

PRIORITAS REHABILITASI LUMBUNG AIR DI KABUPATEN PATI DENGAN *MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING*

^{*}Marcio Tahalele¹, Lintang Jata Angghita²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata, 50234, Indonesia

²Program Studi Rekayasa Infrastruktur Lingkungan, Fakultas Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Universitas Katolik Soegijapranata, 50234, Indonesia

^{*)} Email: marciotahalele@unika.ac.id

ABSTRACT

Water security has become a global issue, especially in sustainable water resources management. It is closely related to the need for clean water, which is critical, limited, and vulnerable. Some factors that lead to problems in water security are population growth, climate change, and water resources management, which involves many parties and has not been optimized in many places. The Central Java region, especially Pati Regency, is an area that is vulnerable to water security problems, particularly drought. Water granaries in Pati Regency are one of the solutions to overcome drought problems. However, water granaries in Pati Regency have not functioned optimally. Thus, it is necessary to determine the priority order in rehabilitating water granaries using the Multi-Attribute Decision Making (MADM) method. The research was conducted by examining fourteen alternatives influenced by six criteria. The results show that physical infrastructure an important role in determining the priority order of rehabilitation of water granaries in Pati Regency. The results revealed that the Raci water granary was the priority in rehabilitation and had the highest preference value. The SAW method was optimal in determining the priority order of rehabilitation of water granaries in Pati Regency with an RMSE value of 3.648. It is necessary to review the weight of the performance assessment of water granaries to make decisions and follow up on water granary rehabilitation that can be carried out appropriately and beneficially for the community.

Keyword: Rehabilitation, Water Granaries, MADM

ABSTRAK

Ketahanan air telah menjadi isu global terutama dalam pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Hal ini berhubungan erat dengan kebutuhan air bersih yang merupakan hal yang penting, terbatas, dan rentan. Beberapa faktor yang menyebabkan masalah ketahanan air adalah pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, pengelolaan sumber daya air yang melibatkan banyak pihak dan belum optimal di banyak tempat. Daerah Jawa Tengah khususnya Kabupaten Pati merupakan daerah yang rentan terhadap permasalahan ketahanan air terlebih khusus bencana kekeringan. Lumbung air di Kabupaten Pati menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan kekeringan. Tetapi lumbung air di Kabupaten Pati belum berfungsi secara optimal, maka diperlukan penentuan urutan prioritas dalam rehabilitasi lumbung air dengan menggunakan metode *Multi Attribute Decision Making* (MADM). Penelitian yang dilakukan dengan melihat 14 (empat belas) alternatif yang dipengaruhi oleh 6 (enam) kriteria. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa prasarana fisik memegang peranan penting dalam penentuan urutan prioritas rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati. Hasil penelitian menjelaskan bahwa lumbung air Raci menjadi prioritas pertama dalam rehabilitasi dengan nilai preferensi tertinggi. Metode SAW digunakan sebagai metode yang optimal dalam penentuan urutan prioritas rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati dengan nilai RMSE 3,648. Perlu dilakukan peninjauan ulang terkait bobot penilaian kinerja lumbung air, sehingga dalam pengambilan keputusan dan tindak lanjut terhadap rehabilitasi lumbung air dapat dilaksanakan tepat guna dan bermanfaat bagi masyarakat.

