

Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan AHP-TOPSIS Untuk Alokasi Sumber Daya Penanganan Multi-Bencana BPBD

Development of a Decision Support System AHP-TOPSIS for Resource Allocation Multi- Disaster Management BPBD Deli Serdang

Arya Dwi Utama^{*,1}, Ali Ikhwan¹

¹*Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
Medan, Indonesia*

^{*,1}Corresponding author: utamaarya69@gmail.com

¹aliikhwan@uinsu.ac.id

Received on 10-06-25, accepted on 21-07-25, published on 30-07-25

Abstrak

Kabupaten Deli Serdang, yang terletak di Provinsi Sumatera Utara, termasuk wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap berbagai bencana alam seperti banjir, kebakaran, serta angin puting beliung. Dalam situasi darurat seperti ini, diperlukan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat, terutama dalam mendistribusikan sumber daya yang jumlahnya terbatas. Namun, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Deli Serdang masih menghadapi kendala karena belum memiliki sistem terpadu yang mampu menetapkan skala prioritas secara objektif berdasarkan kondisi di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis web yang mengintegrasikan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Metode AHP digunakan untuk menghitung bobot kepentingan dari setiap kriteria, sedangkan metode TOPSIS berfungsi dalam menentukan peringkat wilayah terdampak berdasarkan tingkat kedekatannya dengan solusi yang dianggap ideal. Penelitian ini menerapkan pendekatan metode campuran (mixed method) yang memadukan data kuantitatif dari laporan kejadian bencana tahun 2023–2024 dengan data kualitatif yang diperoleh melalui observasi dan wawancara. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menghasilkan skala prioritas secara cepat dan akurat, sehingga mendukung BPBD dalam proses pengambilan keputusan yang lebih efisien. Uji efektivitas sistem memperlihatkan tingkat kecocokan sebesar 89% dengan hasil perhitungan manual BPBD. Oleh sebab itu, SPK ini diharapkan dapat menjadi solusi strategis dalam meningkatkan kecepatan respons dan efisiensi penanganan bencana di wilayah yang rawan.

Kata kunci: AHP, BPBD Deli Serdang, Multi-Bencana, Sistem Pendukung Keputusan, TOPSIS

Abstract

Deli Serdang Regency, located in North Sumatra, faces significant vulnerability to a range of natural disasters, including floods, fires, and tornadoes. Effective disaster management in such contexts requires prompt and accurate decisions, particularly in the optimal distribution of limited resources. A major obstacle encountered by the Regional Disaster Management Agency (BPBD) of Deli Serdang is the lack of a unified system capable of objectively establishing priority levels for disaster response based on actual field conditions. This research focuses on designing a web-based Decision Support System (DSS) that combines the Analytical Hierarchy Process (AHP) with the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). The AHP method is utilized to determine the relative weight of each decision criterion. At the same time, TOPSIS is used to rank the affected areas according to their closeness to an ideal solution. Employing a mixed-methods approach, this study integrates

quantitative data drawn from disaster events reported in 2023–2024 with qualitative findings from interviews and field observations. The system implementation demonstrates the DSS's capability in rapidly and accurately producing priority rankings, thereby supporting BPBD in making more informed and efficient decisions. Evaluation findings show a high degree of consistency between the system's output and BPBD's manual assessments, with an effectiveness level reaching 89%. This DSS is anticipated to be a strategic asset in enhancing the speed and accuracy of disaster response during complex emergencies.

Keywords: AHP, BPBD Deli Serdang, Multi-Disaster, Decision Support System, TOPSIS

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi digital telah memberikan dampak besar terhadap berbagai bidang kehidupan, termasuk dalam proses pengambilan keputusan yang kompleks [1]. Salah satu bentuk kemajuan tersebut adalah munculnya *Decision Support System* (DSS) atau Sistem Pendukung Keputusan, yang kini tidak lagi terbatas pada sistem berbasis aturan sederhana, melainkan telah berevolusi menjadi sistem yang lebih cerdas dan dinamis. Dalam ranah penanggulangan bencana, DSS memegang peranan penting karena mampu melakukan analisis data secara menyeluruh serta memberikan rekomendasi secara cepat dan tepat.

Penanggulangan berbagai jenis bencana, seperti banjir, gempa bumi, tanah longsor, angin puting beliung, dan kebakaran, memerlukan respons yang tidak hanya cepat, tetapi juga harus tepat dalam penentuan sasaran. Kompleksitas dalam menangani beberapa bencana sekaligus sering kali menyebabkan keterlambatan distribusi bantuan dan salah alokasi sumber daya [2]. Hal ini diperparah dengan adanya keterbatasan informasi serta belum adanya sistem yang mampu menganalisis seluruh parameter bencana secara terpadu [3]. Kondisi inilah yang mendorong pentingnya pengembangan SPK yang mampu memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis data dan kriteria prioritas yang relevan [4].

Kabupaten Deli Serdang dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan salah satu wilayah di Sumatera Utara yang memiliki tingkat kerawanan bencana yang tinggi, serta cakupan wilayah kerja Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) yang cukup luas, yaitu mencakup 22 kecamatan. Permasalahan utama yang dihadapi oleh BPBD Deli Serdang adalah belum tersedianya sistem terintegrasi yang mampu membantu penentuan prioritas distribusi sumber daya secara objektif dan efisien ketika menghadapi situasi darurat multi-bencana.

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan yang ada, penelitian ini mengembangkan sebuah Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis web dengan mengintegrasikan dua metode analisis multikriteria, yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). AHP dimanfaatkan untuk menentukan bobot masing-masing kriteria bencana melalui teknik perbandingan berpasangan, sedangkan TOPSIS berperan dalam mengurutkan alternatif alokasi dengan mengukur sejauh mana alternatif tersebut mendekati kondisi ideal terbaik dan menjauhi kondisi terburuk. Pendekatan kombinasi ini diharapkan dapat mendukung proses pengambilan keputusan secara lebih terstruktur dan relevan dengan situasi nyata di lapangan. [5]. Integrasi kedua metode ini diyakini dapat meningkatkan kualitas pengambilan keputusan secara lebih terstruktur, obyektif, dan adaptif terhadap dinamika situasi di lapangan [6].

Studi ini menerapkan pendekatan *mixed method*, yakni gabungan antara analisis kuantitatif terhadap data historis kejadian bencana dan pendekatan kualitatif yang diperoleh melalui observasi langsung serta wawancara dengan pihak BPBD. Hasil dari pengembangan sistem ini diharapkan tidak hanya memberikan solusi praktis dalam distribusi sumber daya, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kapasitas manajemen bencana secara sistemik di daerah rawan bencana seperti Deli Serdang.

Sejumlah studi sebelumnya telah memanfaatkan metode AHP dan TOPSIS dalam konteks penanggulangan bencana. Misalnya, Ulfiana et al. [8] menerapkan kombinasi AHP-TOPSIS untuk menganalisis tingkat kerawanan banjir di Kabupaten Klaten sebagai dasar perencanaan Water Sensitive Urban Design (WSUD). Namun, penelitian ini hanya terbatas pada bencana banjir dan belum mempertimbangkan jenis bencana lain atau skenario multi-bencana yang umum terjadi di Indonesia. Studi oleh Hadrianti et al. [7] mengembangkan sistem pendukung keputusan penerima bantuan bencana berbasis

web menggunakan metode TOPSIS, tetapi fokusnya hanya pada wilayah Kabupaten Majene, sehingga generalisasi sistem ke wilayah lain dengan karakteristik berbeda masih perlu dikaji lebih lanjut. Sementara itu, Dwipayana et al. [9] mengimplementasikan metode TOPSIS untuk seleksi relawan bencana di BPBD Provinsi Bali, namun sistem yang dibangun belum dikaitkan langsung dengan sistem manajemen bencana secara menyeluruh dan belum divalidasi dengan keputusan manual dari instansi terkait. Ketiga studi ini menunjukkan kemajuan dalam penerapan metode pengambilan keputusan multi-kriteria, namun masih menyisakan ruang untuk pengembangan sistem yang lebih adaptif, lintas wilayah, dan terintegrasi.

