

**Jurnal Politeknik Caltex Riau**Terbit Online pada laman <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>

| e- ISSN : 2460-5255 (Online) | p- ISSN : 2443-4159 (Print) |

Sistem Informasi Geografis berbasis Web untuk Penentuan Prioritas Pembangunan Embung

Kornelius Satria Budiyan¹, Ike Pertiwi Windasari², Yudi Eko Windarto³ dan Desyta Ulfiana⁴¹Universitas Diponegoro, Departemen Teknik Komputer, email: korneliussb@student.ce.undip.ac.id²Universitas Diponegoro, Departemen Teknik Komputer, email: ikepertiwi@gmail.com³Universitas Diponegoro, Departemen Teknik Komputer, email: yudi@live.undip.ac.id⁴Universitas Diponegoro, Departemen Teknik Sipil, email: desyta@live.undip.ac.id

Abstrak

Sumber mata air merupakan kebutuhan manusia untuk kehidupan sehari-hari. Salah satu manfaatnya untuk mengairi lahan pertanian. Lahan pertanian di Kabupaten Semarang dalam beberapa tahun mengalami kekeringan karena musim kemarau. Terdapat 8 calon embung di Kabupaten Semarang telah teridentifikasi untuk prioritas jangka pendek. Pemilihan lokasi embung menjadi masalah tersendiri pada pengolahan data yang memiliki banyak kriteria yang harus diperhatikan di bidang Sumber Daya Air. Data yang diperoleh dapat disimpan dalam bentuk basis data dalam SIG. Oleh karena itu, sistem pendukung keputusan diperlukan untuk menentukan prioritas embung terbaik. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). Data yang sudah diolah akan diimplementasikan untuk menentukan prioritas embung terbaik di suatu daerah dan ditampilkan dalam bentuk visual Carto Map. Sistem dibuat menggunakan kerangka kerja Codeigniter berbasis PHP dan basis data MySQL. Pada pelaksanaannya digunakan metode Rapid Application Development (RAD). Hasil perhitungan diperoleh tiga urutan pertama yang memiliki volume tampungan efektif terbesar dan harga air terendah yang dapat diprioritaskan adalah Mluweh, Lebak, dan Pakis.

Kata kunci: Embung, Metode, RAD, TOPSIS, SIG

Abstract

Spring water is a human need for daily life. One of the benefits is to irrigate agricultural land. Agricultural land in Semarang Regency dried up every dry season in the last few years. Semarang Regency local government had identified 8 areas as the candidate of small dam construction locations for short term priority. The selection of small dam locations becomes a special issue in data processing in the Water Resources Sector which has many criteria to be aware of. The obtained data can be stored in database of GIS. Therefore, decision support system is needed to determine the best small dams priority. The method used in this system is the TOPSIS. Data that has been processed will be implemented to determine the best small dams priority in a region and displayed visually using Carto Map. System are built using the Codeigniter framework based PHP and MySQL database. In its implementation, the Rapid Application Development (RAD) method is used. Based on the calculation results obtained the first three sequences that

have the largest live storage and the lowest water cost that can be prioritized are Mluweh, Lebak, and Pakis.

Keywords: *Small Dams, Method, RAD, TOPSIS, GIS*

1. Pendahuluan

Sumber mata air merupakan kebutuhan manusia untuk kehidupan sehari-hari. Manfaat untuk mengairi lahan pertanian salah satunya. Beberapa tahun terakhir, lahan pertanian di Kabupaten Semarang mengalami kekeringan karena musim kemarau [1]. Persediaan air perlu diatasi oleh Pemerintah Kabupaten Semarang dengan mengelola dan melakukan pengembangan sumber daya air yang memiliki kualitas baik dapat menunjang kehidupan masyarakat. Rencana Perairan Umum Daratan (PUD) untuk persediaan air di Kabupaten Semarang pada tahun 2020 dengan target capaian kinerja sebanyak 8 embung desa baru [2]. Namun, adanya keterbatasan finansial, pemerintah tidak mungkin membangun dalam waktu yang bersamaan dan harus ditentukan prioritasnya [3]. Data alternatif dan kriteria dengan penilaian bobot kriteria digunakan untuk menentukan embung yang diprioritaskan.

Sistem Informasi sebagai Sistem Pendukung Keputusan mengimplementasikan metode TOPSIS dapat menjadikan pengolahan data semakin cepat sebagai gambaran pemetaan pada sebuah daerah untuk menentukan prioritas pembangunan embung. Metode TOPSIS memiliki keunggulan yaitu konsepnya sederhana, mudah dipahami, komputasi yang efisien, dan memiliki perhitungan matematis yang cukup sederhana [4]. Dalam menentukan prioritas pembangunan embung, Kabupaten Semarang memerlukan Sistem Pendukung Keputusan dengan metode TOPSIS.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu sebagai bahan perbandingan dan kajian untuk penelitian implementasi TOPSIS untuk penentuan prioritas pembangunan embung tentang Analisa dan perancangan sistem pendukung keputusan. Penelitian mengenai embung dengan metode tertentu pernah dilakukan di beberapa lokasi yang berbeda [3], [5], [6]. Penilaian prioritas alternatif embung dilakukan berdasarkan analisis manfaat dan biaya [6].