Kata kunci: Rehabilitasi, Lumbung Air, MADM

1. PENDAHULUAN

Ketahanan air menjadi isu global yang telah menjadi perbincangan, terlebih khusus dalam konteks pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan [1]. Isu tersebut erat kaitannya dengan penggunaan air bersih diberbagai kehidupan. Air bersih sendiri merupakan sumber daya abiotik yang sangat penting dalam ekosistem dan keberlangsungan makhluk hidup [2, 3]. Air bersih sendiri merupakan hal yang penting, terbatas, dan rentan. Selain itu, air bersih merupakan aset ekonomi yang penting dan mendukung berbagai sektor. Hal itu berdampak bagi ketahanan pangan global dan pembangunan ekonomi secara global. Di Indonesia, ketahanan air merupakan masalah yang sangat kompleks. Permasalahan tersebut diakibatkan karena pengelolaan sumber daya air yang melibatkan banyak pihak, mulai dari pemerintah pusat hingga daerah, masyarakat, dan dunia usaha [4]. Pertumbuhan penduduk menjadi salah satu faktor utama yang berdampak kepada meningkatnya kebutuhan manusia terhadap sumber daya, termasuk pangan, energi, dan air. Perubahan iklim dan pengelolaan sumber daya air yang belum optimal menjadi faktor pendukung dalam permasalahan ketahanan air [5]. Konsumsi air bersih yang berlebihan dapat mengakibatkan kekurangan pasokan yang berdampak pada kelangkaan air bersih. Selain itu, adanya kesenjangan akses terhadap air bersih, kuantitas dan kualitas air permukaan, serta pengelolaan ekstraksi air tanah menjadi faktor pendukung dalam permasalahan ketahanan air [6].

Salah satu daerah di Indonesia yang tergolong rawan bencana alam khususnya banjir, tanah longsor, dan kekeringan adalah Jawa Tengah. Kabupaten Pati merupakan salah satu daerah dalam kategori rawan bencana kekeringan [7, 8, 9]. Kekeringan tersebut diakibatkan karena Kabupaten Pati didominasi oleh batuan yang sulit menyimpan air, sehingga pada musim kemarau mengalami krisis air. Untuk mengantisipasi bencana kekeringan dalam hal ini krisis air, Kabupaten Pati memiliki infrastruktur air berupa lumbung air. Lumbung air yang berada di Kabupaten Pati tidak semuanya berfungsi secara optimal, sehingga manfaat dari adanya lumbung air tidak berdampak secara signifikan. Hal ini dapat mengakibatkan menurunnya pemenuhan kebutuhan air di masyarakat. Dengan melihat kondisi semua lumbung air di Kabupaten Pati tidak berfungsi secara optimal, maka perlu dilakukan penentuan skala prioritas penanganan atau rehabilitasi lumbung air. Penentuan skala prioritas dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Multi Attribute Decision Making* (MADM). MADM merupakan salah satu metode yang diterapkan untuk menentukan alternatif terbaik dari beberapa alternatif yang telah dipilih dengan kriteria yang telah ditentukan [10]. Dalam menyelesaikan permasalahan dengan berbagai kriteria dan alternatif, analisis MADM dapat digunakan. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dengan MADM, yaitu *Simple Additive Weighting Method* (SAW), *Weighted Product* (WP), dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Metode MADM banyak digunakan dalam pengambilan keputusan di bidang sumber daya air [11, 12, 13, 14]. Penelitian-penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa MADM merupakan salah satu solusi dalam pengambilan keputusan di bidang sumber daya air. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, maka metode MADM digunakan untuk menentukan urutan prioritas dalam rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Multi Attribute Decision Making

Multi Attribute Decision Making (MADM) adalah mengevaluasi m alternatif $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ terhadap sekumpulan atribut atau kriteria $C_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$, dimana setiap atribut tidak bergantung satu dengan lainnya. Nilai bobot yang menunjukkan tingkat kepentingan relatif setiap atribut diberikan sebagai $W = \{w_1, w_2, \dots, n\}$. Matriks keputusan setiap alternatif terhadap setiap atribut (X) dinyatakan sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Simple Additive Weighting Method (SAW)

Metode SAW memerlukan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke skala yang dapat dibandingkan dengan semua peringkat alternatif yang ada. Normalisasi matriks keputusan dalam metode SAW didekati dengan persamaan (2).

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \Rightarrow \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \Rightarrow \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (2)$$

Dimana, r_{ij} adalah peringkat kinerja ternormalisasi dari alternatif (A_i) pada atribut (C_j); $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$

Nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) dengan metode SAW dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (3)$$

Nilai V_i yang lebih besar menunjukkan bahwa A_i lebih terpilih.