Menanggapi kebutuhan tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis web yang menggabungkan metode AHP dan TOPSIS, dengan tujuan membantu BPBD Kabupaten Deli Serdang dalam menentukan prioritas penyaluran bantuan secara lebih tepat dan efektif sesuai dengan tingkat urgensi di lapangan. Dengan mengadopsi pendekatan gabungan dan berlandaskan kebutuhan nyata di lapangan, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan, baik dari segi ketepatan, kecepatan, maupun akurasi, terutama dalam situasi darurat yang kompleks.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pendukung Keputusan atau dikenal juga dengan istilah *Decision Support System* (DSS), merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk mendukung proses pengambilan keputusan, khususnya dalam situasi yang rumit dan tidak terstruktur. SPK berperan dalam mengolah data, informasi, serta model analisis guna menghasilkan berbagai alternatif keputusan yang lebih logis, efisien, dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. [7]. Dalam implementasinya, SPK memadukan antara data, metode analisis, serta intuisi pengambil keputusan agar keputusan yang diambil bersifat sistematis dan berbasis pada informasi yang valid [8].

Analytical Hierarchy Process merupakan salah satu metode yang sering diterapkan dalam pengembangan Sistem Pendukung Keputusan. Metode ini diperkenalkan oleh Thomas L. Saaty sebagai teknik pengambilan keputusan multikriteria yang memungkinkan pengguna untuk melakukan penilaian berdasarkan perbandingan berpasangan guna menentukan tingkat kepentingan setiap kriteria. Metode ini bekerja dengan cara membandingkan elemen-elemen dalam suatu hirarki secara berpasangan (*pairwise comparison*) untuk menentukan bobot kepentingan relatif dari tiap elemen tersebut [9]. Keunggulan AHP terletak pada kemampuannya menangani kriteria yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif serta memastikan konsistensi logis dalam proses penilaian [10].

Meskipun AHP mampu menentukan bobot dari setiap kriteria, metode ini tidak secara langsung menyediakan pemeringkatan terhadap alternatif keputusan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode lain seperti *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* kerap digunakan sebagai pelengkap. TOPSIS merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang menilai sejauh mana kedekatan relatif setiap alternatif terhadap solusi ideal positif (yang mewakili kondisi terbaik) dan solusi ideal negatif (yang mewakili kondisi terburuk) [11]. Suatu alternatif dianggap lebih unggul apabila posisinya semakin dekat dengan solusi ideal positif dan semakin jauh dari solusi ideal negatif [12].

Keunggulan TOPSIS terletak pada efisiensinya dalam proses perhitungan serta kejelasan hasil yang ditampilkan dalam bentuk peringkat yang eksplisit. Metode ini telah banyak diterapkan di berbagai sektor, mulai dari manajemen proyek, evaluasi kinerja, pemilihan lokasi strategis, hingga perencanaan sumber daya [13]. Integrasi antara AHP dan TOPSIS juga telah banyak digunakan guna mengoptimalkan kelebihan masing-masing metode di mana AHP berperan dalam menetapkan bobot kriteria, dan TOPSIS digunakan untuk menyusun peringkat alternatif secara objektif dan sistematis [14].

Berbagai studi terkini telah menerapkan metode AHP-TOPSIS dalam bidang kebencanaan. Hadrianti et al. mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis web untuk menentukan calon penerima bantuan bencana alam di Kabupaten Majene menggunakan metode TOPSIS. Sistem tersebut mempertimbangkan enam kriteria utama, seperti korban jiwa, tingkat kerusakan, status ekonomi, serta status kepemilikan tanah dan bangunan [15]. Sementara itu, Ulfiana et al. memadukan metode AHP dan TOPSIS untuk menganalisis tingkat kerawanan banjir di 26 kecamatan di Kabupaten Klaten sebagai dasar perencanaan *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), dengan mempertimbangkan variabel fisik seperti

curah hujan, penggunaan lahan, jenis tanah, kondisi geologi, dan kelerengan [16]. Di sisi lain, Dwipayana et al. menggunakan metode TOPSIS dalam sistem seleksi relawan bencana di BPBD Provinsi Bali, dengan mempertimbangkan kriteria seperti jarak tempat tinggal, keahlian, usia, dan pengalaman, guna memperoleh relawan yang paling siap diterjunkan ke lapangan [17].

Meskipun pendekatan AHP-TOPSIS telah digunakan dalam berbagai skenario kebencanaan, terdapat sejumlah celah penelitian (*knowledge gap*) yang masih terbuka. Pertama, sebagian besar studi masih membatasi penerapan sistem pada skala wilayah yang sempit dan kasus spesifik, seperti hanya di satu kabupaten atau provinsi, sehingga belum mendukung skenario yang lebih kompleks dan lintas wilayah. Kedua, sebagian besar studi hanya menangani satu jenis bencana, seperti banjir, tanpa mempertimbangkan kompleksitas *multi-hazard* yang sering terjadi secara bersamaan. Ketiga, meskipun Hadrianti et al. telah membangun sistem berbasis web, sebagian besar implementasi lainnya masih bersifat simulatif atau terbatas, dan belum sepenuhnya terintegrasi untuk digunakan secara langsung oleh institusi kebencanaan dalam situasi nyata. Keempat, validasi sistem umumnya hanya dilakukan melalui uji fungsionalitas seperti *black-box* dan *user acceptance test*, tanpa membandingkan hasil sistem dengan keputusan manual dari instansi resmi seperti BPBD, sehingga tingkat akurasi terhadap praktik kebijakan riil belum sepenuhnya dapat diukur.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengaplikasikan pendekatan metode campuran (*mixed method*) dengan memadukan analisis kuantitatif dan kualitatif untuk menciptakan sistem pendukung keputusan yang lebih menyeluruh dan sesuai dengan konteks [18]. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran yang menyeluruh terhadap permasalahan pengalokasian sumber daya dalam situasi multi-bencana di Kabupaten Deli Serdang.

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di BPBD Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, dengan wilayah kerja yang meliputi 22 kecamatan. Data yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari kejadian bencana selama kurun waktu tahun 2023 hingga 2024, baik dari laporan internal BPBD maupun hasil observasi lapangan.

B. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

- Observasi langsung terhadap kondisi operasional dan respons BPBD saat menghadapi bencana.
- Wawancara semi-terstruktur dengan pihak BPBD untuk menggali informasi terkait pengambilan keputusan, kendala lapangan, dan kebutuhan sistem.
- Dokumentasi laporan bencana, yang digunakan sebagai dasar data kuantitatif dalam pemodelan sistem.

Data kuantitatif yang dikumpulkan meliputi jenis bencana, jumlah korban, tingkat kerusakan, lokasi terdampak, serta ketersediaan sumber daya seperti personel dan peralatan. Sementara itu, data kualitatif digunakan untuk memahami konteks dan kebijakan lokal dalam pengambilan keputusan.

