

Sistem Penentuan Lokasi Menara Base Transceiver Station dengan Algoritma AHP-TOPSIS

Muh. Ikhsan Amar^{1,*}, Ramdana¹, Alvian Tri Putra DA²

¹FIKOM, Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Megarezky, Makassar, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, Institut Teknologi Habibi, Pare-Pare, Indonesia

Email: ^{1,*} ikhsan.amar93@gmail.com, ²imuda931@gmail.com, ³alvianit@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: ikhsan.amar93@gmail.com

Submitted: 02/11/2022; Accepted: 28/12/2022; Published: 30/12/2022

Abstrak—Teknologi telekomunikasi seluler saat ini sudah menjadi sarana yang tak terpisahkan dari pola kehidupan manusia yang semakin mobile, hal ini tentunya berimbas pada penggunaan teknologi telekomunikasi seluler yang semakin meningkat. Indonesia sebagai salah satu negara maritim yang memiliki ribuan gugusan pulau hingga saat ini masih memiliki beberapa daerah yang jangkauan jaringan telekomunikasinya masih terbatas dan belum merata sehingga perlu dilakukan perencanaan untuk lokasi pendirian menara BTS. Permasalahan yang kemudian dihadapi adalah bagaimana menentukan lokasi pendirian menara BTS, metode dan kriteria apa yang digunakan, dan apakah kandidat lokasi telah terintegrasi dengan menara BTS eksisting. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem penentuan lokasi pendirian menara BTS yang dapat memberikan visualisasi informasi persebaran menara BTS eksisting dan radius coverage areanya. Analisis dan penentuan lokasi menggunakan kombinasi metode AHP dan TOPSIS. Metode AHP digunakan untuk penentuan objektifitas bobot dan tingkat kepentingan kriteria lokasi menara BTS. Selanjutnya, hasil perbandingan kriteria digunakan pada metode TOPSIS untuk menilai rating dari tiap-tiap kandidat lokasi. Hasil penelitian diperoleh kriteria untuk lokasi menara BTS adalah kepadatan penduduk dengan bobot 0.42, jarak menara eksisting 0.2, akses lokasi 0.31, dan biaya instalasi 0.08. Sedangkan untuk kandidat lokasi diukur menggunakan variabel linguistik dengan bobot 0.67 untuk kriteria sangat baik, 0.23 untuk baik, dan 0.10 untuk cukup baik. Pengujian sistem dilakukan pada penentuan lokasi menara BTS di Kecamatan Sinjai Borong dengan menganalisis 3 kandidat lokasi dan diperoleh hasil bahwa lokasi Samaenre adalah kandidat terbaik dengan rating 0.74.

Kata Kunci: Menara BTS; AHP-TOPSIS; Analisis Lokasi

Abstract—Cellular telecommunications technology has now become an integral part of the pattern of human life which is increasingly mobile, this of course has an impact on the increasing use of cellular telecommunications technology. Indonesia, as a maritime country that has thousands of island clusters, currently still has several areas where telecommunication network coverage is still limited and uneven, so it is necessary to plan locations for the establishment of BTS towers. The problems that are then faced are how to determine the location of the BTS tower construction, what methods and criteria are used, and whether the candidate locations have been integrated with the existing BTS towers. This study aims to develop a location determination system for the establishment of BTS towers that can provide visualization of information on the distribution of existing BTS towers and their radius of coverage area. Location analysis and determination using a combination of AHP and TOPSIS methods. The AHP method is used to determine the objectivity of the weights and the importance of the criteria for the location of BTS towers. Furthermore, the results of the comparison of criteria are used in the TOPSIS method to assess the rating of each location candidate. The results showed that the criteria for the location of BTS towers were population density with a weight of 0.42, distance of existing towers of 0.2, location access of 0.31, and installation costs of 0.08. Meanwhile, location candidates are measured using linguistic variables with a weight of 0.67 for very good criteria, 0.23 for good, and 0.10 for good enough. System testing was carried out on determining the location of BTS towers in Sinjai Borong District by analyzing 3 candidate locations and the result was that Samaenre location was the best candidate with a rating of 0.74.

Keywords: BTS Tower; AHP-TOPSIS; Location Analysis

1. PENDAHULUAN

Menara *Base Transceiver Station* atau BTS merupakan salah satu infrastruktur penting dalam kemajuan teknologi telekomunikasi, khususnya teknologi telekomunikasi seluler, baik GSM (*Global System for Mobile Communication*) ataupun CDMA (*Code Division Multiple Access*). Teknologi telekomunikasi seluler saat ini sudah menjadi sarana yang tak terpisahkan dari pola kehidupan manusia yang semakin mobile, hal ini tentunya berimbas pada peningkatan jumlah penggunaan teknologi telekomunikasi seluler yang setiap hari semakin bertambah. Peningkatan tersebut telah mendorong vendor teknologi telekomunikasi seluler untuk terus meningkatkan kuantitas dan kualitas jaringan telekomunikasi dengan memperluas *coverage* area dan meningkatkan kapasitas layanan trafik [1]. Untuk memfasilitasi hal tersebut, upaya yang dilakukan oleh vendor teknologi telekomunikasi adalah dengan mendirikan perangkat-perangkat telekomunikasi seperti menara BTS di titik yang strategis, mulai dari kota besar hingga kabupaten yang berkembang [2][3].

Indonesia merupakan salah satu negara maritim terbesar di dunia yang memiliki ribuan gugusan pulau yang perlu dihubungkan dengan teknologi jaringan telekomunikasi. Sebagai negara maritim, Indonesia hingga saat ini masih memiliki beberapa daerah yang jangkauan jaringan telekomunikasinya masih terbatas dan belum merata sehingga perlu dilakukan analisis dan perencanaan untuk lokasi pendirian menara BTS diberbagai lokasi. Permasalahan yang kemudian dihadapi adalah bagaimana menganalisis dan menentukan lokasi pendirian menara BTS, metode dan kriteria apa yang harus digunakan, dan apakah kandidat lokasi telah saling terintegrasi dengan menara BTS eksisting. Jika ditinjau lebih jauh lagi, maka permasalahan yang juga tidak kalah pentingnya adalah

bukan hanya pada penentuan lokasinya tetapi juga pada persebarannya yang dapat dimonitoring secara cepat, mudah dan akurat sebagai data untuk mendukung pengampluh kepentingan dalam pengambilan keputusan[4]. Selain itu penempatan lokasi menara BTS juga harus mempertimbangkan dan memperhatikan estetika lingkungan dan tata ruang wilayah [5].

Sebagai jawaban atas permasalahan yang telah dipaparkan di atas, maka dibutuhkan suatu sistem penentuan lokasi menara BTS dengan metode rating teknik yang terstruktur dan didukung dengan media yang memvisualisasikan persebaran menara BTS eksisting serta *coverage* areanya. Hasil rancangan sistem kemudian diimplementasikan menjadi perangkat lunak komputer yang dapat diakses dan digunakan secara *mobile* kapanpun dan dimanapun [6].

Salah satu daerah yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan tepatnya di Kabupaten Sinjai yakni Kecamatan Sinjai Borong yang secara topologi wilayah terletak didataran tinggi membuat daerah tersebut memiliki potensi diberbagai bidang seperti pertanian, perkebunan, peternakan, dan pariwisata. Beberapa prestasi telah diraih Kecamatan Sinjai Borong seperti juara 1 lomba desa tingkat Kabupaten, Tingkat Provinsi, dan Tingkat Nasional pada tahun 2019. Namun keberadaan menara BTS sebagai infrastruktur telekomunikasi di Kecamatan Sinjai Borong yang masih minim mengakibatkan jangkauan jaringan telekomunikasi menjadi cukup terbatas dan tidak merata, akibatnya akses dan persebaran informasi di daerah tersebut menjadi cukup pasif. Olehnya itu, metode dan sistem yang dibangun pada penelitian ini akan diuji pada penentuan lokasi menara BTS yang potensial di Kecamatan Sinjai Borong.