Weighted Product (WP)

Metode *Weighted Product* (WP) menggunakan perkalian untuk menghubungkan rating atribut, dimana setiap atribut dipangkatkan terlebih dahulu dengan bobotnya. Penentuan nilai bobot (S_i) dengan metode WP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j} \quad (4)$$

$$\sum w_j = 1 \quad (5)$$

w_j adalah pangkat bernilai positif untuk atribut keuntungan dan bernilai negatif untuk atribut biaya. Nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) dengan metode WP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_i = \frac{\prod x_{ij}^{w_j}}{\prod (x_j^*)^{w_j}} \quad (6)$$

Nilai V_i yang lebih besar menunjukkan bahwa A_i lebih terpilih.

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

Metode TOPSIS merupakan salah satu metode dengan konsep yang sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien, dan mempunyai kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari berbagai alternatif keputusan [15]. Normalisasi matriks keputusan didekati dengan persamaan (7).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (7)$$

Matriks solusi ideal positif (A^+) dan matriks solusi ideal negatif (A^-) dapat ditentukan dengan bobot rating yang dinormalisasi (y_{ij}).

$$y_{ij} = w_i r_{ij} \quad (8)$$

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \min_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (9)$$

$$y_j^- = \begin{cases} \min_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \max_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (10)$$

Jarak antara nilai setiap alternatif (A_i) dengan matriks solusi ideal positif (A^+) dan matriks solusi ideal negatif (A^-) dapat dilihat dalam persamaan (11) dan (12).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_j^+ - y_{ij})^2} \quad (11)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (12)$$

Nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) dengan metode TOPSIS dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (13)$$

Nilai V_i yang lebih besar menunjukkan bahwa A_i lebih terpilih.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Pati dengan melihat sebanyak 14 (empat belas) lumbung air yang dibawah wewenang Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. Adapun koordinat lumbung air di Kabupaten Pati dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat Lumbung Air di Kabupaten Pati

Lumbung Air	Koordinat	
	Lintang	Bujur
Boto	-6,819646	111,197929
Bulu Mulyo	-6,732984	111,204538
Kemangi Sido Mukti	-6,788336	111,189798
Kuniran	-6,744245	111,230522
Mantingan	-6,776899	111,138495
Ngening	-6,727762	111,180735
Raci	-6,713388	111,183269
Ropoh	-6,784804	111,196361
Sokopuluhan	-6,805842	111,175356
Tambah Mulyo 1	-6,772329	111,116648
Tambah Mulyo 2	-6,818344	111,056633
Bumimulyo 1	-6,711144	111,205575
Bumimulyo 2	-6,707078	111,214653
Wonorejo	-6,691228	111,028208

Sumber: BBWS Pemali Juana

Komponen Penilaian

Penelitian ini memerlukan beberapa komponen penilaian untuk melakukan penentuan skala prioritas rehabilitasi lumbung air. Komponen penilaian yang dimaksud adalah prasarana fisik, layanan, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi, serta perkumpulan pemakai air baku (PPAB) dengan berbagai bobot penilaian [16]. Adapun bobot setiap komponen penilaian lumbung air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Penilaian Kinerja Lumbung Air

No	Komponen Penilaian	Bobot (%)
1	Prasarana Fisik	45
2	Layanan	12
3	Sarana Penunjang	13
4	Organisasi Personalia	15
5	Dokumentasi	5
6	PPAB	10

Sumber: Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Jaringan Air Baku, 2022

Prosedur Analisis Data

Proses analisis data metode SAW, metode WP, dan metode TOPSIS berbeda-beda. Berikut prosedur analisis data untuk metode SAW, metode WP, dan metode TOPSIS.

1. Metode SAW

- Menyusun matriks keputusan (X) berdasarkan alternatif (A_i) dan kriteria (C_j).
- Menormalisasi matriks keputusan dengan menghitung nilai rating kinerja ternormalisasi (r_{ij}) dari alternatif (A_i) pada setiap kriteria (C_j).
- Menghitung nilai preferensi setiap alternatif (V_i) yang menjadi dasar urutan pengambilan keputusan.