C. Metode Pengambilan Keputusan

Metode yang dipakai adalah AHP dan TOPSIS yang digunakan sebagai pendekatan analisis. AHP digunakan untuk menentukan bobot kepentingan dari setiap kriteria melalui proses perbandingan berpasangan, sementara TOPSIS digunakan untuk menentukan peringkat masing-masing alternatif berdasarkan tingkat kedekatannya terhadap solusi ideal positif dan negatif.

Dalam studi ini, data diperoleh dari kombinasi antara observasi langsung, wawancara dengan pihak BPBD Deli Serdang, serta dokumentasi laporan kejadian bencana selama periode tahun 2023 hingga 2024. Total jumlah observasi yang dilakukan terhadap kejadian multi-bencana sebanyak 36 kejadian, yang tersebar di 9 kecamatan utama di wilayah Kabupaten Deli Serdang. Jenis bencana yang diamati meliputi banjir, puting beliung, longsor, gempa bumi, dan kebakaran. Setiap kejadian dianalisis berdasarkan enam

kriteria utama: jumlah korban terdampak, tingkat kerusakan infrastruktur, aksesibilitas wilayah, kondisi darurat, karakteristik kelompok rentan, dan potensi penyebaran dampak.

Selain data kualitatif hasil wawancara dan observasi, data kuantitatif juga diperoleh dari laporan internal BPBD yang mencakup jumlah korban, jenis dan tingkat kerusakan, jumlah personel yang diturunkan, serta distribusi peralatan dan logistik. Data ini kemudian diolah menjadi matriks penilaian untuk keperluan perhitungan AHP dan TOPSIS. Proses analisis dilakukan dengan membentuk matriks perbandingan berpasangan antar kriteria (untuk AHP), menghitung bobot kriteria, dan selanjutnya menentukan nilai preferensi serta peringkat alternatif (untuk TOPSIS).

Penggabungan pendekatan kuantitatif dan kualitatif ini memungkinkan penelitian menangkap kompleksitas realitas di lapangan secara lebih menyeluruh. Dengan mengintegrasikan hasil pengamatan faktual dan pendapat pakar BPBD ke dalam sistem pengambilan keputusan berbasis AHP-TOPSIS, penelitian ini mampu menghasilkan skala prioritas yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga akurat dan kontekstual terhadap kebutuhan instansi penanggulangan bencana.

1. *Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Metode AHP dimanfaatkan untuk menentukan tingkat kepentingan dari setiap kriteria yang dianggap relevan dalam proses pengambilan keputusan, dengan melakukan perbandingan secara berpasangan antara elemen-elemen yang ada [19]. Adapun rumus perhitungannya antara lain:

- a. Perhitungan Bobot Prioritas

$$W_i = \frac{\sum A_{norm,ij}}{n} \quad (1)$$

dengan:

W_i = bobot untuk kriteria ke- i ,

A_{norm} = matriks normalisasi yang diperoleh dengan membagi setiap elemen pada kolom dengan jumlah total kolomnya,

n = jumlah total kriteria atau alternatif yang dibandingkan.

- b. Perhitungan Nilai Eigen Maksimum (λ_{max})

$$\lambda_{max} = \frac{\sum (total\ kolom \times W)}{n} \quad (2)$$

dengan:

λ_{max} = nilai eigen maksimum yang digunakan untuk mengukur konsistensi matriks,

total kolom = jumlah nilai pada setiap kolom sebelum normalisasi,

W = bobot prioritas yang telah dihitung sebelumnya,

n = jumlah total kriteria atau alternatif yang dibandingkan.

- c. Perhitungan Consistency Index (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

dengan CI untuk mengukur tingkat konsistensi dari matriks perbandingan berpasangan. Jika nilai CI mendekati 0, maka matriks dianggap memiliki tingkat konsistensi yang baik. Sedangkan, n adalah jumlah total kriteria atau alternatif yang dibandingkan.

- d. Perhitungan Consistency Ratio (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

dengan CR untuk menentukan apakah matriks perbandingan dapat diterima atau tidak, sedangkan RI adalah indeks acak yang bergantung pada jumlah elemen dalam matriks.

2. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

TOPSIS dimanfaatkan untuk menentukan peringkat setiap alternatif dengan menilai tingkat kedekatannya terhadap solusi ideal positif dan menjauhnya dari solusi ideal negatif. Melalui pendekatan ini, sistem dapat menghasilkan urutan prioritas alokasi yang paling sesuai dan optimal. [20]. Adapun rumus perhitungannya antara lain:

a. Normalisasi Matriks Keputusan

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (5)$$

dengan r_{ij} adalah nilai normalisasi alternatif i terhadap kriteria j .

b. Matriks Normalisasi Terbobot

$$v_{ij} = w_j \times r_{ij} \quad (6)$$

dengan v_{ij} adalah matriks normalisasi terbobot, dan w_j adalah bobot kriteria ke- j , dengan syarat $\sum W_j=1$.

c. Solusi Ideal Positif dan Negatif

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+\} \quad (7)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-\} \quad (8)$$

dengan:

$v_m^+ = \max v_{ij}$, untuk kriteria benefit, $\min v_{ij}$, untuk kriteria cost,

$v_m^- = \min v_{ij}$, untuk kriteria benefit, $\max v_{ij}$, untuk kriteria cost.

d. Jarak setiap Alternatif terhadap Solusi Ideal Positif dan Negatif

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (9)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (10)$$

dengan D_i^+ adalah jarak alternatif i terhadap solusi ideal positif, sedangkan D_i^- adalah jarak alternatif i terhadap solusi ideal negatif.

e. Menghitung Nilai Preferensi (C^*) (11)

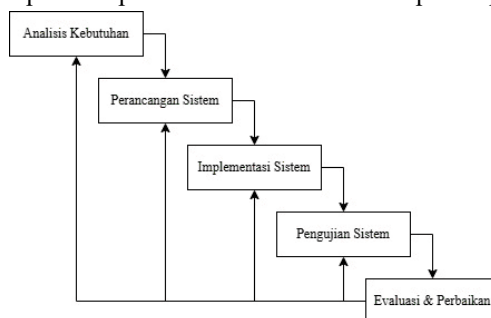
$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (6)$$

dengan C_i^* adalah skor preferensi alternatif i . Nilai C_i^* berada dalam rentang 0 hingga 1. Alternatif dengan nilai C_i^* tertinggi adalah alternatif terbaik.

D. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini mengadopsi metode *Waterfall* sebagai pendekatan dalam proses pengembangan sistem. Pendekatan ini diterapkan untuk membangun SPK yang digunakan dalam menentukan alokasi sumber

daya dalam penanganan berbagai jenis bencana. *Waterfall* merupakan salah satu metode pengembangan sistem yang mengutamakan proses kerja runtut dan terstruktur, di mana setiap tahap dilaksanakan secara berurutan [21]. Dalam implementasinya, setiap fase harus diselesaikan sepenuhnya sebelum melanjutkan ke fase selanjutnya [22]. Tahapan-tahapan dalam metode ini ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 1 Metode Waterfall