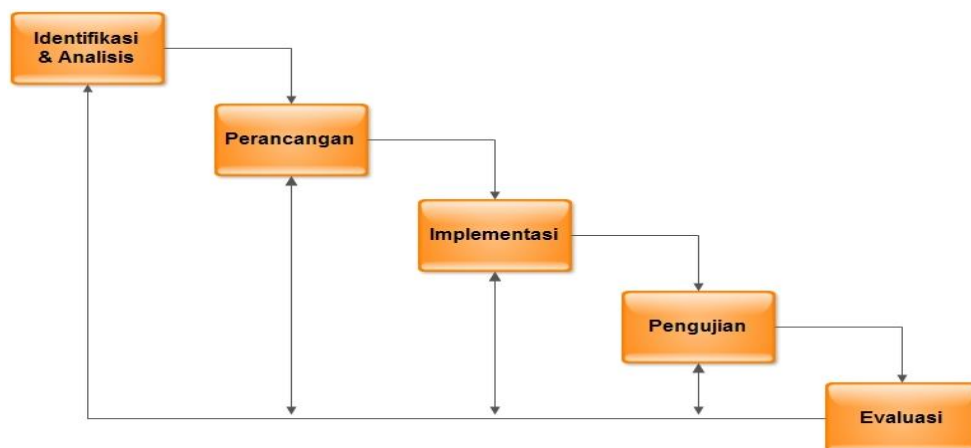
Beberapa artikel ilmiah pada jurnal nasional telah membahas tentang penentuan lokasi menara BTS. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh [6] dengan membangun sistem berbasis web yang memperoleh hasil penelitian berupa nilai prioritas untuk memilih lokasi menara BTS. Namun penelitian ini hanya sampai pada penentuan lokasi menara tanpa menampilkan pola letak persebaran menara disekitarnya. Penelitian lain yang dilakukan oleh [7] dengan menggunakan kriteria bayes dan [8] dengan menggunakan metode Fuzzy MADM yang hasil penelitian keduanya berupa perangkat lunak yang memberikan rekomendasi lokasi menara BTS pada suatu daerah berdasarkan hasil analisis dan penilaian kriteria. Namun kekurangan pada penelitian ini juga tidak memberikan visualisasi persebaran menara eksisting dan calon lokasi menara baru. Selanjutnya ada penelitian dari [5] dengan metode TOPSIS yang melakukan analisis pada penentuan pemasangan antenna di menara BTS yang telah ada. Penelitian ini juga menghasilkan rekomendasi lokasi untuk pemasangan antenna baru tetapi tidak memvisualisasikan cakupan *coverage* area dari menara BTS eksisting.

Dari hasil tinjauan beberapa penelitian sebelumnya, terdapat kekurangan pada tidak adanya visualisasi dan informasi persebaran menara BTS eksisting. Selain itu, penentuan bobot kriteria penilaian juga tidak dilakukan dengan membandingkan skala prioritas dari masing-masing kriteria. Pada penelitian ini bukan hanya menentukan lokasi menara BTS tetapi juga akan memberikan visualisasi informasi persebaran menara BTS eksisting. Penelitian ini juga mengkombinasikan metode AHP dan TOPSIS. Metode AHP akan digunakan untuk menentukan objektifitas bobot dan tingkat kepentingan dari masing-masing kriteria lokasi menara BTS dengan teknik perbandingan berpasangan. Selanjutnya, bobot penilaian dari hasil perbandingan kriteria akan digunakan pada metode TOPSIS untuk menilai rating dari tiap-tiap kandidat lokasi [8][9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini membahas tentang penentuan lokasi menara BTS dengan kombinasi metode AHP dan TOPSIS. Tahapan pelaksanaan penelitian menggunakan alur waterfall model yang dibagi menjadi 5 tahap [11]. Adapun kelima tahap tersebut akan dijabarkan berikut ini:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

a. Identifikasi dan Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis dan identifikasi kebutuhan penelitian yang terdiri atas identifikasi data/informasi, analisis data/informasi, tujuan keputusan, identifikasi parameter, identifikasi alternatif, dan membangun struktur hirarki permasalahan. Hasil analisis tersebut kemudian didokumentasikan dalam lembar penelitian.

b. Analisis dan Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan, dilakukan penerjemahan syarat kebutuhan sebuah perancangan sistem sebelum dibuatnya proses pengkodean (*coding*). Proses ini berfokus pada arsitektur sistem, struktur sistem (struktur data & basis data), detail algoritma (AHP-TOPSIS), dan representasi interface. Secara khusus pada tahap perancangan dapat dibagi menjadi 2 spesifikasi kegiatan yaitu perancangan *dataflow* dan *user interfaces*.

c. Implementasi Analisis dan Perancangan

Pada tahap ini diterjemahkan hasil perancangan ke bentuk yang dapat dieksekusi oleh mesin dengan menggunakan bahasa pemrograman. Dari sisi teknis tahap ini meliputi pengkodean (*coding*) sistem, *compile* sistem, dll.

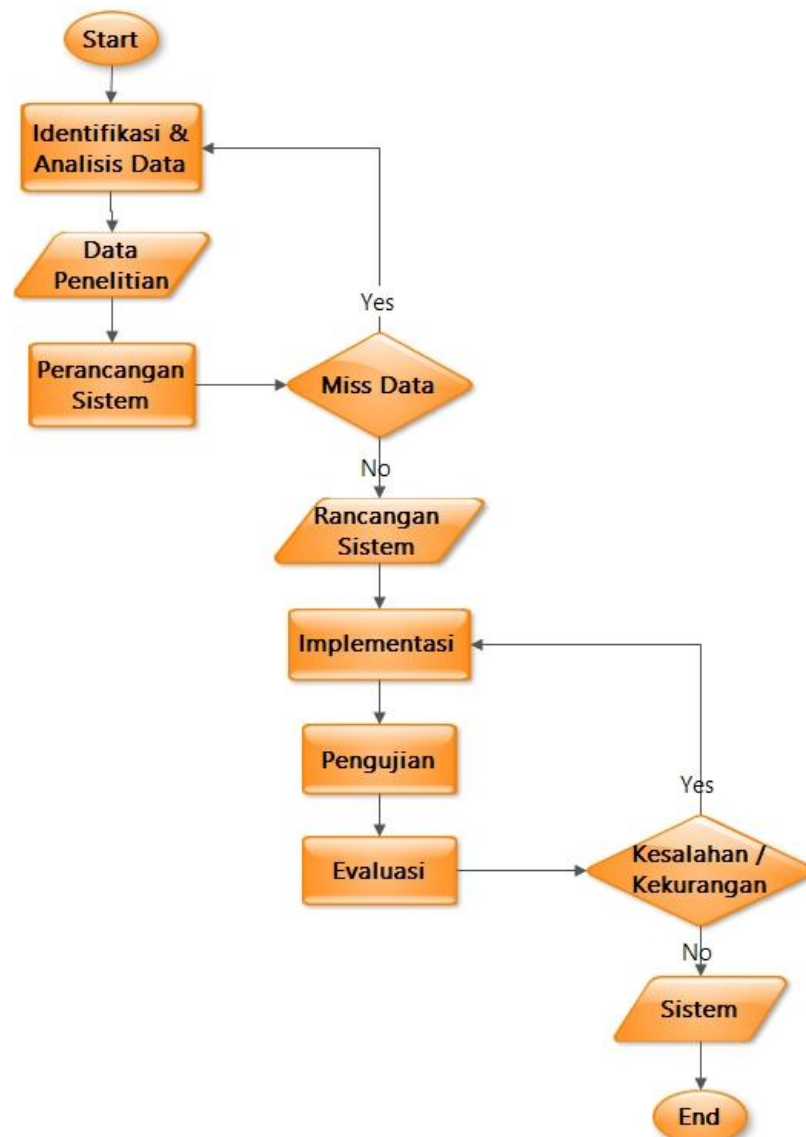
d. Pengujian

Pengujian sistem bertujuan memeriksa segala kemungkinan terjadinya kesalahan baik dari segi logika internal maupun eksternal fungsional. Pengujian juga dilakukan pada studi kasus penelitian yaitu di Kecamatan Sinjai Borong Kabupaten Sinjai.

e. Evaluasi

Evaluasi merupakan bagian akhir dari siklus penelitian ini dan dilakukan setelah tahap pengujian. Bertujuan mengoreksi apabila terdapat kesalahan pada sistem yang baru teridentifikasi pada saat pengujian. Juga ditujukan untuk menambah kemampuan sistem seperti memberikan fungsi-fungsi tambahan, peningkatan kinerja, dll.