Metode AHP dan TOPSIS pernah dilakukan oleh Vipul Jain untuk pemilihan *supplier* industri otomotif di India. Metode TOPSIS digunakan untuk pemeringkatan yang lebih akurat [7]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Desi Ratna Sari untuk penentuan rekomendasi kelulusan sidang skripsi dengan menerapkan metode AHP dan TOPSIS. Metode ini dapat mengoptimalkan pembobotan nilai kriteria yang berpengaruh pada hasil pemeringkatan yang lebih objektif [8].

Pada penelitian yang menggunakan metode ANP dan Fuzzy TOPSIS untuk perencanaan energi di Turki, metode ini digunakan untuk memprioritaskan strategi energi alternatif [9]. Pada penelitian ini menggunakan metode TOPSIS berbasis Sistem Informasi Geografis untuk penentuan prioritas embung.

2.2 TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*)

Metode TOPSIS merupakan metode pendukung keputusan multikriteria dalam mengidentifikasi dari himpunan alternatif terbatas dengan memaksimalkan jarak titik ideal terendah dan meminimalkan jarak titik ideal terjauh [10]. Metode tersebut sering digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan *Multi Attribute Decision Making* (MADM). Metode ini juga memiliki beberapa keunggulan antara lain konsepnya sederhana, mudah dipahami, komputasi yang efisien, dan memiliki perhitungan matematis yang cukup sederhana [4]. Tahapan dalam metode TOPSIS untuk penentuan prioritas pembangunan embung di Kabupaten Semarang [10]:

1. Menentukan matriks keputusan ternormalisasi:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (i = 1, 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

Keterangan :

- x_{ij} : rating kinerja alternatif ke- i terhadap atribut ke- j
 r_{ij} : elemen matriks keputusan ternormalisasi
 i : alternatif ke- i
 j : kriteria ke- j

2. Menentukan matriks keputusan terbobot:

$$y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1j} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{ij} \end{bmatrix} \text{ untuk } y_{ij} = w_j (r_{ij}) \quad (2)$$

Keterangan :

- w_j : bobot dari kriteria ke- j
 y_{ij} : elemen matriks keputusan ternormalisasi terbobot

3. Menghitung matriks solusi ideal positif (A^+) dan matriks solusi ideal negatif (A^-)

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{benefit} \\ \min_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{cost} \end{cases} \quad (3)$$

$$y_j^- = \begin{cases} \max_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{cost} \\ \min_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{benefit} \end{cases} \quad (4)$$

4. Menentukan jarak (*distance*) nilai alternatif dari matriks solusi ideal positif (d_i^+) dan matriks solusi ideal negatif (d_i^-):

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad (5)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (6)$$

Keterangan :

- y_j^+ : elemen matriks solusi ideal positif
 y_j^- : elemen matriks solusi ideal negatif

5. Menghitung nilai preferensi dari setiap alternatif:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (4)$$

Keterangan :

- c_i : nilai preferensi (kedekatan alternatif terhadap solusi ideal)
 d_i^- : nilai jarak alternatif Solusi Ideal Negatif
 d_i^+ : nilai jarak alternatif Solusi Ideal Positif

Nilai preferensi (C_i) dilakukan pemeringkatan dari yang terbesar ke terkecil sebagai tahap terakhir TOPSIS.

3. Metode Penelitian

Pada tahapan ini terdiri dari Analisis, Analisis situasi, Kebutuhan Pengguna, Kebutuhan Non-Fungsional, Pembuatan Sistem dan Implementasi Basis Data. Sumber data yang digunakan adalah data hasil survei lapangan. Data tersebut adalah data alternatif dan kriteria embung di Kabupaten Semarang. Data alternatif (kelurahan atau desa) pada Kabupaten Semarang meliputi Dadapayam, Mluweh, Lebak, Pakis, Jatikurung, Gogodalem, Kandangan, dan Ngrawan. Data kriteria yang digunakan adalah luas daerah yang akan dibebaskan, volume material timbunan, vegetasi area genangan embung, lama operasi, akses jalan menuju lokasi embung, harga air per m³, dan volume tampungan efektif

A. Analisis

Pada tahap ini melakukan analisa data yang sesuai dengan kondisi yang ada di Kabupaten Semarang terkait dengan sistem yang akan dibuat. Pembobotan data yang digunakan sesuai dengan kebutuhan sistem [3].