Metode *Waterfall* pada penelitian ini menggambarkan tahapan berurutan yang dilakukan dalam proses pengembangan SPK untuk alokasi sumber daya kebencanaan. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, yaitu proses pengumpulan kebutuhan sistem melalui observasi, wawancara dengan BPBD, serta studi dokumentasi laporan bencana tahun 2023–2024. Selanjutnya, pada tahap perancangan sistem, dirancang struktur sistem, termasuk penentuan entitas data, alur proses, dan integrasi metode AHP-TOPSIS. Tahap implementasi sistem dilakukan dengan membangun sistem berbasis web menggunakan bahasa pemrograman dan framework yang sesuai, serta mengintegrasikan algoritma AHP dan TOPSIS ke dalam modul perhitungan. Pada tahap pengujian sistem, sistem diuji menggunakan data aktual dari sembilan kecamatan terdampak untuk mengevaluasi keakuratan perhitungan dan kestabilan sistem. Terakhir, dilakukan evaluasi & perbaikan berupa perbaikan minor berdasarkan masukan pengguna, sekaligus evaluasi efektivitas sistem berdasarkan kesesuaian hasil dengan keputusan manual BPBD. Setiap tahapan dalam model *Waterfall* ini dilaksanakan secara terstruktur dan berurutan, memastikan bahwa sistem dikembangkan sesuai kebutuhan lapangan dan menghasilkan solusi yang fungsional.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Metode AHP-TOPSIS

Pengujian metode AHP dan TOPSIS diterapkan pada data kejadian multi-bencana di wilayah kerja BPBD Kabupaten Deli Serdang. Dalam studi ini, metode AHP dimanfaatkan untuk menentukan bobot masing-masing kriteria, sedangkan metode TOPSIS digunakan dalam proses pemeringkatan alternatif untuk alokasi sumber daya. Berdasarkan tahapan penelitian dan enam kriteria utama bencana, maka dilakukan studi kasus terhadap lima kecamatan terdampak untuk menunjukkan prioritas alokasi bantuan. Tabel 1 menyajikan data kriteria yang digunakan dalam perhitungan metode AHP-TOPSIS untuk menentukan prioritas alokasi sumber daya pada multi-bencana di Kabupaten Deli Serdang.

Tabel 1 Kriteria bobot dan jenis

| Kriteria | Bobot | Jenis |
|---------------------------------|-------|---------|
| Jumlah Korban Terdampak | 0,30 | Benefit |
| Tingkat Kerusakan Infrastruktur | 0,25 | Benefit |
| Aksesibilitas Wilayah | 0,15 | Cost |
| Tingkat Kondisi Darurat | 0,13 | Benefit |
| Karakteristik Kelompok Rentan | 0,09 | Benefit |
| Potensi Penyebaran Dampak | 0,08 | Benefit |

Hasil wawancara dan diskusi dengan BPBD Kabupaten Deli Serdang menghasilkan enam kriteria utama dalam menentukan prioritas penanganan bencana. Jumlah korban terdampak (C1) menjadi faktor paling krusial, diikuti oleh tingkat kerusakan infrastruktur (C2) yang memengaruhi kelangsungan layanan publik. Aksesibilitas wilayah (C3) berperan penting dalam kelancaran distribusi bantuan, meskipun nilainya lebih rendah karena bersifat cost. Tingkat kondisi darurat (C4) seperti banjir aktif atau kebakaran

juga menjadi pertimbangan utama. Sementara itu, karakteristik kelompok rentan (C5) dan potensi penyebaran dampak (C6) turut diperhitungkan untuk memastikan perlindungan terhadap kelompok berisiko dan mencegah perluasan dampak bencana.

Tabel 2 Sub-kriteria dan skor

| Kode | Kriteria | Sub-kriteria | Skor |
|------|---------------------------------|---------------|------|
| C1 | Jumlah korban terdampak | ≥ 100 orang | 5 |
| | | 20–49 orang | 3 |
| | | < 5 orang | 1 |
| C2 | Tingkat Kerusakan Infrastruktur | Berat | 5 |
| | | Sedang | 3 |
| | | Tidak rusak | 1 |
| C3 | Aksesibilitas Wilayah | Sangat mudah | 5 |
| | | Terbatas | 3 |
| | | Sangat Mudah | 1 |
| C4 | Kondisi Darurat | Berlangsung | 5 |
| | | Risiko tinggi | 3 |
| | | Aman/stabil | 1 |
| C5 | Kelompok Rentan | Banyak rentan | 5 |
| | | Ada beberapa | 3 |
| | | Tidak ada | 1 |
| C6 | Potensi Penyebaran Dampak | Sangat tinggi | 5 |
| | | Sedang | 3 |
| | | Sangat rendah | 1 |

Tabel 2 menunjukkan enam kriteria yang digunakan dalam penentuan prioritas penanganan bencana, beserta sub-kriteria dan skor penilaiannya. Setiap kriteria memiliki tiga tingkatan penilaian yang disesuaikan dengan kondisi lapangan, mulai dari tingkat paling kritis (skor 5), sedang (skor 3), hingga ringan atau tidak berdampak signifikan (skor 1). Penilaian ini didasarkan pada hasil diskusi dan wawancara dengan pihak BPBD Kabupaten Deli Serdang, yang menekankan pentingnya menyesuaikan skala prioritas terhadap dampak nyata di lapangan. Salah satu kriteria (C3 – Aksesibilitas Wilayah) bersifat *cost*, sehingga dalam proses perhitungan akan dinormalisasi menggunakan pendekatan kebalikan untuk menjaga konsistensi analisis.

B. Perhitungan AHP-TOPSIS

1. Matriks Perbandingan Berpasangan

Tabel 3 Matriks perbandingan berpasangan

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| C1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 4 |
| C2 | 1/3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| C3 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1/2 | 2 | 1 |
| C4 | 1/4 | 1/2 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| C5 | 1/6 | 1/4 | 1/2 | 1/3 | 1 | 1/2 |
| C6 | 1/4 | 1/3 | 1 | 1/2 | 2 | 1 |

Langkah awal dalam metode AHP adalah menyusun matriks perbandingan berpasangan untuk enam kriteria. Matriks Tabel 3 merepresentasikan tingkat kepentingan relatif antar kriteria berdasarkan penilaian ahli BPBD. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kriteria baris dianggap lebih penting dibandingkan kriteria kolom.

2. Hasil Bobot Kriteria Berdasarkan AHP

Pada bagian ini, dilakukan proses perhitungan untuk menentukan bobot dari masing-masing kriteria menggunakan metode AHP. Langkah pertama yang dilakukan adalah menjumlahkan nilai pada setiap kolom dari matriks perbandingan berpasangan, dengan tahapan perhitungan sebagai berikut:

$$C1 = 1 + 1/3 + 1/5 + 1/4 + 1/6 + 1/4 = 2,200$$

$$C2 = 3 + 1 + 1/3 + 1/2 + 1/4 + 1/3 = 5,416$$

$$C3 = 5 + 3 + 1 + 2 + 1/2 + 1 = 12,5$$

$$C4 = 4 + 2 + 1/2 + 1 + 1/3 + 1/2 = 8,333$$

$$C5 = 6 + 4 + 2 + 3 + 1 + 2 = 18$$

$$C6 = 4 + 3 + 1 + 2 + 1/2 + 1 = 11,5$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi matriks, yaitu dengan membagi setiap elemen dalam matriks dengan total nilai kolomnya masing-masing. Sebagai contoh, berikut adalah proses normalisasi untuk baris pertama (C1):

$$C1 \text{ terhadap } C1 = 1 / 2,200 = 0,454$$

$$C1 \text{ terhadap } C2 = 3 / 5,416 = 0,554$$

$$C1 \text{ terhadap } C3 = 5 / 12,5 = 0,4$$

$$C1 \text{ terhadap } C4 = 4 / 8,333 = 0,48$$

$$C1 \text{ terhadap } C5 = 6 / 18 = 0,333$$

$$C1 \text{ terhadap } C6 = 4 / 11,5 = 0,348$$

Nilai total pada baris C1 setelah proses normalisasi adalah

$$0,454+0,554+0,4+0,48+0,333+0,348=2,570.$$

Selanjutnya, nilai ini dibagi dengan jumlah elemen pada baris tersebut untuk memperoleh bobot prioritas, yaitu:

$$C1 = \frac{2,570}{6} = 0,428.$$

Langkah yang sama diterapkan untuk baris lainnya, mulai dari C2 hingga C6. Hasil akhir bobot setiap kriteria setelah normalisasi dan rata-rata adalah:

Bobot C1 = 0,428 (jumlah korban terdampak)

Bobot C2 = 0,217 (tingkat kerusakan infrastruktur)

Bobot C3 = 0,082 (aksesibilitas wilayah)

Bobot C4 = 0,138 (kondisi darurat)

Bobot C5 = 0,050 (kelompok rentan)

Bobot C6 = 0,086 (potensi penyebaran dampak)

Setelah normalisasi dan perhitungan rata-rata setiap baris, diperoleh bobot untuk masing-masing kriteria pada Tabel 4. Bobot ini mencerminkan prioritas relatif tiap kriteria dalam menentukan urgensi penanganan bencana.