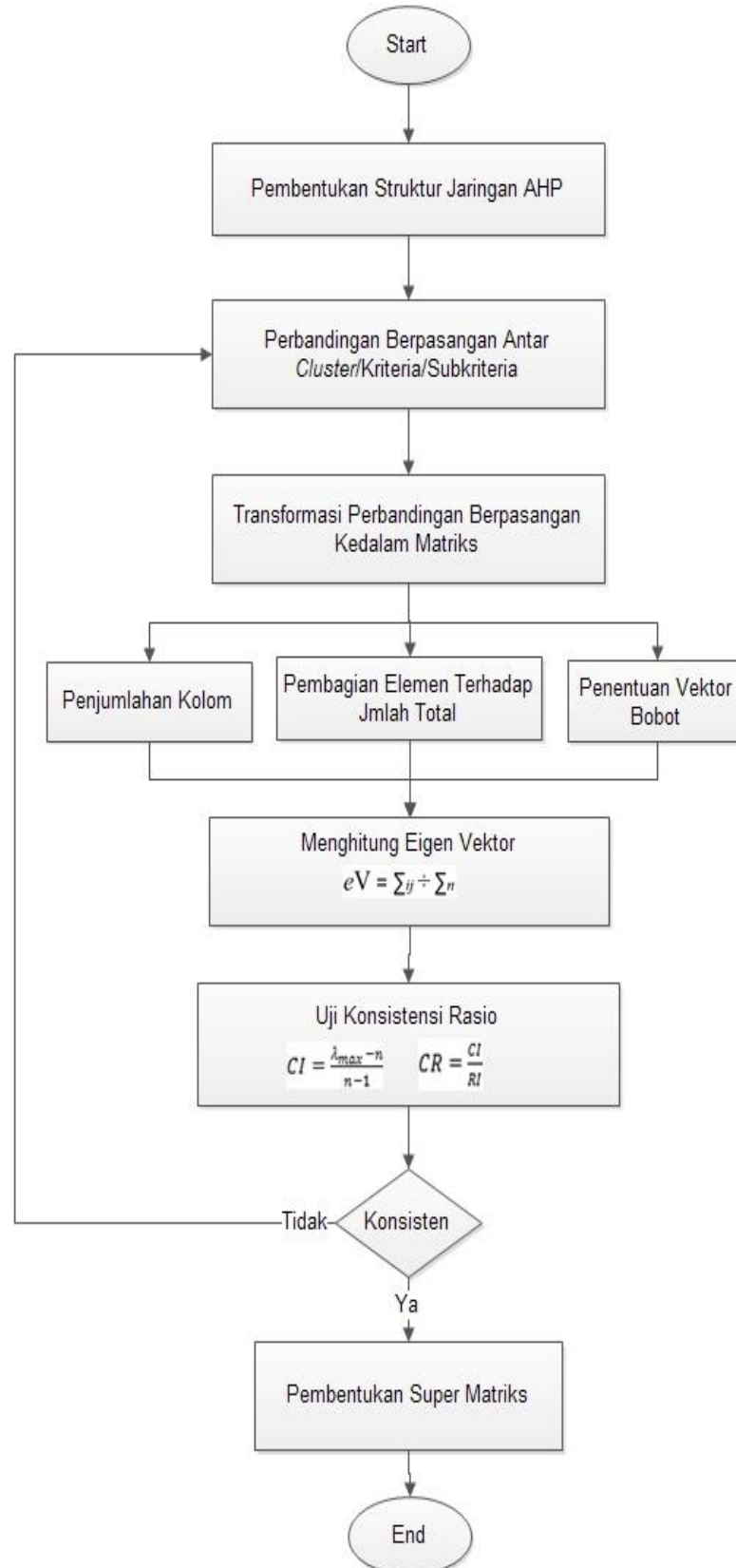
Dari pembahasan tahapan penilaian yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan prosedur terinci penelitian ini pada flowchart diagram berikut:



Gambar 2. Rincian Tahapan Penelitian

2.2 Metode AHP

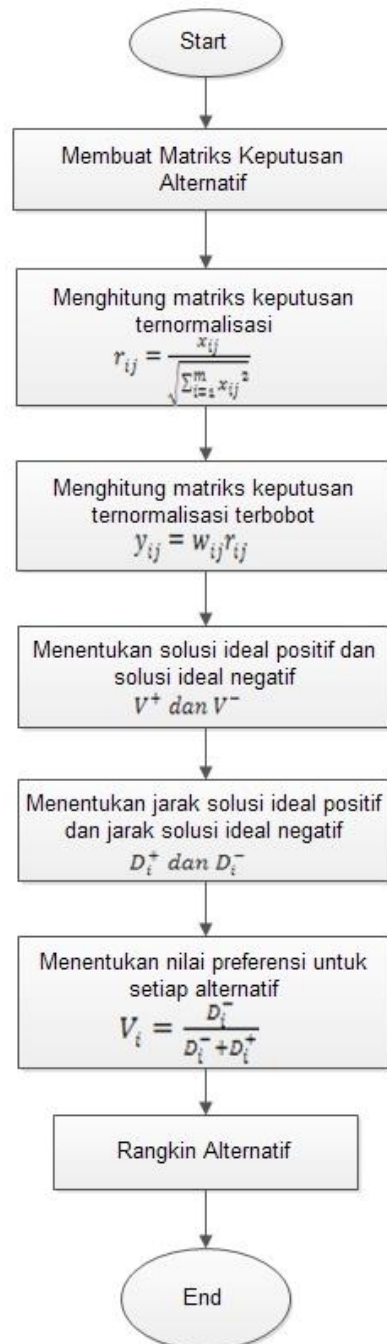
Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada awal tahun 1970 [12]. Metode AHP merupakan pendekatan objektif dalam penentuan bobot kriteria sehingga hasil pembobotan kriteria lebih bersifat universal [13]. Selain itu permasalahan multi kriteria yang tidak terstruktur dapat diolah secara cermat dengan teknik jaringan hirarki [14]. Adapun sistematika metode AHP [15] adalah:



Gambar 3. Prosedur Metode AHP

2.3 Metode TOPSIS

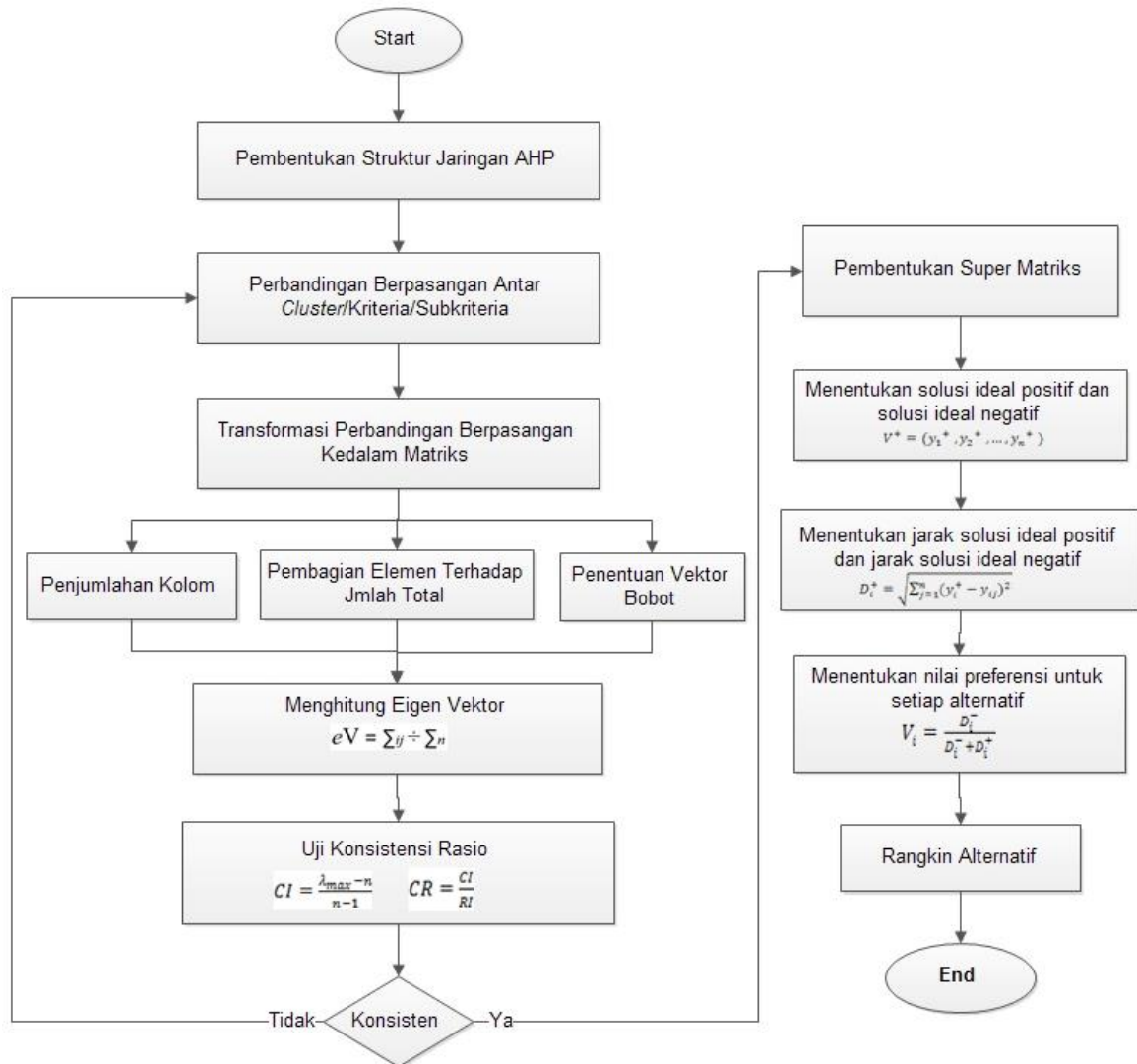
TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang [16]. Yang di dasarkan pada konsep dimana alternatif terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif, namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif [17]. Konsep ini banyak digunakan pada beberapa model MADM (*Multi Attribute Decision Making*) untuk menyelesaikan masalah keputusan secara praktis [18]. Hal ini disebabkan konsepnya yang sederhana, mudah dipahami, komputasinya efisien, dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan dalam bentuk matematis yang sederhana [19]. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dengan menggunakan metode TOPSIS.



Gambar 4. Prosedur Metode TOPSIS

2.4 Metode AHP-TOPSIS

Metode AHP akan digunakan untuk penentuan objektifitas kriteria penilaian lokasi menara BTS melalui teknik perbandingan berpasangan agar diperoleh tingkat kepentingan masing-masing kriteria [20]. Selanjutnya, hasil perbandingan kriteria berupa bobot penilaian akan digunakan pada metode TOPSIS untuk menilai rating dari tiap-tiap kandidat lokasi menara BTS [10].



Gambar 5. Prosedur Kombinasi Metode AHP-TOPSIS

2.5 Metode Penentuan Lokasi Menara BTS

Lokasi menara BTS ditentukan berdasarkan parameter yang didefinisikan sebagai kriteria dan subkriteria analisis [21]. Dari hasil obsevasi pada PT. PROTELINDO cabang Makassar dan analisis studi literature yang relevan dengan penelitian ini, maka dapat ditentukan yang menjadi kriteria dalam analisis lokasi menara *Base Transceiver Station* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Lokasi Menara BTS

No.	Kriteria Analisis
1.	User (Kepadatan Penduduk)
2.	JME (Jarak Menara Eksisting)
3.	Akses Lokasi
4.	Biaya Instalasi

Data kriteria pada table 1 selanjutnya di olah berdasarkan inputan subkriteria, pada penelitian ini subkriteria dibuat dalam bentuk variable linguistik guna memudahkan dalam hal penginputan nilai alternatif terhadap kriteria, masing-masing kriteria diinputkan dengan skala linguistik subkriteria terhadap masing-masing alternatif pada supermatriks metode AHP.

Tabel 2. Subkriteria Penilaian

Skala Penilaian	3	2	1
Skala Linguistik	Sangat Baik	Baik	Cukup Baik

Menurut Peraturan Kepala Badan Pusat Statistika nomor 37 tahun 2010, tingkat kepadatan penduduk dianggap rendah apabila kurang dari 500 jiwa/ km², dikatakan baik bila diantara 500 – 1249 jiwa/ km², dan sangat baik bila lebih dari 1249 jiwa/km² [22].

Suatu zona dikatakan sangat baik menurut kriteria menara eksisting apabila tidak mendapat resiko interferensi dari menara eksisting. Suatu zona dikatakan baik apabila hanya mendapat resiko interferensi dari satu menara eksisting. Sedangkan zona dianggap kurang apabila mendapat resiko interferensi lebih dari satu menara eksisting [3].

Sedangkan untuk parameter akses lokasi dikatakan Sangat baik jika calon lokasi berada di sekitar area jalan utama suatu daerah, baik apabila berada pada area sekitar jalan lokal, dan cukup baik apabila berada pada area sekitar jalan lingkungan.

Kriteria dan sub kriteria yang telah diperoleh selanjutnya akan menjadi instrumen analisis dalam memilih dan menilai kandidat lokasi menara BTS di Kecamatan Sinjai Borong [23]. Adapun kandidat lokasi yang akan diujikan pada penelitian ini belum ditentukan dan sedang menunggu data dari pemerintah Kecamatan Sinjai Borong.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Metode AHP-TOPSIS

Kombinasi metode AHP – TOPSIS pada penelitian ini digunakan untuk menentukan objektifitas bobot kriteria dan perhitungan rating kepentingan dari tiap-tiap kandidat lokasi. Uraian implementasi metode AHP-TOPSIS akan dijelaskan berikut ini:

a. Representasi Masalah

Tahap awal penyelesaian masalah dengan metode AHP – TOPSIS adalah melakukan identifikasi dan representasi masalah dengan menentukan tujuan, kriteria, subkriteria, dan alternatif untuk mencapai tujuan.