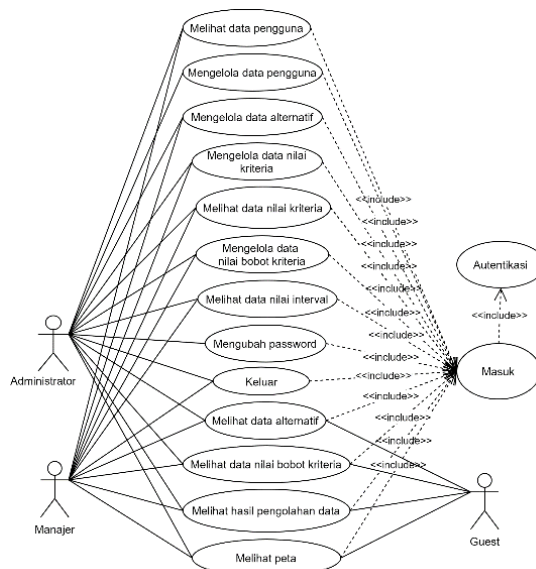
B. Analisis Situasi

Kabupaten Semarang adalah kabupaten di provinsi Jawa Tengah. Kabupaten Semarang memiliki ibu kota di Kota Ungaran. Kabupaten Semarang memiliki rencana penambahan jumlah embung namun dana pemerintah masih terbatas, sehingga diperlukan penentuan prioritas pembangunan embung yang dapat menggunakan sistem pendukung keputusan.

C. Kebutuhan Pengguna

Sistem yang dibutuhkan adalah sistem informasi penentuan prioritas pembangunan embung yang dapat melakukan pengolahan data alternatif dan data kriteria yang ditampilkan dalam bentuk data angka dan visual dalam bentuk peta. Dalam sistem ini terdapat tiga aktor yaitu *Administrator*, manajer, dan *Guest*. *Administrator* dapat mengelola semua data, manajer bisa mengelola data kecuali menambah pengguna, dan *Guest* hanya dapat melihat data saja.

Berdasarkan analisis kebutuhan di atas, maka dapat dijelaskan melalui diagram *use case*. Diagram ini menjelaskan interaksi (*behavior*) antara satu atau lebih aktor dengan sistem. Diagram *use case* sistem ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Use Case

D. Kebutuhan Non-Fungsional

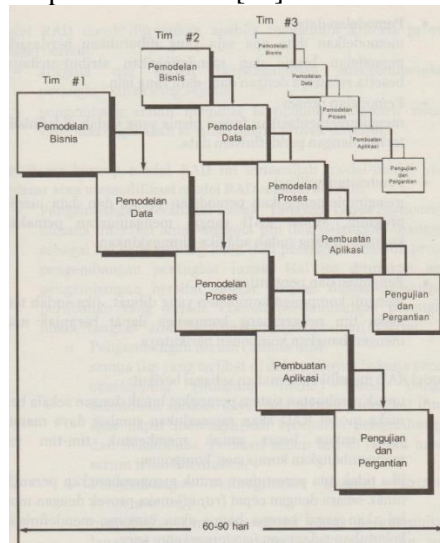
Kebutuhan non fungsional adalah kebutuhan spesifikasi sistem yang akan diimplementasikan meliputi komponen-komponennya. Sehingga untuk menjalankan sistem ini memerlukan perangkat lunak sebagai berikut:

- a. **Sistem Operasi**
Sistem ini dapat berjalan di sistem operasi yang memiliki *browser*.
- b. **Local Web Server**
Sistem informasi ini berjalan di *Local Web Server* XAMPP.
- c. **Browser**
Browser yang digunakan pada implementasi sistem ini adalah Google Chrome.

Sistem ini membutuhkan sebuah *session authentication login* sebagai *security* dan *system level checking* pada pengguna.

E. Pembuatan Sistem

Rapid Application Development (RAD) merupakan metode pengembangan perangkat lunak yang memiliki waktu pengerjaan yang pendek. Model RAD cocok diterapkan untuk tim berpengalaman mengembangkan perangkat lunak sejenis dan developer yang sudah memiliki elemen sistem yang bisa digunakan kembali dalam proyek, dan harus ada persetujuan mengembangkan secara cepat (*rapid*). Namun, model RAD tidak sesuai untuk proyek skala besar, tidak boleh terlalu banyak campur tangan antar tim, dan sistem yang memiliki risiko teknis sangat tinggi. Model RAD ditunjukkan pada Gambar 2 [11].