Dari hasil Tabel 4, terlihat bahwa kriteria C1 (jumlah korban terdampak) memiliki bobot tertinggi, yang berarti menjadi pertimbangan paling penting dalam penentuan prioritas penanganan bencana.

Tabel 4 Bobot kriteria berdasarkan AHP

| Kriteria | Bobot |
|----------|-------|
| C1 | 0,428 |
| C2 | 0,217 |
| C3 | 0,082 |
| C4 | 0,138 |
| C5 | 0,050 |
| C6 | 0,086 |

3. Uji Konsistensi

Untuk memastikan bahwa penilaian perbandingan berpasangan tidak bersifat inkonsisten secara logis, dilakukan perhitungan rasio konsistensi. Berikut hasil uji konsistensi pada Tabel 5.

Tabel 5 Uji konsistensi

| Indikator | Nilai |
|--------------------------------|--------|
| Lambda Max (λ_{max}) | 6,113 |
| Consistency Index | 0,0227 |
| Consistency Ratio | 0,0183 |

Karena nilai Consistency Ratio (CR) lebih kecil dari 0,1, maka matriks perbandingan dianggap konsisten dan bobot dapat digunakan untuk tahap berikutnya dalam metode TOPSIS.

4. Matriks Keputusan Alternatif

Tabel 6 Matriks Keputusan Alternatif

| Alternatif | Nama Kecamatan | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| A1 | Beringin | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| A2 | Batang Kuis | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| A3 | Pantai Labu | 5 | 5 | 2 | 4 | 4 | 5 |
| A4 | Lubuk Pakam | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| A5 | Pagar Merbau | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 |
| A6 | Galang | 1 | 1 | 5 | 2 | 2 | 2 |
| A7 | STM Hilir | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 |
| A8 | Percut Sei Tuan | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| A9 | Tanjung Morawa | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 |

Matriks Tabel 6 ini berperan penting sebagai dasar analisis lanjutan karena mencerminkan realitas yang akan dinormalisasi dan dibobot sesuai dengan AHP untuk mendapatkan solusi prioritas yang objektif.

5. Normalisasi Matriks Keputusan

Tabel 7 Normalisasi matriks keputusan

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| A1 | 0,52 | 0,45 | 0,20 | 0,45 | 0,45 | 0,43 |
| A2 | 0,42 | 0,45 | 0,14 | 0,27 | 0,34 | 0,43 |
| A3 | 0,52 | 0,56 | 0,14 | 0,36 | 0,45 | 0,54 |
| A4 | 0,31 | 0,34 | 0,27 | 0,27 | 0,34 | 0,32 |
| A5 | 0,21 | 0,23 | 0,27 | 0,18 | 0,22 | 0,32 |
| A6 | 0,10 | 0,11 | 0,34 | 0,18 | 0,22 | 0,21 |
| A7 | 0,31 | 0,23 | 0,27 | 0,18 | 0,22 | 0,32 |
| A8 | 0,42 | 0,56 | 0,20 | 0,36 | 0,45 | 0,43 |
| A9 | 0,21 | 0,34 | 0,27 | 0,27 | 0,22 | 0,32 |

Langkah normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala antar kriteria agar dapat dibandingkan secara proporsional. Hasilnya adalah matriks dengan elemen-elemen bernilai antara 0 dan 1, yang menunjukkan proporsi relatif masing-masing alternatif terhadap setiap kriteria.

Tabel 7 ini menunjukkan hasil normalisasi dari skor masing-masing alternatif pada tiap kriteria. Normalisasi dilakukan dengan membagi skor tiap elemen dengan akar jumlah kuadrat per kolom, sehingga semua nilai berada dalam rentang 0 hingga 1. Hal ini bertujuan untuk menyetarakan skala antar kriteria sebelum pembobotan.

6. Matriks Ternormalisasi Terbobot

Tabel 8 Matriks ternormalisasi terbobot

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A1 | 0,222 | 0,098 | 0,016 | 0,062 | 0,023 | 0,037 |
| A2 | 0,177 | 0,098 | 0,011 | 0,037 | 0,017 | 0,037 |

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A3 | 0,222 | 0,122 | 0,011 | 0,049 | 0,023 | 0,047 |
| A4 | 0,132 | 0,074 | 0,021 | 0,037 | 0,017 | 0,028 |
| A5 | 0,089 | 0,050 | 0,021 | 0,024 | 0,011 | 0,028 |
| A6 | 0,042 | 0,025 | 0,027 | 0,024 | 0,011 | 0,019 |
| A7 | 0,132 | 0,050 | 0,021 | 0,024 | 0,011 | 0,028 |
| A8 | 0,177 | 0,122 | 0,016 | 0,049 | 0,023 | 0,037 |
| A9 | 0,089 | 0,074 | 0,021 | 0,037 | 0,011 | 0,028 |

Tahap ini menggabungkan hasil normalisasi dengan bobot setiap kriteria. Nilai pada matriks normalisasi dikalikan dengan bobot AHP masing-masing, sehingga terlihat seberapa besar pengaruh tiap alternatif terhadap keseluruhan penilaian. Hasil ini menggambarkan kedekatan tiap kecamatan dengan kondisi ideal berdasarkan bobot yang telah ditetapkan.

Tabel 8 yang dihasilkan menampilkan bobot global tiap alternatif, diperoleh dari perkalian nilai normalisasi dengan bobot AHP. Semakin besar bobot globalnya, semakin besar pula kontribusi alternatif terhadap kriteria tersebut. Data ini menjadi dasar dalam menentukan solusi ideal menggunakan metode TOPSIS.

7. Solusi Ideal Positif dan Negatif

Tabel 9 penentuan solusi ideal positif dan negatif

| | Ideal + | Ideal - |
|----|---------|---------|
| C1 | 0,222 | 0,042 |
| C2 | 0,122 | 0,025 |
| C3 | 0,027 | 0,011 |
| C4 | 0,062 | 0,024 |
| C5 | 0,023 | 0,011 |
| C6 | 0,047 | 0,019 |

Dalam metode TOPSIS, solusi ideal berperan sebagai titik referensi utama. Solusi ideal positif menggambarkan pencapaian terbaik pada setiap kriteria, sementara solusi ideal negatif mencerminkan hasil terburuk. Keduanya digunakan untuk menilai seberapa dekat setiap alternatif dengan keputusan yang paling menguntungkan maupun yang paling tidak diinginkan.