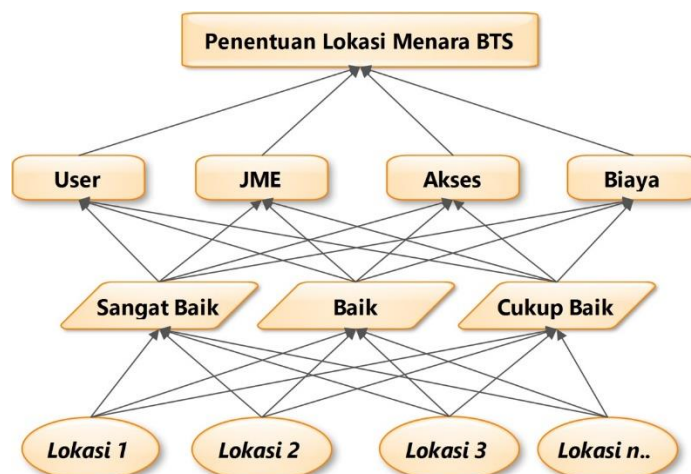
Tabel 3. Representasi Masalah

No.	Cluster	Data
1.	Tujuan	Penentuan Lokasi Menara BTS.
2.	Kriteria	User, JME, Akses, Biaya.
3.	Subkriteria	1 (Sangat Baik), 2 (Baik), 3 (Cukup Baik)
4.	Kandidat Lokasi	Lokasi Bungae (A), Lokasi Nangkae (B), Lokasi Samaenre (C).

Pada tahap representasi masalah telah ditentukan kriteria penentuan lokasi menara BTS hingga pada alternative lokasi sebagai kandidat yang akan diolah pada metode AHP.

b. Struktur Hirarki Masalah

Data hasil representasi masalah selanjutnya di transformasikan kedalam teknik jaringan hirarki AHP yang ditunjukkan pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Hirarki Keputusan Penentuan Lokasi BTS

Hirarki level pertama merupakan target hirarki, hirarki level kedua sebagai rule atau kriteria sedangkan hirarki level ketiga adalah parameter kriteria, dan hirarki level empat merupakan alternatif yang diuji guna pencapaian tujuan pada hirarki level pertama.

c. Perbandingan Berpasangan Kriteria

a. Kriteria **User** berada antara sama pentingnya dan sedikit lebih penting dari kriteria **JME**. Maka skala prioritas adalah 2.

- b. Kriteria **User** berada antara sedikit lebih penting dan lebih penting dari kriteria **Biaya**. Maka skala prioritas adalah **4**.
- c. Kriteria **User** berada antara sama pentingnya dan sedikit lebih penting dari kriteria **Akses**. Maka skala prioritas adalah **2**.
- d. Kriteria **JME** sedikit lebih penting dari kriteria **Biaya**. Maka skala prioritas adalah **3**.
- e. Kriteria **Akses** berada antara sama pentingnya dan sedikit lebih penting dari kriteria **Jarak**. Maka skala prioritas adalah **2**.
- f. Kriteria **Akses** lebih penting dari kriteria **Biaya**. Maka skala prioritas adalah **5**.

Hasil perbandingan kriteria selanjutnya ditransformasikan kedalam matriks perbandingan berpasangan berikut:

Tabel 4. Matriks Perbandingan Kriteria

	User	JME	Akses	Biaya
User	1	2	2	4
JME	0.5	1	0.5	3
Akses	0.5	2	1	5
Biaya	0.25	0.3	0.2	1
Σ	2.25	5.3	3.7	13

Baris Σ merupakan hasil penjumlahan tiap elemen kriteria di atasnya. Matriks perbandingan kriteria selanjutnya di normalisasikan dengan cara mengalikan tiap elemen matriks terhadap Σ untuk membentuk matriks Normalisasi kriteria seperti pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Matriks Normalisasi Kriteria

	User	JME	Akses	Biaya	Σ	Eigen Vektor
User	0.44	0.38	0.54	0.31	1.67	0.42
JME	0.22	0.19	0.14	0.23	0.78	0.2
Akses	0.22	0.38	0.27	0.38	1.25	0.31
Biaya	0.11	0.06	0.05	0.08	0.3	0.08

Pada matriks normalisasi kriteria diperoleh *Eigen Vektor* dari tiap-tiap kriteria dengan rumus $\Sigma \div n$. Tahap akhir penentuan bobot kriteria adalah dengan melakukan uji *Logical Consistency* pada matriks.

$$\lambda_{maks} = 0.94 + 1.06 + 1.15 + 1.04 = 4.19$$

$$CI = \frac{4.19 - 4}{4 - 1} = 0.063$$

$$CR = \frac{0.063}{0.90} = 0.007$$

Karena $CR < 0.1$, maka matriks dinyatakan konsisten.

- d. Perbandingan Berpasangan Subkriteria
 - a. Subkriteria **Sangat Baik** berada antara sedikit lebih penting dan lebih penting dari kriteria **Baik**. Maka skala prioritas adalah **4**.
 - b. Subkriteria **Sangat Baik** lebih penting dari kriteria **Cukup Baik**. Maka skala prioritas adalah **5**.
 - c. Subkriteria **Baik** sedikit lebih penting dari kriteria **Cukup Baik**. Maka skala prioritas adalah **3**.

Hasil perbandingan subkriteria ditransformasikan kedalam matriks perbandingan berpasangan berikut:

Tabel 6. Matriks Perbandingan Subkriteria

	Sangat Baik	Baik	Cukup Baik
Sangat Baik	1	4	5
Baik	0.25	1	3
Cukup Baik	0.2	0.3	1
Σ	1.45	5.3	9

Baris Σ merupakan hasil penjumlahan tiap elemen subkriteria di atasnya. Matriks *pairwise comparison* subkriteria selanjutnya di normalisasikan dengan cara mengalikan tiap elemen matriks terhadap Σ untuk membentuk matriks Normalisasi subkriteria seperti pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Matriks Normalisasi Subkriteria

	Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Σ	Eigen Vektor
Sangat Baik	0.69	0.75	0.56	2	0.67
Baik	0.17	0.19	0.33	0.69	0.23
Cukup Baik	0.14	0.06	0.11	0.31	0.10

Pada matriks normalisasi subkriteria juga diperoleh *Eigen Vektor* dari tiap-tiap kriteria dengan rumus $\sum \div n$. Tahap akhir penentuan bobot subkriteria adalah dengan melakukan uji *Logical Consistency* matriks.

$$\lambda_{maks} = 0.97 + 1.22 + 0.9 = 3.09$$

$$CI = \frac{3.09 - 3}{3 - 1} = 0.045$$

$$CR = \frac{0.045}{0.58} = 0.077$$

Karena $CR < 0.1$, maka matriks dinyatakan konsisten.

e. Perolehan Bobot Kriteria dan Subkriteria

Hasil analisis dan pengolahan data mulai dari representasi masalah sampai pada uji *Logical Consistency* matriks, maka telah diperoleh bobot objektif dari tiap kriteria dan sub kriteria yang di rekap pada tabel berikut.

Tabel 8. Bobot Kriteria dan Subkriteria

Kriteria/Subkriteria		Bobot
Kriteria	Kepadatan Penduduk	0.42
	Jarak Menara Eksisting	0.2
	Akses	0.31
	Biaya	0.08
Subkriteria	Sangat Baik	0.67
	Baik	0.23
	Cukup Baik	0.10

f. Penilaian Alternatif/Kandidat Lokasi

Setelah memperoleh bobot kriteria dan subkriteria, maka selanjutnya adalah melakukan perbandingan alternatif terhadap kriteria dengan menggunakan skala subkriteria.

Tabel 9. Matriks Penilaian Alternatif

	User	JME	Akses	Biaya
Lokasi A	2	1	3	1
Lokasi B	1	3	2	3
Lokasi C	1	2	1	3

Pada tabel 9 matrik perbandingan alternatif terhadap kriteria dilakukan dengan menggunakan pembobotan skala linguistik berdasarkan data penilaian alternatif (lokasi) yang diperoleh saat penelitian.