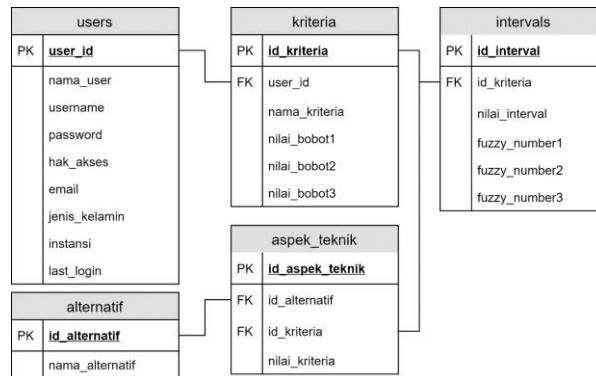


Gambar 2. Model RAD

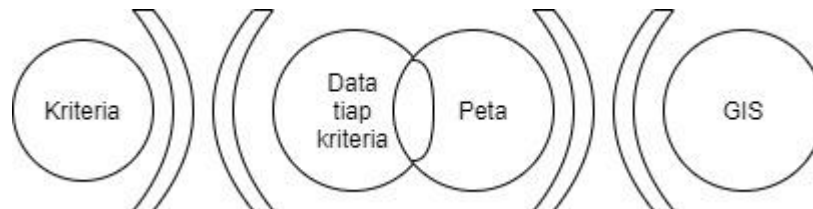
- **Pemodelan Bisnis (*Business Modelling*)**
Pemodelan digunakan untuk menjelaskan fungsi bisnis sehingga diketahui informasi proses bisnis yang ada dalam sistem. Dalam sistem ini terdapat tiga aktor yaitu *Administrator*, manajer, dan *Guest*.
- **Pemodelan Data (*Data Modelling*)**
Pemodelan digunakan berdasarkan proses bisnis serta mendefinisikan atribut, relasi, dan data yang lainnya. Pendefinisian data seperti *Use Case Diagram*, *Class Diagram*, *Activity Diagram* serta desain antarmuka dari sistem yang akan dibuat
- **Pembuatan Aplikasi (*Implementation*)**
Pembuatan aplikasi mengimplementasikan proses bisnis dan data menjadi program. Program ini dibuat menggunakan kerangka kerja *CodeIgniter* dengan konsep *Model*, *View*, dan *Controller*.
- **Pengujian dan pergantian (*Testing*)**
Komponen yang telah dibuat akan diuji fitur dan antarmukanya. Pengujian pada sistem ini menggunakan metode *black box* yang menguji setiap fungsi yang berjalan di perangkat lunak.

F. Implementasi Sistem Basis Data

Tahap ini menggambarkan skema konseptual ke dalam DBMS yang dipilih dan memetakan sistem perancangan basis data dengan model skema basis data secara logika. Skema basis data menggambarkan struktur tabel, kolom, atribut, dan relasinya. Skema basis data ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Basis Data



Gambar 4 Rancangan GIS

Setelah proses perancangan selesai, selanjutnya adalah proses pembuatan (*build*) Sistem Informasi Geografis berbasis Web untuk Penentuan Prioritas Pembangunan Embung menggunakan kerangka kerja *Codeigniter*. Berdasarkan metode penelitian RAD, setelah tahap pembuatan aplikasi (*implementation*) akan langsung didemokan (*demonstrate*) dan jika terdapat perubahan atau perbaikan terkait sistem maka akan langsung diperbaiki.

4. Hasil dan Pembahasan

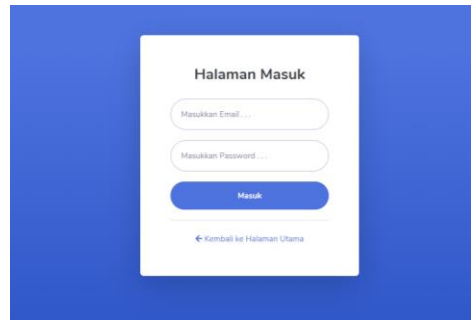
A. Implementasi Program

Setelah melalui tahap *Business Modelling*, *Data Modelling*, dan *Process Modelling* secara berkala yang sering disebut *prototype cycles* akan membentuk *prototype* yang akan masuk ke tahap selanjutnya pada metode RAD (*Rapid Application Development*) yaitu pembuatan aplikasi (*implementation*) dan pengujian (*testing*).

Berikut adalah implementasi program yang ada pada Sistem Informasi ini:

1. Tampilan Halaman *Login*

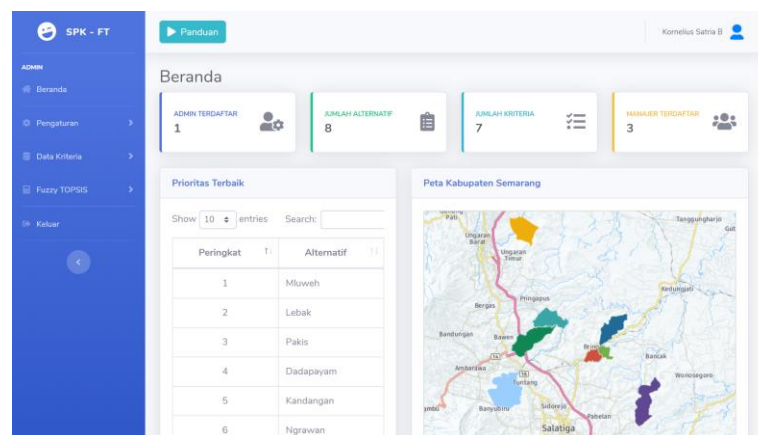
Pada halaman ini, pengguna dapat melakukan proses *input email* dan *password*. Di halaman ini juga terdapat proses autentikasi dan mengecek hak akses yang dimiliki dari pengguna. Halaman *Login* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman Login