Di Tabel 9, perhitungan solusi ideal dilakukan dengan mengambil nilai tertinggi dan terendah dari masing-masing kolom pada matriks ternormalisasi terbobot. Nilai maksimum menunjukkan kondisi ideal positif, dan nilai minimum menjadi acuan ideal negatif. Dari sini, dihitung jarak setiap alternatif terhadap kedua titik tersebut sebagai dasar proses peringkat.

8. Jarak ke Solusi Ideal

Tabel 10 hitung jarak solusi ideal

| Alternatif | D+ | D- |
|------------|--------|--------|
| A1 | 0,0316 | 0,0381 |
| A2 | 0,0594 | 0,0291 |
| A3 | 0,0353 | 0,0432 |
| A4 | 0,0853 | 0,0208 |
| A5 | 0,1158 | 0,0141 |
| A6 | 0,1392 | 0,0062 |
| A7 | 0,1077 | 0,0136 |
| A8 | 0,0411 | 0,0396 |
| A9 | 0,0900 | 0,0168 |

Tabel 10 di bawah ini menunjukkan hasil penghitungan jarak masing-masing alternatif terhadap dua titik referensi dalam metode TOPSIS, yaitu solusi ideal positif (D^+) dan solusi ideal negatif (D^-). Nilai D^+ menggambarkan jarak suatu kecamatan terhadap kondisi terbaik (ideal positif), sementara D^- menunjukkan kedekatan terhadap kondisi terburuk (ideal negatif).

Interpretasi dari nilai-nilai ini sangat penting dalam proses pengambilan keputusan. Alternatif yang memiliki nilai D^+ lebih kecil dan D^- lebih besar dianggap sebagai alternatif yang paling mendekati kondisi ideal. Dengan kata lain, kecamatan dengan D^+ minimum dan D^- maksimum berpotensi menjadi prioritas utama dalam penanganan bencana.

9. Nilai Preferensi dan Peringkat

Tabel 11 Preferensi dan peringkat

| Alternatif | Nilai Preferensi | Peringkat |
|------------|------------------|-----------|
| A3 | 0,550 | 1 |
| A1 | 0,547 | 2 |
| A8 | 0,490 | 3 |
| A2 | 0,329 | 4 |
| A4 | 0,196 | 5 |
| A9 | 0,157 | 6 |
| A7 | 0,112 | 7 |
| A5 | 0,108 | 8 |
| A6 | 0,043 | 9 |

Tahap akhir dalam metode TOPSIS adalah menghitung nilai preferensi, yang diperoleh dari perbandingan jarak ke solusi negatif terhadap total jarak ke kedua solusi (positif dan negatif). Nilai ini mencerminkan seberapa dekat suatu alternatif dengan kondisi ideal. Semakin besar nilai preferensinya, semakin tinggi pula prioritas penanganannya. Hasil ini digunakan untuk menyusun peringkat alternatif, dengan peringkat tertinggi menunjukkan kecamatan yang paling layak diprioritaskan. Tabel 11 menyajikan urutan sembilan kecamatan berdasarkan nilai preferensi akhir. Berdasarkan hasil perhitungan nilai preferensi pada Tabel 11, Kecamatan Pantai Labu (A3) memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,550, yang menempatkannya pada urutan pertama sebagai wilayah prioritas dalam alokasi penanganan bencana. Keunggulan Pantai Labu dibanding kecamatan lain dapat dijelaskan secara lebih mendalam melalui kontribusi nilai pada masing-masing kriteria utama yang dianalisis.

Pertama, Kecamatan Pantai Labu memiliki skor tertinggi pada kriteria C1 (Jumlah Korban Terdampak) dan C2 (Tingkat Kerusakan Infrastruktur), yang masing-masing memiliki bobot dominan yaitu 0,428 dan 0,217. Kondisi ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut mengalami dampak bencana yang sangat signifikan baik dari sisi jumlah penduduk yang terkena dampak maupun tingkat kerusakan fasilitas umum. Karena kedua kriteria ini termasuk benefit dan bobotnya tinggi, maka nilai tinggi dari Pantai Labu memberikan kontribusi besar terhadap nilai preferensi akhir.

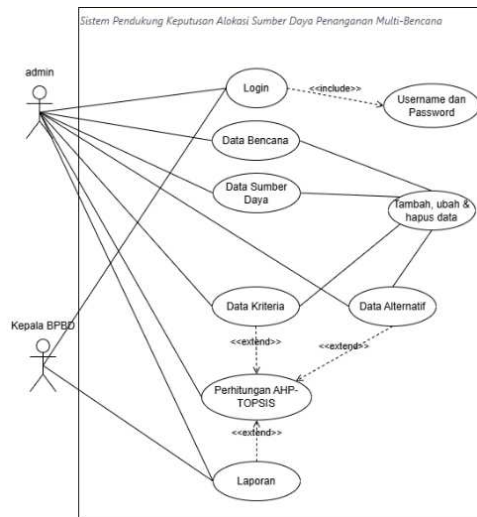
Kedua, Kecamatan Pantai Labu juga menunjukkan skor tinggi pada C4 (Kondisi Darurat) dan C6 (Potensi Penyebaran Dampak). Ini mengindikasikan bahwa bencana yang terjadi di wilayah ini masih dalam kondisi berlangsung dan berpotensi meluas, sehingga secara objektif, membutuhkan perhatian dan penanganan yang lebih cepat. Keadaan tersebut selaras dengan prinsip-prinsip dalam manajemen kebencanaan yang menekankan kecepatan respons terhadap kondisi aktif dan berisiko tinggi.

Ketiga, meskipun skor pada C3 (Aksesibilitas Wilayah) tidak terlalu tinggi, dampaknya terhadap peringkat total relatif kecil karena bobot kriteria ini hanya sebesar 0,082 dan bersifat cost. Artinya, meskipun akses ke wilayah tersebut sedikit lebih sulit, kondisi ini tidak menurunkan peringkat secara signifikan karena kontribusi bobotnya rendah dan justru memperkuat urgensi prioritas bila dilihat dari konteks kebutuhan bantuan yang cepat.

Jika dibandingkan dengan kecamatan lain seperti Beringin (A1) atau Percut Sei Tuan (A8) yang juga memiliki nilai preferensi cukup tinggi, Pantai Labu tetap unggul karena memiliki keseimbangan antara jumlah korban tinggi, kerusakan besar, kondisi darurat yang berlangsung, dan risiko penyebaran yang nyata. Hal ini menjadikan Pantai Labu sebagai wilayah yang secara keseluruhan memiliki karakteristik yang paling selaras dengan prioritas alokasi sumber daya penanganan bencana, sehingga penempatan bantuan dapat disesuaikan secara proporsional dan tepat sasaran berdasarkan tingkat urgensi dan dampak yang teridentifikasi.

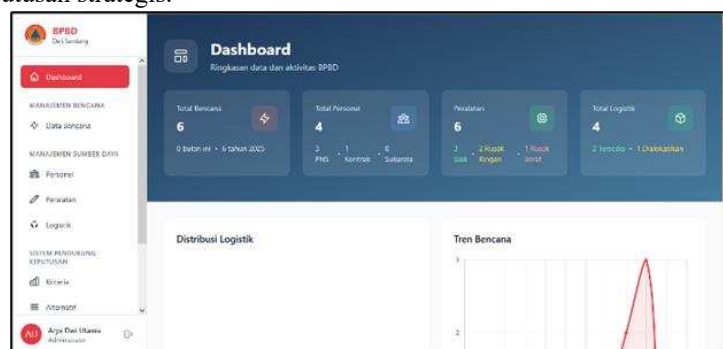
C. Implementasi Sistem

Tahapan ini merupakan proses realisasi metode AHP-TOPSIS ke dalam bentuk sistem berbasis web yang memungkinkan pengguna, khususnya pihak BPBD atau pemangku kebijakan, untuk melakukan input data, analisis, dan pengambilan keputusan secara lebih interaktif dan efisien. Penerapan metode AHP-TOPSIS secara terintegrasi memungkinkan proses penentuan prioritas alokasi sumber daya menjadi lebih cepat dan akurat, sehingga keputusan yang dihasilkan dapat memberikan dampak positif dalam penanggulangan bencana di lapangan.