2. Metode WP

- Menyusun matriks keputusan (X) berdasarkan alternatif (A_i) dan kriteria (C_j).
- Menormalisasi matriks keputusan dengan menghitung nilai rating kinerja ternormalisasi (r_{ij}) dari alternatif (A_i) pada setiap kriteria (C_j). Rating kinerja ternormalisasi (r_{ij}) didapat dengan setiap atribut (x_{ij}) dipangkatkan terlebih dahulu dengan bobot (w_j).
- Menghitung nilai bobot (S_i) dengan mengalikan semua rating kinerja ternormalisasi (r_{ij}).
- Menghitung nilai preferensi setiap alternatif (V_i) yang menjadi dasar urutan pengambilan keputusan.

3. Metode TOPSIS

- Menyusun matriks keputusan (X) berdasarkan alternatif (A_i) dan kriteria (C_j).
- Menormalisasi matriks keputusan dengan menghitung nilai rating kinerja ternormalisasi (r_{ij}) dari alternatif (A_i) pada setiap kriteria (C_j).
- Membuat matriks ternormalisasi terbobot (y_{ij}) dengan cara mengalikan matriks keputusan ternormalisasi (r_{ij}) dengan bobot yang telah ditentukan (w_j).

- d. Membuat matriks solusi ideal positif (A^+) dan matriks solusi ideal negatif (A^-) berdasarkan (y_j^+) dan (y_j^-) .
- e. Menghitung jarak alternatif solusi ideal positif (D_i^+) dan jarak alternatif solusi ideal negatif (D_i^-).
- f. Menghitung nilai preferensi setiap alternatif (V_i) yang menjadi dasar urutan pengambilan keputusan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian Lambung Air

Penilaian lambung air pada dasarnya dilakukan dengan tiga pendekatan, yaitu pendekatan secara subjektif, pendekatan secara objektif, dan pendekatan integrasi antara subjektif dan objektif. Penilaian lambung air dilakukan pada 14 (empat belas) lambung air dengan melibatkan 6 (enam) komponen penilaian sebagai kriteria yang didasarkan pada Tabel 2. Hasil penilaian lambung air dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilaian Lambung Air di Kabupaten Pati

Lokasi LA	Prasarana Fisik	Layanan	Sarana Penunjang	Organisasi Personalia	Dokumentasi	PPAB
Boto	53,22	89,92	73,08	100	75	94
Bulu Mulyo	44,44	50,42	68,46	62	75	86
Kemangi Sido Mukti	42,22	45	51,15	59,33	75	86
Kuniran	56,78	89,25	73,08	100	75	94
Mantingan	40,22	57,5	70,77	62	75	86
Ngening	63,27	98,75	73,08	100	75	100
Raci	65,44	89,58	76,92	100	75	100
Ropoh	57	86	73,08	100	75	94
Sokopuluhan	54,89	90,75	73,08	100	75	94
Tambah Mulyo 1	36,89	50,42	73,08	62	75	86
Tambah Mulyo 2	61,22	90,83	73,08	100	75	94
Bumimulyo 1	62,44	98,75	73,08	100	75	100
Bumimulyo 2	58,67	64,33	41,15	100	75	39
Wonorejo	44,44	48,08	56,92	62	75	86

Sumber: BBWS Pemali Juana

Analisis Prioritas

Analisis pemilihan prioritas rehabilitasi lambung air di Kabupaten Pati menggunakan MADM dengan menggunakan 3 metode, yaitu SAW, WP, dan TOPSIS. Analisis prioritas disusun dalam matriks keputusan yang terdiri atas 14 (empat belas) alternatif dan 6 (enam) kriteria. Matriks keputusan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Keputusan

A/C	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
A ₁	53,22	89,92	73,08	100	75	94
A ₂	44,44	50,42	68,46	62	75	86
A ₃	42,22	45	51,15	59,33	75	86
A ₄	56,78	89,25	73,08	100	75	94
A ₅	40,22	57,5	70,77	62	75	86
A ₆	63,27	98,75	73,08	100	75	100
A ₇	65,44	89,58	76,92	100	75	100
A ₈	57	86	73,08	100	75	94
A ₉	54,89	90,75	73,08	100	75	94
A ₁₀	36,89	50,42	73,08	62	75	86
A ₁₁	61,22	90,83	73,08	100	75	94
A ₁₂	62,44	98,75	73,08	100	75	100
A ₁₃	58,67	64,33	41,15	100	75	39
A ₁₄	44,44	48,08	56,92	62	75	86