2. Tampilan Beranda

Halaman ini merupakan tampilan awal setelah *login*. Halaman Beranda memiliki *sidebar* yang berisikan menu-menu yang mempunyai fungsi masing-masing untuk setiap *role* atau hak akses yang berbeda seperti pada *Administrator* terdapat menu Pengguna yang bisa digunakan untuk mengelola siapa saja yang mendapatkan hak akses sedangkan pada hak akses Manajer hanya dapat melihat siapa saja yang terdaftar. Halaman ini ditampilkan jumlah *Administrator*, jumlah manajer, jumlah alternatif, jumlah kriteria, visualisasi peta dengan *Carto Map*, dan peringkat alternatif. Pada bagian *topbar* ada *button* Nama Pengguna ketika diklik akan muncul *button* Profil dan *button* Keluar. Halaman beranda ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman Beranda

B. Pengujian Sistem

Tahap pengujian ini akan menguji sistem aplikasi sebelum dipublikasikan. Pengujian pada sistem ini menggunakan metode *black box*. Pengujian ini bertujuan agar mengetahui sistem yang berjalan sudah sesuai analisis dan rancangan saat pengembangan. Pengujian dengan metode *black box* mempunyai tujuan untuk melakukan pengujian pada setiap fungsi yang berjalan (fungsional) di perangkat lunak.

Indikator keberhasilan pada setiap bagian yang diuji dengan melakukan pengujian pada setiap bagian serta fungsi dari *menu*, *submenu*, *form* dan *button* yang ada pada sistem. Pengujian sistem dan indikator keberhasilan dibuat menggunakan tabel untuk memudahkan pembacaan. Pengujian dimulai dari kebutuhan fungsional sistem. Berikut ini tabel pengujian kebutuhan fungsional sistem ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Fungsional

No	Pengujian Fungsional	Keterangan
----	----------------------	------------

1	Tersedia halaman <i>Landing Page</i> sebagai halaman utama juga sebagai halaman <i>Guest</i> pada sistem	Tersedia
2	Tersedia halaman <i>Login</i> untuk melakukan autentikasi terhadap pengguna dan menentukan hak akses pengguna terhadap sistem.	Tersedia
3	Tersedia halaman-halaman <i>admin</i> agar hanya pengguna dengan hak akses <i>admin</i> yang dapat mengaksesnya.	Tersedia
4	Tersedia halaman-halaman manajer agar hanya pengguna dengan hak akses manajer yang dapat mengaksesnya.	Tersedia
5	Tersedia halaman untuk melakukan perubahan data pengguna, alternatif, nilai bobot kriteria, nilai kriteria.	Tersedia
6	Tersedia halaman yang menampilkan peta visualisasi dari penentuan prioritas pembangunan embung	Tersedia

Setelah dilakukan pengujian fungsional terhadap sistem, tahap selanjutnya dilakukan pengujian pada setiap halaman.

1. Pengujian Halaman *Login*

Pengujian pada halaman ini dilakukan untuk melakukan *authentication* dan *role checking* dari pengguna terhadap sistem. Hasil pengujian *login page* oleh Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Halaman *Login*

No	Nama Pengujian	Bentuk Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Pengujian masuk ke halaman <i>login</i>	Mengakses melalui <i>button</i> "Masuk" di <i>landing page</i>	Menampilkan halaman <i>login</i>	Berhasil
2	Pengujian masuk ke sistem	Melakukan klik <i>button</i> "Login"	Masuk ke halaman beranda sesuai dengan hak akses	Berhasil

2. Pengujian Halaman Beranda

Pengujian pada halaman ini dilakukan untuk menampilkan halaman beranda dengan isi data yang sesuai dan menampilkan visualisasi dari *Carto Map*. Hasil pengujian halaman beranda ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Halaman Beranda

No	Nama Pengujian	Bentuk Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Pengujian masuk ke beranda	Mengakses melalui <i>button</i> "Masuk" di <i>landing page</i>	Menampilkan halaman beranda	Berhasil
2	Pengujian data dan peta	Mengakses halaman beranda dan mengecek konten beranda	Menampilkan isi data dan peta	Berhasil
3	Pengujian keluar ke sistem	Melakukan klik <i>button</i> "Keluar"	Keluar dari sistem dan masuk halaman <i>login</i>	Berhasil