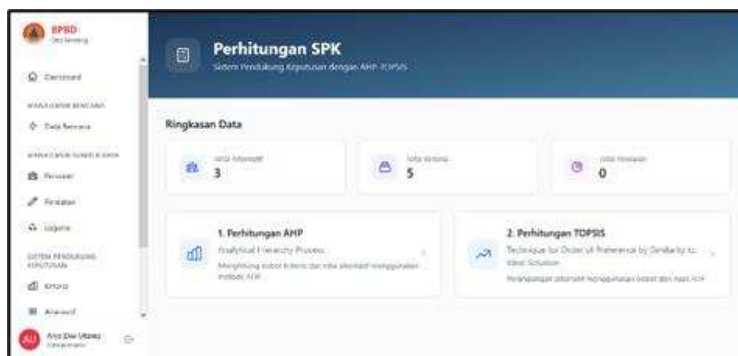
Gambar 2 Use case diagram

Gambar 2 use case diagram sistem menunjukkan peran utama dari dua aktor, yaitu admin dan Kepala BPBD. Admin memiliki akses penuh terhadap seluruh fitur dalam sistem, mulai dari proses login, pengelolaan data bencana, sumber daya, kriteria, hingga alternatif wilayah terdampak. Admin juga bertanggung jawab untuk menjalankan perhitungan AHP dan TOPSIS yang terhubung langsung dengan data kriteria dan alternatif yang telah dimasukkan sebelumnya. Seluruh hasil perhitungan kemudian digunakan untuk menghasilkan laporan prioritas, yang dapat diakses oleh Kepala BPBD sebagai dasar pengambilan keputusan strategis.



Gambar 3 Halaman Dashboard

Gambar 3 menunjukkan tampilan dashboard sistem informasi BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) dari Deli Serdang. Dashboard ini merangkum data dan aktivitas BPBD secara ringkas, termasuk total bencana, jumlah personel, peralatan, dan logistik yang tersedia. Tampilan ini memudahkan pemantauan dan pengambilan keputusan cepat terkait penanggulangan bencana di wilayah tersebut.



Gambar 4 Halaman perhitungan AHP-TOPSIS

Gambar 4 menampilkan tampilan antarmuka modul Perhitungan SPK (Sistem Pendukung Keputusan) BPBD Deli Serdang yang menggunakan metode AHP-TOPSIS. Di bagian atas terdapat ringkasan data yang mencakup jumlah alternatif, kriteria, dan total penilaian. Antarmuka ini dirancang untuk membantu pengambilan keputusan yang objektif dan terstruktur dalam konteks manajemen kebencanaan.

D. Evaluasi Keefektifan Sistem

Untuk mengetahui tingkat efektivitas sistem yang dikembangkan, dilakukan pengujian terhadap sembilan kecamatan terdampak bencana menggunakan data aktual tahun 2023–2024 serta validasi hasil peringkat oleh tim BPBD. Selain itu, dilakukan survei kepuasan kepada lima pengguna sistem (admin dan analis) terkait kemudahan penggunaan, kecepatan analisis, dan keakuratan hasil. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keefektifan sebesar 89%, yang dihitung dari kombinasi tingkat akurasi keputusan sistem terhadap keputusan manual BPBD serta skor kepuasan pengguna.

Untuk mengukur akurasi sistem dalam menentukan prioritas kecamatan terdampak, dilakukan perbandingan antara hasil sistem AHP-TOPSIS dan penilaian manual yang sebelumnya dilakukan oleh tim BPBD Kabupaten Deli Serdang. Dari total sembilan kecamatan yang dianalisis, sebanyak 8 kecamatan menunjukkan kesesuaian peringkat yang tinggi, yaitu identik atau hanya berbeda satu tingkat dari hasil manual.

Tabel 12 Perbandingan hasil manual dan sistem

| Kode | Manual | Sistem | Peringkat Manual | Peringkat Sistem | Selisih peringkat |
|-----------------|--------|--------|------------------|------------------|-------------------|
| Pantai Labu | 25 | 0,550 | 2 | 1 | 1 |
| Beringin | 25 | 0,547 | 1 | 2 | 1 |
| Percut Sei Tuan | 24 | 0,491 | 3 | 3 | 0 |
| Batang Kuis | 20 | 0,329 | 4 | 4 | 0 |
| Lubuk Pakam | 19 | 0,196 | 5 | 5 | 0 |
| Tanjung Morawa | 17 | 0,157 | 6 | 6 | 0 |
| STM Hilir | 16 | 0,112 | 7 | 7 | 0 |
| Pagar Merbau | 15 | 0,109 | 8 | 8 | 0 |
| Galang | 13 | 0,043 | 9 | 9 | 0 |

Perbandingan hasil sistem dengan penilaian manual yang dilakukan oleh tim BPBD menunjukkan tingkat kecocokan sebesar 89%, di mana 8 dari 9 kecamatan memiliki posisi peringkat yang sama atau selisih hanya satu tingkat dari hasil evaluasi manual. Misalnya, Pantai Labu (A3), Beringin (A1), dan Percut Sei Tuan (A8) secara konsisten berada di posisi tiga besar pada kedua pendekatan. Perbedaan minor pada satu kecamatan disebabkan oleh bobot kriteria yang secara sistem dihitung objektif melalui metode AHP, sementara dalam penilaian manual bobot cenderung bersifat subjektif. Secara kuantitatif, tingkat kecocokan ini dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Tingkat Kecocokan (\%)} = (\text{Jumlah kecamatan dengan peringkat sistem} = \text{atau } \pm 1 \text{ dari peringkat manual}) \div \text{total kecamatan} \times 100. \text{ Dengan hasil: } 8 \div 9 \times 100 = 88,89\% \approx 89\%$$

Angka ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu merepresentasikan penilaian manual dengan baik, namun menawarkan keunggulan dari sisi konsistensi dan akuntabilitas dalam

pembobotan dan pemeringkatan. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat sasaran.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis web yang mengintegrasikan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam alokasi sumber daya penanganan multi-bencana di Kabupaten Deli Serdang. Sistem yang dirancang mampu menghasilkan skala prioritas secara objektif, cepat, dan terstruktur berdasarkan enam kriteria utama yang telah ditentukan bersama pihak BPBD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dengan kecocokan sebesar 89% terhadap hasil penilaian manual BPBD.

Kontribusi utama dari penelitian ini tidak hanya terletak pada penerapannya di instansi kebencanaan, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang sistem pendukung keputusan dan metode pengambilan keputusan multikriteria. Penelitian ini memperkuat bukti bahwa integrasi AHP-TOPSIS dapat diimplementasikan secara efektif dalam konteks penanganan bencana dengan kompleksitas tinggi dan keterbatasan sumber daya. Selain itu, pendekatan berbasis sistem web real-time yang digunakan dalam studi ini juga dapat menjadi model pengembangan bagi penelitian-penelitian lanjutan di bidang perencanaan kebijakan publik, manajemen logistik, serta pengambilan keputusan kritis dalam situasi darurat. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis dalam mendukung operasional BPBD, tetapi juga memperluas khazanah metodologi dan aplikasi ilmu sistem informasi dalam ranah kebencanaan dan pengambilan keputusan berbasis data.