Tabel 10. Matriks Normalisasi Penilaian Alternatif

	User	JME	Akses	Biaya
Lokasi A	0.1	0.13	0.03	0.05
Lokasi B	0.28	0.02	0.07	0.01
Lokasi C	0.28	0.05	0.21	0.01
A ⁺	0.28	0.13	0.21	0.05
A ⁻	0.1	0.02	0.03	0.01

Matriks pada tabel 10 diperoleh dengan mengalikan bobot alternatif terhadap bobot kriteria pada masing-masing elemen matriks sesuai data perbandingan pada tabel 9.

g. Menentukan Solusi Ideal Positif

$$D_1^+ = \sqrt{(0.1 - 0.28)^2 + (0.13 - 0.13)^2 + (0.03 - 0.21)^2 + (0.05 - 0.05)^2} = \mathbf{0.2546}$$

$$D_2^+ = \sqrt{(0.28 - 0.28)^2 + (0.02 - 0.13)^2 + (0.07 - 0.21)^2 + (0.01 - 0.05)^2} = \mathbf{0.1825}$$

$$D_3^+ = \sqrt{(0.28 - 0.28)^2 + (0.05 - 0.13)^2 + (0.21 - 0.21)^2 + (0.01 - 0.05)^2} = \mathbf{0.0894}$$

h. Menentukan Solusi Ideal Negatif

$$D_1^- = \sqrt{(0.1 - 0.1)^2 + (0.13 - 0.02)^2 + (0.03 - 0.03)^2 + (0.05 - 0.01)^2} = \mathbf{0.117}$$

$$D_2^- = \sqrt{(0.28 - 0.1)^2 + (0.02 - 0.02)^2 + (0.07 - 0.03)^2 + (0.01 - 0.01)^2} = \mathbf{0.1844}$$

$$D_3^- = \sqrt{(0.28 - 0.1)^2 + (0.05 - 0.02)^2 + (0.21 - 0.03)^2 + (0.01 - 0.01)^2} = \mathbf{0.2563}$$

i. Menentukan Nilai Preferensi Alternatif

$$V^1 = \frac{0.117}{0.117 + 0.2546} = \frac{0.117}{0.3716} = 0.3149$$

$$V^2 = \frac{0.1844}{0.1844 + 0.1825} = \frac{0.1844}{0.3669} = 0.5026$$

$$V^3 = \frac{0.2563}{0.2563 + 0.0894} = \frac{0.2563}{0.3457} = 0.7414$$

Dari hasil nilai preferensi alternatif, terlihat bahwa V^3 atau lokasi Samaenre memiliki nilai yang tertinggi, sehingga lokasi terbaik pendirian menara BTS di Kecamatan Sinjai Borong adalah lokasi Samaenre (Lokasi C).

3.2 Implementasi Model Perangkat Lunak Dinamis

Hasil implementasi sistem terdiri atas perangkat lunak berbasis *Geographic Information System* (GIS) dan *Decision Support System* (DSS) yang saling terintegrasi dan dibangun dengan konsep dinamis sehingga sistem dapat digunakan pada berbagai kasus penentuan lokasi menara BTS lainnya, baik dengan bobot dan kriteria yang sama maupun yang berbeda.

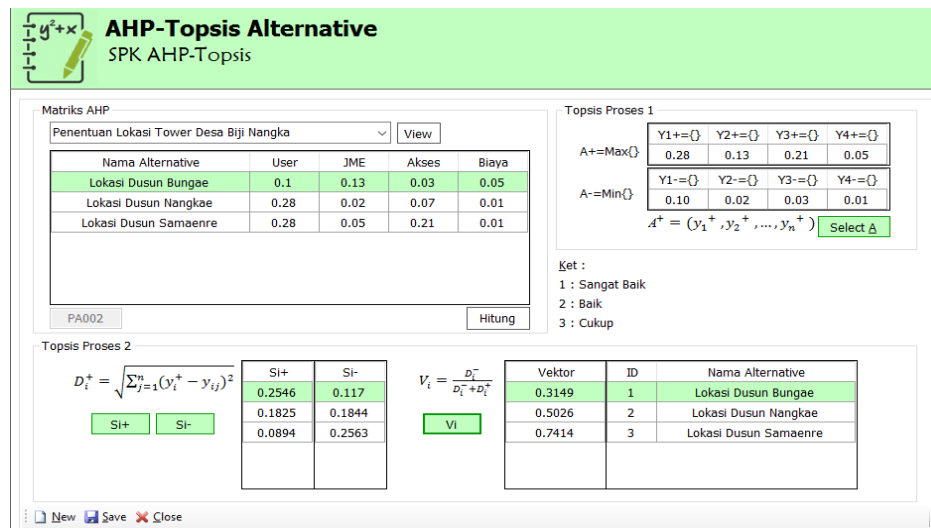
a. Hasil Implementasi DSS

Implementasi DSS dengan kombinasi metode AHP-TOPSIS juga dibangun dengan konsep dinamis, baik dari segi form/program maupun database sehingga perubahan bobot, penyesuaian kriteria, dan penambahan alternatif dapat difasilitasi oleh sistem.



Gambar 7. Menu Utama DSS

Form menu DSS gambar 7 yang merupakan akses kontrol pada submenu lainnya seperti menu alternatif, menu data tower, menu perhitungan AHP-TOPSIS, dan menu lainnya.



Matriks AHP

Penentuan Lokasi Tower Desa Biji Nangka

Nama Alternative	User	JME	Akses	Biaya
Lokasi Dusun Bungae	0.1	0.13	0.03	0.05
Lokasi Dusun Nangkae	0.28	0.02	0.07	0.01
Lokasi Dusun Samaenre	0.28	0.05	0.21	0.01

PA002 Hitung

Topsis Proses 1

A+=Max{ }
 A-=Min{ }
 $A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+)$ Select A

Ket :
 1 : Sangat Baik
 2 : Baik
 3 : Cukup

Topsis Proses 2

$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij}^+)^2}$

Si+	Si-
0.2546	0.117
0.1825	0.1844
0.0894	0.2563

$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}$

VI

Vektor	ID	Nama Alternative
0.3149	1	Lokasi Dusun Bungae
0.5026	2	Lokasi Dusun Nangkae
0.7414	3	Lokasi Dusun Samaenre

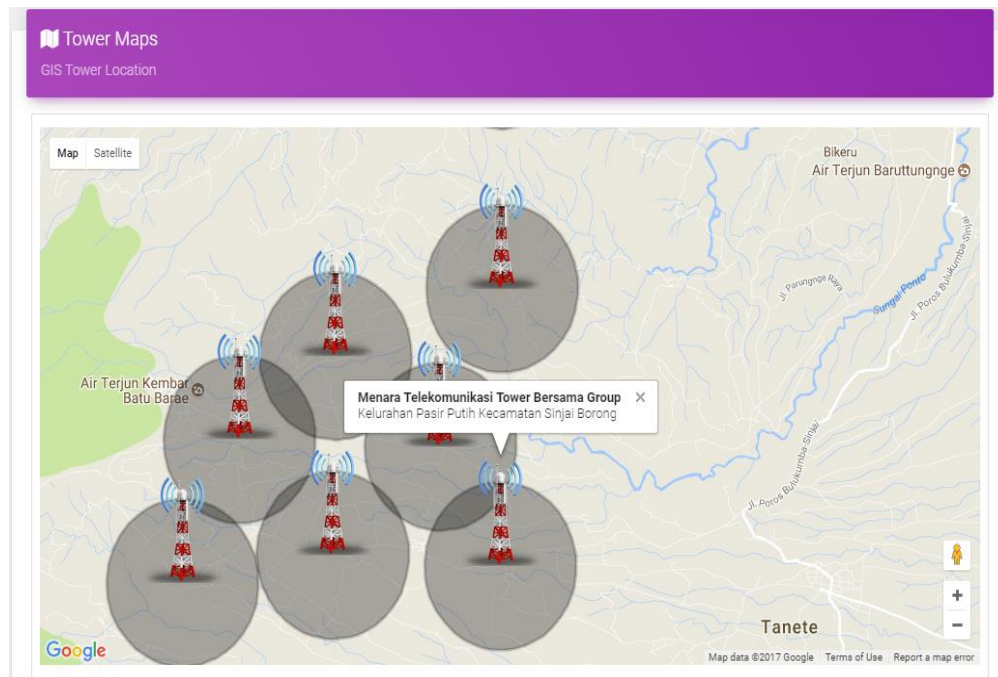
New Save Close

Gambar 8. Form Perhitungan AHP-Topsis

Gambar 8 adalah form yang digunakan untuk penilaian kandidat lokasi menara BTS dengan kombinasi metode AHP-TOPSIS. Form penilaian ini bersifat dinamis sehingga dapat digunakan pada banyak kasus penentuan lokasi menara BTS. Selain itu, form ini juga dirancang untuk menampilkan alur dari proses awal hingga akhir perhitungan metode.