C. Pengujian Metode TOPSIS

Pengujian ini dilakukan secara manual untuk melakukan proses validasi terhadap rumus-rumus dari metode TOPSIS yang diterapkan pada sistem. Berikut adalah tahap-tahap penggunaan metode TOPSIS untuk pengolahan data penentuan prioritas pembangunan embung di Kabupaten Semarang:

1. Penentuan Nilai Interval tiap Kriteria

Pertama diperlukan data kriteria, data alternatif lalu ditentukan nilai intervalnya tiap kriteria. Data-data tersebut ditunjukkan pada Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 4. Tabel Data Nilai Interval tiap Kriteria

Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Dadapayam	2	1	2	3	2	4	2
Mluweh	5	5	1	5	5	1	3
Lebak	2	3	1	4	2	1	2
Pakis	2	1	2	4	2	2	2
Jatikurung	5	1	3	1	1	5	2
Gogodalem	5	2	4	2	3	5	2
Kandangan	3	2	1	1	1	5	2
Ngrawan	3	1	2	1	1	5	3

Tabel 5. Tabel Peringkat untuk Kriteria ke-1, 2, dan 3

C1	C2 (m ³)	C3 (Ha)	Nilai
Hutan (<i>forest</i>)	$160000 \leq X < 200000$	≥ 7.5	5
Semak belukar (<i>Shrubs</i>)	$120000 \leq X < 160000$	$6 \leq X < 7.5$	4
Ladang/tegalan (<i>field</i>)	$80000 \leq X < 120000$	$4.5 \leq X < 6$	3
Sawah tadah hujan (<i>rainfed</i>)	$40000 \leq X < 80000$	$3 \leq X < 4.5$	2
Perkampungan (<i>rural area</i>)	< 40000	$1.5 \leq X < 3$	1

Tabel 6. Tabel Peringkat untuk Kriteria ke-4, 5, dan 6

C4 (m ³)	C5 (hari)	C6	Nilai
≥ 1500000	≥ 100	$\geq \text{Rp}40.0000,00$	5
$750000 \leq X < 1500000$	$80 \leq X < 100$	$\text{Rp}30.000,00 \leq X < \text{Rp}40.000,00$	4
$500000 \leq X < 750000$	$60 \leq X < 80$	$\text{Rp}20.000,00 \leq X < \text{Rp}30.000,00$	3
$250000 \leq X < 500000$	$40 \leq X < 60$	$\text{Rp}10.000,00 \leq X < \text{Rp}20.000,00$	2
< 250000	< 40	$< \text{Rp}10.000,00$	1

Tabel 7. Tabel Peringkat untuk Kriteria ke-7

C7	Nilai
Tersedia jalan aspal (<i>Pavement road</i>)	4
Jalan makadam/tanah (<i>Ground road</i>)	3
Jalan setapak (<i>Footpath</i>)	2
Tidak tersedia jalan (<i>No road</i>)	1

2. Perhitungan Bobot Kriteria

Tahap selanjutnya adalah menentukan nilai bobot setiap kriteria yang sudah ditentukan dari perhitungan para ahli. Berikut nilai bobot per kriteria ditunjukkan pada Tabel 8:

Tabel 8. Tabel Nilai Bobot Kriteria

No	Nama Kriteria	Nilai Bobot Kriteria	Keterangan
----	---------------	----------------------	------------

1	Vegetasi area genangan embung (C1)	12,756	<i>Benefit</i>
2	Volume material timbunan (C2)	9,543	<i>Cost</i>
3	Luas daerah yang akan dibebaskan (C3)	25,146	<i>Cost</i>
4	Volume tampungan efektif (C4)	13,369	<i>Benefit</i>
5	Lama operasi (C5)	15,971	<i>Benefit</i>
6	Harga air (C6)	12,974	<i>Cost</i>
7	Akses jalan menuju lokasi embung (C7)	10,238	<i>Benefit</i>

Kriteria dinyatakan sebagai keuntungan (*benefit*) ketika semakin tinggi nilai intervalnya semakin baik keterangannya, dan dinyatakan sebagai biaya (*cost*) jika kriteria tersebut semakin tinggi nilai intervalnya semakin buruk keterangannya.

3. Menentukan Nilai Pembagi tiap Kriteria

Pada tahap ini diperlukan data alternatif, data kriteria beserta nilainya. Sampel penentuan nilai pembagi dari kriteria C1 dapat didapatkan dengan rumus nilai pembagi yaitu:

$$y = \sqrt{2^2 + 5^2 + 2^2 + 2^2 + 5^2 + 5^2 + 3^2 + 3^2} = 10,246$$

Hasil pengolahan data nilai pembagi ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Tabel Nilai Interval tiap Kriteria

Kriteria	Nilai Pembagi
C1	10,246
C2	6,782
C3	6,324
C4	8,544
C5	7,000
C6	11,045
C7	6,480

4. Menentukan Nilai Normalisasi

Tahap ini dilakukan pembagian nilai interval dibagi dengan nilai pembagi tiap kriteria. Sampel pengolahan normalisasi dari kriteria C1 Alternatif Dadapayam dapat didapatkan dengan rumus normalisasi yaitu:

$$r_{11} = \frac{2}{10,246} = 0,195$$

Begitupun dengan kriteria dan alternatif yang lain dilakukan dengan rumus normalisasi yang sama.