REFERENSI

- [1] G. Bangsawan, "Kebijakan Akselerasi Transformasi Digital di Indonesia: Peluang dan Tantangan untuk Pengembangan Ekonomi Kreatif," *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, vol. 2, no. 1, pp. 27–40, May 2023, doi: 10.21787/jskp.2.2023.27-40.
- [2] Rizka Dwi Astari, Dwiningtyas Padmaningrum, and Eksa Rusdiyana, "Evaluasi Kinerja Penyuluh dalam Penyelenggaraan Penyuluhan Pertanian Lahan Kering," *JURNAL TRITON*, vol. 14, no. 1, pp. 29–44, Jun. 2023, doi: 10.47687/jt.v14i1.274.
- [3] N. Nila, Z. Cholidah, and H. Masruroh, "Analisis kemampuan lahan sebagai arahan penggunaan lahan dengan pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kabupaten Nganjuk," *Jurnal Integrasi dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial*, vol. 1, no. 11, pp. 1167–1181, 2021, doi: 10.17977/um063v1i112021p1167-1181.
- [4] F. W. M. Rauan, P. D. K. Manembu, and S. P. Lengkong, "Sistem Pengambilan Keputusan Pemilihan Produk Facial Wash Untuk Kulit Wajah Menggunakan Metode SAW," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 19, no. 2, pp. 173–182, 2024.
- [5] F. Ramadhani, Al-Khowarizmi, and I. P. Sari, "Implementasi Metode Topsis dalam Menangani Masalah Pengalokasian Dosen Pembimbing Skripsi di lingkungan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara," *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [6] Sulartopo Sulartopo, Siti Kholifah, Danang Danang, and Joseph Teguh Santoso, "Transformasi Proyek Melalui Keajaiban Kecerdasan Buatan: Mengeksplorasi Potensi AI Dalam Project Management," *Jurnal Publikasi Ilmu Manajemen*, vol. 2, no. 2, pp. 363–392, Jun. 2023, doi: 10.55606/jupiman.v2i2.2477.
- [7] J. Gunawan and S. Samsudin, "Implementasi Metode SMART dan MOORA Pada Operasional Hibah Peralatan Olahraga," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–12, Oct. 2024, doi: 10.47065/josh.v6i1.5985.
- [8] I. R. Sumbaryani, F. Sutanara, and R. N. Ranahcita, "Peran Sistem Informasi Manajemen Sekolah dalam Meningkatkan Efektivitas Perencanaan dan Evaluasi Pembelajaran," *Jurnal Literasi Digital*, vol. 3, no. 2, pp. 89–98, Jul. 2023, doi: 10.54065/jld.3.2.2023.600.
- [9] C. Rozali, A. Zein, and S. Farizy, "PENERAPAN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) UNTUK PEMILIHAN PENERIMAAN KARYAWAN BARU," *JITU: Jurnal Informatika Utama*, vol. 1, no. 2, pp. 32–36, Nov. 2023, doi: 10.55903/jitu.v1i2.153.
- [10] S. Aulia, N. R. Al-Fa'th, D. Nugraha, M. F. N. Ilham, and A. Arbansyah, "Penerapan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Penentuan Nilai Akhir Mahasiswa," *Jurnal Informatika dan Teknologi Pendidikan*, vol. 4, no. 2, pp. 109–118, Dec. 2024, doi: 10.59395/jitp.v4i2.107.
- [11] D. Ilham, N. E. Putri, N. Patricia, N. F. Nst., and S. Safrizal, "Penerapan Metode TOPSIS untuk Memilih Laptop Terbaik Sesuai Kebutuhan Konsumen," *Journal of Manufacturing and Enterprise Information System*, vol. 3, no. 1, pp. 32–40, Apr. 2025, doi: 10.52330/jmeis.v3i1.415.
- [12] T. O. Yuneta, F. N. Aprian, and S. Sinaga, "Analisis Analisis Prioritas Pemilihan Supplier Pembelian Bahan Baku Menggunakan Metode TOPSIS Pada UD. XYZ," *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, dan Teknik Logistik*, vol. 3, no. 1, pp. 32–38, May 2024, doi: 10.20895/trinistik.v3i1.1409.
- [13] F. Winnerko, T. I. Wan, and R. Firdiansyah, "Manajemen Proyek Sociopreneurship Pengolahan Sampah Organik Berbasis Eco-Enzyme Menjadi Hand Sanitizer," *Economics and Digital Business Review*, vol. 4, no. 2, pp. 436–450, 2023.

- [14] R. Aditia, S. Supriyono, M. Hamka, and H. Mustafidah, "Sistem Pendukung Keputusan Kelayakan Kenaikan Pangkat Tenaga Kependidikan Menggunakan Metode AHP-TOPSIS," *remik*, vol. 9, no. 1, pp. 242–253, Jan. 2025, doi: 10.33395/remik.v9i1.14285.
- [15] Y. Hadrianti J. A, Musyirifah, and F. Wajidi, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENERIMA BANTUAN BENCANA ALAM MENGGUNAKAN METODE TOPSIS (STUDI KASUS: KANTOR BADAN PENANGGULANGAN BENCANA DAERAH (BPBD) KABUPATEN MAJENE)," *J-Icon : Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 185–194, Oct. 2023, doi: 10.35508/jicon.v11.i2.11178.
- [16] D. Ulfiana, Y. E. Windarto, N. Bashit, and N. S. Ristianti, "Analisis Kerawanan Banjir sebagai Pendukung Perencanaan Model Water Sensitive Urban Design di Kabupaten Klaten," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 26, no. 2, pp. 183–193, Oct. 2020.
- [17] M. A. Dwipayana, L. Made Yulyantari, and I. P. Warma Putra, "Implementasi Metode Topsis Dalam Menyeleksi Relawan Bencana Pada BPBD Provinsi Bali," *SEMINAR NASIONAL CORISINDO*, pp. 639–644, Aug. 2022.
- [18] F. Wahyuni, A. Ikhwan, and A. B. Nasution, "SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN DATA PEGAWAI OUTSOURCING PADA PT SANOBAR GUNAJAYA BERBASIS WEB," *JURSISTEKNI (Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 360–372, Jan. 2024.
- [19] Sutrisno, N. Mayasari, M. Rohim, and Y. Boari, "Evaluasi Keputusan Kelayakan Bonus Karyawan Menggunakan Metode AHP-WP," Sep. 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.sidyanusa.org/index.php/jkdn>
- [20] D. Latipah and A. Afriza, "Penentuan Siswa Berprestasi Menggunakan Metode Analytic Network Process Dan Topsis Studi Kasus SMK PGRI 1 Balaraja," Mar. 2025. [Online]. Available: <https://journal.umbogorraya.ac.id/index.php/jintikom>
- [21] M. R. Maulana, "EVALUASI METODOLOGI WATERFALL DAN AGILE: STUDI LITERATUR PADA SISTEM PERPUSTAKAAN," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5900.
- [22] Y. Anis, A. B. Mukti, and A. N. Rosyid, "Penerapan Model Waterfall Dalam Pengembangan Sistem Informasi Aset Destinasi Wisata Berbasis Website," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 1134–1142, Oct. 2023, doi: 10.30865/klik.v4i2.1287.