Euclidean, Haversine, dan Manhattan dalam Penentuan Posisi Karyawan (Studi Kasus : Institut Teknologi Nasional Bandung)," *Jurnal Tekno Insentif*, vol. 14, no. 2, pp. 69-77, 2020.
- [8] M. R. Pratomo, F. Imansyah dan J. Marpaung, "Perencanaan Kebutuhan BTS Dalam Penerapan Menara Bersama di Kabupaten Mempawah," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [9] A. Maulana, A. Solichin dan M. Syafrullah, "Penerapan Metode Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Untuk Penentuan Lokasi Pembangunan Menara Telekomunikasi Pada Kota Tangerang," *ijse.web.id IJSE-Indonesian Journal on Software Engineering*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [10] M. M. Purba dan I. Katuju, "Perancangan Sistem Pengolahan Data Panen Berbasis Web Pada Kelompok Tani Harvest Minde," *JSI (Jurnal Sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, vol. 10, no. 2, pp. 187-208, 2023.

- [11] C. A. Pamungkas, "Aplikasi penghitung jarak koordinat berdasarkan latitude dan longitude dengan metode euclidean distance dan metode haversine," *Jurnal Informa: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 2, pp. 8-13, 2019.
- [12] T. S. Rappaport, *Wireless communications: principles and practice*, Prentice Hall PTR, 2002.
- [13] Y. Ardian, "Analisis Jenis Material Terhadap Jumlah Kuat Sinyal Wireless LAN Menggunakan Metode Cost-231 Multiwall Indoor," *JURNAL MATRIX*, vol. 7, no. 3, pp. 68-73, 2017.
- [14] ETSI TC-SMG, "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio transmission and reception," 1996.
- [15] P. Dellia dan N. Aini, "Sistem Informasi Museum Cakraningrat Terintegrasi Media Sosial Sebagai Media Promosi Wisata Halal di Madura," *Jurnal TEKNOINFO*, vol. 17, no. 2, pp. 358-370, 2023.