5. Menentukan Normalisasi Terbobot

Pada tahap ini dilakukan perkalian antara nilai normalisasi dan nilai bobot kriteria. Sampel perhitungan pada tahap ini ditunjukkan seperti berikut. Alternatif Dadapayam dengan kriteria C1 memiliki nilai normalisasi 0,195. Nilai bobot kriteria C1 adalah 12,756. Maka, dihasilkan nilai normalisasi terbobot pada alternatif Dadapayam dengan kriteria C1 adalah 2,490. Begitupun dengan kriteria dan alternatif yang lain dilakukan dengan rumus normalisasi terbobot yang sama.

$$y_{11} = r_{11}(\cdot) w_{11} = (0,195) \cdot (12,756) = 2,490$$

6. Penentuan PIS dan NIS

Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *Positive Ideal Solution* (PIS) dan *Negative Ideal Solution* (NIS). PIS (A^+) merupakan nilai yang merepresentasikan solusi paling direkomendasikan dalam hal ini alternatif paling diprioritaskan dalam pembangunan embung, sedangkan NIS (A^-) tidak paling direkomendasikan. Berikut perhitungan PIS dari Kriteria C1 tiap alternatif yang termasuk kriteria benefit:

$$y_j^+ = \max_i \{y_{ij}\}; \in \text{Benefit}$$

$$y_1^+ = \max_1 \{y_{11}\} = \max \{(2,49), (6,224), (2,49), (2,49), (6,224), (6,224), (3,735), (3,735)\}$$

$$y_1^+ = \max_1 \{y_{11}\} = (6,224)$$

$$y_j^- = \min_i \{y_{ij}\}; \in \text{Benefit}$$

$$y_1^- = \min_1 \{y_{11}\} = \min \{(2,49), (6,224), (2,49), (2,49), (6,224), (6,224), (3,735), (3,735)\}$$

$$y_1^- = \min_1 \{y_{11}\} = (2,490)$$

7. Penentuan Jarak dari tiap Alternatif ke PIS dan ke NIS

Pada tahap ini dilakukan dengan mencari jumlah dari tiap jarak dari tiap alternatif ke nilai PIS dan ke nilai NIS. Nilai *distance* atau jarak dihitung terlebih dahulu lalu masing-masing nilai *distance* tersebut dijumlah tiap alternatif. Berikut perhitungan *distance* ke PIS dari alternatif pertama yaitu Dadapayam tiap kriteria sebagai berikut. Begitupun dengan alternatif yang lain dilakukan dengan persamaan jarak nilai alternatif yang sama.

$$d_i^+ = \sqrt{(2,49 - 6,224)^2 + (1,407 - 1,407)^2 + (7,952 - 3,976)^2 + (4,694 - 7,824)^2 + (4,563 - 11,408)^2 + (4,698 - 1,175)^2 + (3,16 - 4,739)^2} = 10,065$$

$$d_i^- = \sqrt{(2,49 - 2,49)^2 + (1,407 - 7,035)^2 + (7,952 - 15,904)^2 + (4,694 - 1,565)^2 + (4,563 - 2,282)^2 + (4,698 - 5,873)^2 + (3,16 - 3,160)^2} = 10,549$$

8. Penentuan Nilai Preferensi

Pada tahap ini mencari nilai preferensi dari tiap alternatif dengan melakukan perhitungan antara *distance* dari tiap alternatif ke PIS (d_i^+) dan *distance* dari tiap alternatif ke NIS (d_i^-). Perhitungan nilai preferensi (C_i) dari alternatif pertama yaitu Dadapayam sebagai berikut.

$$CC_1 = \frac{10,549}{10,549 + 10,065} = 0,511$$

9. Penentuan Peringkat

Pada tahap ini merupakan tahap akhir dari metode TOPSIS dengan melakukan pengurutan mulai dari yang terbesar seluruh nilai preferensi (C_i). Hasil peringkat alternatif dari metode TOPSIS ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Tabel Peringkat

Peringkat	Alternatif	C_i
1	Mluweh	0,755
2	Lebak	0,622
3	Pakis	0,560
4	Dadapayam	0,511
5	Kandangan	0,505
6	Ngrawan	0,435
7	Jatikurung	0,350
8	Gogodalem	0,337