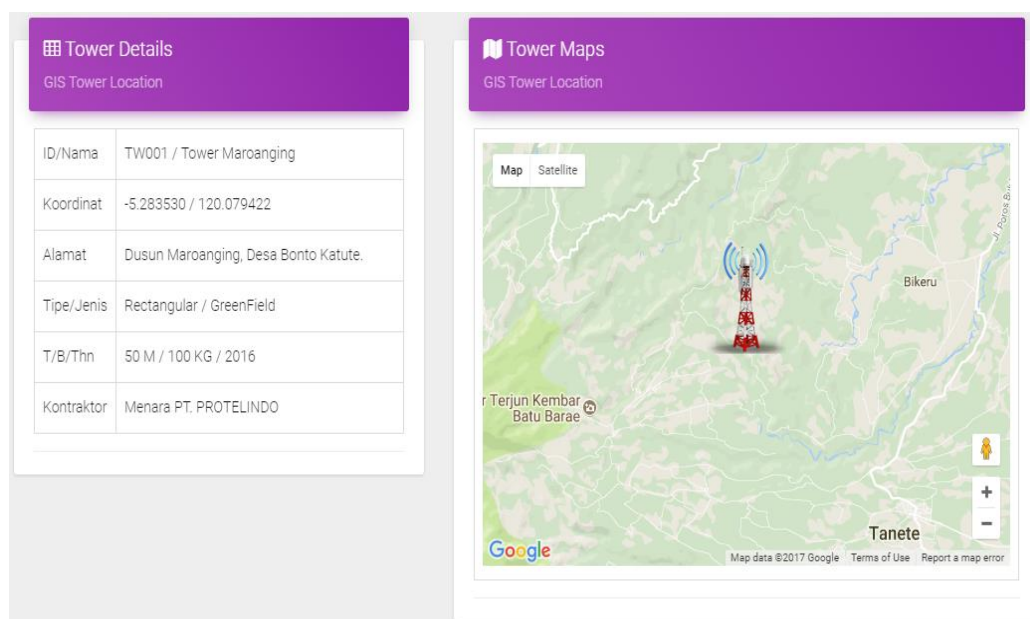
b. Hasil Implementasi GIS

Implementasi *Geographic Information System* (GIS) dibuat untuk memberikan informasi persebaran menara BTS eksisting dan rencana menara BTS baru beserta *coverage* areanya pada peta digital agar memudahkan dalam melakukan monitoring lokasi menara BTS. Gambar 9 sampai gambar 11 berikut ini menampilkan hasil implementasi GIS.



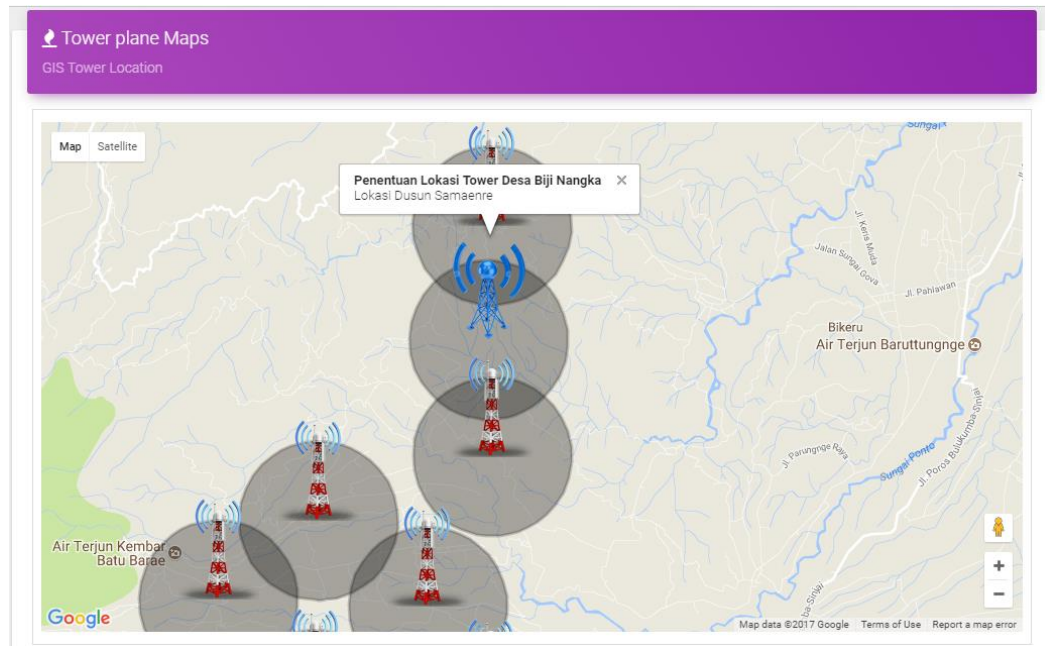
Gambar 9. View Menara Eksisting

Pada gambar 9 view menara BTS eksisting juga ditampilkan visualisasi cakupan *coverage* area sehingga dapat dimonitoring jangkauan transmisinya. Selain itu, juga ditambahkan box data lokasi menara BTS berdasarkan koordinatnya pada peta agar hasil implementasi GIS dapat lebih informatif.



Gambar 10. View Detail Menara

Selain menampilkan persebaran menara BTS eksisting, hasil implementasi GIS juga memberikan informasi detail dari lokasi menara BTS seperti yang ditampilkan pada gambar 10 diatas.



Gambar 11. Lokasi Menara Baru

Menara BTS dengan kombinasi putih merah merupakan gambar menara BTS eksisting pada wilayah tersebut, sedangkan menara BTS dengan warna biru merupakan lokasi perencanaan pendirian menara BTS yang baru berdasarkan hasil perhitungan dari kombinasi metode AHP-TOPSIS sesuai gambar 11 diatas.

4. KESIMPULAN

Kriteria penentuan lokasi menara *Base Transceiver Station* terdiri atas kepadatan penduduk, jarak menara eksisting, akses lokasi, dan biaya instalasi. Sedangkan parameter kriteria menggunakan skala linguistik dengan parameter 1 pada skala Sangat Baik, 2 Baik, dan 3 pada skala Cukup Baik. Dengan algoritma AHP diperoleh bobot kriteria kepadatan penduduk sebesar 0.42, Jarak menara eksisting 0.2, akses lokasi 0.31, dan biaya instalasi 0.08. Sedangkan untuk bobot parameter kriteria pada skala linguistic adalah 0.67 untuk Sangat Baik, 0.23 untuk Baik, dan 0.10 untuk Cukup Baik. Pengujian sistem dilakukan pada penentuan lokasi menara BTS di Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan dengan menilai rating tiga kandidat lokasi dengan metode AHP-TOPSIS yaitu Lokasi Bungae dengan rating 0,31, Lokasi Nangkae dengan rating 0.50 dan lokasi Samaenre dengan perolehan rating tertinggi yaitu 0.74. Hasil implementasi sistem terdiri atas perangkat lunak berbasis *Decision Support System* (DSS) dan *Geographic Information System* (GIS) yang saling terintegrasi dan dibangun dengan konsep dinamis sehingga sistem dapat digunakan pada berbagai kasus penentuan lokasi menara BTS lainnya, baik dengan bobot dan kriteria yang sama maupun yang berbeda. Implementasi DSS dengan kombinasi metode AHP-TOPSIS yang dibangun dengan konsep dinamis, baik dari segi form/program maupun database sehingga perubahan bobot, penyesuaian kriteria, dan penambahan alternatif dapat difasilitasi. Implementasi *Geographic Information System* (GIS) memberikan informasi persebaran menara BTS eksisting dan rencana menara BTS baru beserta *coverage* areanya pada peta digital agar memudahkan dalam memonitoring lokasi menara BTS.

REFERENCES

- [1] M. Muthmainnah and A. Mauludyanto, "Optimasi Penempatan Lokasi Potensial Menara Baru Bersama Pada Sistem Telekomunikasi Seluler Dengan Menggunakan Fuzzy Clustering Di Daerah Sidoarjo," JTITS, vol. 4, no. 1, pp. A36–A41, Mar. 2015, doi: 10.12962/j23373539.v4i1.8411.
- [2] N. Ismail, M. M. Maharoni, and I. Indra, "ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGUNAN BTS (BASE TRANSCEIVER STATION) BERDASARKAN FAKTOR KELENGKUNGAN BUMI DAN DAERAH FRESNEL DI REGIONAL PROJECT SUMATERA BAGIAN SELATAN," JURNAL ISTEK, vol. 9, no. 1, Art. no. 1, Aug. 2015, Accessed: Feb. 18, 2022. [Online]. Available: <https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/istek/article/view/172>
- [3] W. Widyatmoko and A. Mauludyanto, "Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara Base Transceiver Station (BTS) Baru Pada Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Lumajang Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process-TOPSIS (AHP-TOPSIS)," JTITS, vol. 4, no. 1, pp. A71–A76, Mar. 2015, doi: 10.12962/j23373539.v4i1.8611.
- [4] H. Jaya, S. Sabran, M. M. Idris, Y. A. Djawad, A. Ilham, and A. S. Ahmar, KECERDASAN BUATAN. Makassar: Fakultas MIPA Universitas Negeri Makassar, 2018, pp. 1–315. Accessed: Dec. 21, 2022. [Online]. Available: <http://eprints.unm.ac.id/4532/>



- [5] I. P. Sanur, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN LOKASI PEMASANGAN ANTENA PADA TOWER BTS (Base Transceiver Station) BERSAMA MENGGUNAKAN METODE TOPSIS (STUDI KASUS KOTA MALANG)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2018, doi: 10.36040/jati.v2i1.1712.
- [6] D. Aprizal, T. Tursina, and H. Nasution, "RANCANG BANGUN APLIKASI SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN LOKASI PEMBANGUNAN TOWER BTS DENGAN METODE PROMETHEE (STUDI KASUS : PT.TELKOMSEL PONTIANAK)," *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 3, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2015.
- [7] A. Jawad and M. Murinto, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN LOKASI PEMBANGUNAN TOWER BASE TRANSCEIVER STATION (BTS) MENGGUNAKAN KRITERIA BAYES YANG DISERTAI LETAK GEOGRAFISNYA," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2014.
- [8] D. A. P. Sinaga, E. Budiman, and R. Hasudungan, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMILIHAN LOKASI MENARA BASE TRANSCEIVER STATION (BTS) DENGAN METODE FUZZY MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING (FMADM)," *Prosiding SAKTI (Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi)*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2017.
- [9] G. Tian, H. Zhang, M. Zhou, and Z. Li, "AHP, Gray Correlation, and TOPSIS Combined Approach to Green Performance Evaluation of Design Alternatives," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 48, no. 7, pp. 1093–1105, Jul. 2018, doi: 10.1109/TSMC.2016.2640179.
- [10] G. S. Mahendra and I. P. Y. Indrawan, "METODE AHP-TOPSIS PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN PENEMPATAN AUTOMATED TELLER MACHINE," *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Sep. 2020, doi: 10.23887/jst-undiksha.v9i2.24592.
- [11] M. I. Amar, "Sistem Penilaian Kinerja Aparat Pemerintah Desa Dengan Metode Profile Matching," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2020, doi: 10.35329/jiik.v6i1.126.
- [12] G. S. Mahendra and K. Y. E. Aryanto, "SPK Penentuan Lokasi ATM Menggunakan Metode AHP dan SAW," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2019, doi: 10.25077/TEKNOSI.v5i1.2019.49-56.
- [13] J. Na'am, "Sebuah Tinjauan Penggunaan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Sistem Penunjang Keputusan (SPK) pada Jurnal Berbahasa Indonesia," *Jurnal Ilmiah Media Sisfo*, vol. 11, no. 2, Art. no. 2, Oct. 2017.
- [14] M. I. Amar and M. H. Cakrawijaya, "Implementasi Analytic Hierarchy Process Sebagai Metode Penilaian Dalam Seleksi Calon Pemain Handball," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 3, no. 3, Art. no. 3, Dec. 2021, doi: 10.47065/bits.v3i3.1031.
- [15] H. K. Esfahani and M. S. Amal, "Using the AHP and Fuzzy-AHP Decision Making Methods to Optimize the Dam Site Selection in illustrative basin in the center of Iran," *International Journal of Advanced Research*, vol. 3, no. 9, pp. 31–41.
- [16] Y.-J. Lai, T.-Y. Liu, and C.-L. Hwang, "TOPSIS for MODM," *European Journal of Operational Research*, vol. 76, no. 3, pp. 486–500, Aug. 1994, doi: 10.1016/0377-2217(94)90282-8.
- [17] P. A. W. Santiary, P. I. Ciptayani, N. G. A. P. H. Saptarini, and I. K. Swardika, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Lokasi Wisata dengan Metode Topsis," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 5, Art. no. 5, Oct. 2018, doi: 10.25126/jtiik.2018551120.
- [18] M. Marbun and H. Sihotang, *Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Hasil Belajar*, Cetakan Pertama. Medan: CV.Rudang Mayang, 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/325082090>
- [19] S. Kusumadewi, S. Hartati, A. Harjoko, and R. Wardoyo, "Fuzzy multi-attribute decision making (fuzzy madm)," *Yogyakarta: Graha Ilmu*, pp. 78–79, 2006.
- [20] E. Mulyanto, T. Sutojo, and V. Suhartono, *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi Offset, 2011. Accessed: Dec. 21, 2022. [Online]. Available: <https://andipublisher.com/produk/detail/kecerdasan-buatan>
- [21] R. E. Amalin and K. D. M. E. Handayani, "Kriteria Lokasi Pembangunan Tower BTS (Base Transceiver System) di Kota Kediri," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.22198.
- [22] Badan Pusat Statistik, *PERATURAN KEPALA BADAN PUSAT STATISTIK NOMOR 120 TAHUN 2020 TENTANG KLASIFIKASI DESA PERKOTAAN DAN PERDESAAN DI INDONESIA 2020*. 2021-05-26. Accessed: Aug. 09, 2022. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/publication>
- [23] M. A. Rahmat, B. Pramono, and R. A. Saputra, "PEMILIHAN LOKASI BARU BTS TELKOMSEL CABANG KOTA KENDARI MENGGUNAKAN METODE SAW DAN TOPSIS BERBASIS WEB GIS," *semanTIK*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Jul. 2017, doi: 10.55679/semantik.v3i1.2590.