D. Pengujian System Usability Scale (SUS)

System Usability Scale (SUS) adalah kuesioner untuk mengukur persepsi kegunaan [12]. Pengujian ini menggunakan metode SUS kepada pengguna sistem dalam mengevaluasi sebuah produk atau jasa yang diberikan kepada pengguna. Dari pengujian yang telah dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada 28 responden menggunakan *Google Form*. Perhitungan SUS yang telah dilakukan menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai rata-rata skor SUS responden yaitu 58,39. Saran yang diperoleh dari responden yaitu sistem perlu dibuatkan panduan penggunaan sistem (*user-manual*). Sistem yang ada lalu dibuatkan panduan penggunaan sistem sesuai saran yaitu dalam bentuk video. Perhitungan SUS yang telah dilakukan untuk pengujian kedua

menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai rata-rata skor SUS responden yaitu 68,48 yang termasuk *grade* B. Hal ini menunjukkan bahwa ada kenaikan dari skor SUS sebelumnya di mana panduan ini memang diperlukan pada sistem.

5. Penutup

Dari hasil pengujian dan analisis Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis Web untuk Penentuan Prioritas Embung, maka dapat disimpulkan bahwa pengujian sistem dengan metode *blackbox* berjalan dengan semestinya. Dalam sistem ini, nilai bobot dan nilai interval tiap kriteria memengaruhi hasil peringkat alternatif pada sistem pendukung keputusan dengan metode TOPSIS. Hasil perhitungan sistem menggunakan metode TOPSIS diperoleh tiga urutan pertama alternatif yang memiliki volume tampungan efektif terbesar dan harga air terendah. Sistem ini memanfaatkan penggunaan *Carto Map* untuk visualisasi suatu alternatif. Perhitungan pada sistem ini diperoleh hasil yang sama ketika dibandingkan secara manual menggunakan metode TOPSIS. Pengembangan sistem selanjutnya dapat dilakukan dalam bentuk aplikasi *mobile* berbasis *Android* atau *iOS* dan dapat dilakukan integrasi data agar makin dinamis antara *Carto Database* dengan *Hosting Database*.

Daftar Pustaka

- [1] S. Munir, "Bergantung pada Embung di Musim Kemarau," 2015. [Online]. Available: <https://regional.kompas.com/read/2015/08/24/18514461/Bergantung.pada.Embung.di.Musim.Kemarau>. [Accessed: 18-Nov-2019].
- [2] *Peraturan Bupati Semarang Nomor 43 Tahun 2019 Tentang Rencana Kerja Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang Tahun 2020. Indonesia, 2020.*
- [3] B. Anjasmoro, Suharyanto, and S. Sangkawati, "Analisis Prioritas Pembangunan Embung Metode Cluster Analysis , AHP dan Weighted Average (Studi Kasus : Embung di Kabupaten Semarang)," *J. Ilmu dan Terap. Bid. Tek. Sipil*, vol. 21, no. 2, pp. 101–112, 2015.
- [4] D. Herawatie and E. Wuryanto, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Mahasiswa Berprestasi dengan Metode Fuzzy TOPSIS," *J. Inf. Syst. Eng. Bus. Intell.*, vol. 3, no. 2, p. 92, 2017.
- [5] H. Adrianto, "Lumbung Air sebagai Alternatif Penyediaan Air Baku Perkotaan (Studi Kasus: Analisis Penentuan Prioritas Lokasi Embung)," in *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dalam Pengembangan SmartCity*, 2017, vol. 1, pp. 295–308.
- [6] P. M. Nirwana, "Penyusunan Prioritas Program Rehabilitasi Embung di Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [7] V. Jain, A. K. Sangaiah, S. Sakhuja, N. Thoduka, and R. Aggarwal, "Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry," *Neural Comput. Appl.*, vol. 29, no. 7, pp. 555–564, 2018.
- [8] D. R. Sari, A. P. Windarto, D. Hartama, and S. Solikhun, "Decision Support System for Thesis Graduation Recommendation Using AHP-TOPSIS Method," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [9] B. Cayir Ervural, S. Zaim, O. F. Demirel, Z. Aydin, and D. Delen, "An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, no. April 2016, pp. 1538–1550, 2018.

- [10] A. A. Chamid and A. C. Murti, “Kombinasi Metode AHP dan TOPSIS Pada Sistem Pendukung Keputusan,” in *Snatif*, 2017, pp. 115–119.
- [11] R. A.S. and M. Shalahuddin, *Rekayasa Perangkat Lunak (Terstruktur dan Berorientasi Objek)*, 4th ed. Informatika Bandung, 2016.
- [12] H. Alathas, “How to Measure Product Usability with the System Usability Scale (SUS) Score,” 2018. [Online]. Available: <https://uxplanet.org/how-to-measure-product-usability-with-the-system-usability-scale-sus-score-69f3875b858f>. [Accessed: 11-May-2020].