Kriteria pada analisis prioritas rehabilitasi lambung air di Kabupaten Pati bersifat keuntungan/*benefit*. Adapun hasil analisis prioritas rehabilitasi lambung air di Kabupaten Pati dengan MADM dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Urutan Prioritas Rehabilitasi Lumbung Air di Kabupaten Pati

Lokasi LA	SAW	WP	TOPSIS
Boto	8	8	8
Bulu Mulyo	10	10	10
Kemangi Sido Mukti	14	14	13
Kuniran	5	5	6
Mantingan	11	11	12
Ngening	2	2	2
Raci	1	1	1
Ropoh	6	6	5
Sokopuluhan	7	7	7
Tambah Mulyo 1	13	13	14
Tambah Mulyo 2	4	4	4
Bumimulyo 1	3	3	3
Bumimulyo 2	9	9	9
Wonorejo	12	12	11

Prasarana fisik menjadi faktor utama dalam menentukan urutan prioritas rehabilitasi lumbung air. Dari hasil analisis prioritas rehabilitasi menggunakan MADM dengan metode SAW, metode WP, dan metode TOPSIS bahwa lumbung air Raci menjadi prioritas pertama dalam rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati. Hal ini dibuktikan dengan nilai preferensi tertinggi. Nilai preferensi untuk metode SAW sebesar 0,989; metode WP sebesar 0,085 serta metode TOPSIS sebesar 0,951. Hasil analisis prioritas rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati menghasilkan urutan yang sama khususnya pada metode SAW dan WP, sedangkan mengalami perbedaan urutan pada metode TOPSIS. Perbedaan urutan terjadi pada enam lumbung air, yaitu Kemangi Sido Mukti, Kuniran, Mantingan, Ropoh, Tambah Mulyo 1, dan Wonorejo. Dengan melihat perbedaan urutan prioritas rehabilitasi, maka diperlukan analisa statistik untuk menentukan metode yang dipilih dalam penentuan urutan prioritas rehabilitasi. Analisa statistik dilakukan dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE didekati dengan persamaan berikut:

$$RMSE = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^N (\Sigma C_{ij} - V_i)^2} \quad (14)$$

Dimana, ΣC_{ij} adalah jumlah penilaian kriteria setiap alternatif, V_i adalah hasil akhir penilaian kriteria, dan n adalah jumlah alternatif. Hasil perhitungan RMSE untuk metode SAW 3,648; metode WP 4,422 dan metode TOPSIS 3,869. Dengan melihat hasil perhitungan RMSE, maka metode yang dipilih dalam urutan prioritas rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati adalah metode SAW. Selain metode SAW, metode TOPSIS dapat digunakan sebagai pilihan yang optimal karena menggunakan prosedur yang kompleks, mengukur jarak relatif antar alternatif, serta mempertimbangkan jarak maksimum dan minimum terhadap solusi ideal [10, 11].

5. KESIMPULAN

Lumbung air merupakan infrastruktur air yang menjadi salah satu solusi dari permasalahan ketahanan air. Penilaian terhadap kinerja lumbung air perlu dilakukan untuk memastikan lumbung air bekerja secara optimal. Penilaian tersebut berguna dalam pengambilan keputusan untuk menentukan urutan prioritas perbaikan atau rehabilitasi lumbung air. Penilaian kinerja lumbung air dilihat berdasarkan enam parameter, yaitu prasarana fisik, layanan, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi, serta perkumpulan pemakai air baku (PPAB). Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa prasarana fisik memegang peranan penting dalam penentuan urutan prioritas rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati. Lumbung air Raci menjadi prioritas pertama dalam rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati. Hal ini dibuktikan dengan nilai preferensi tertinggi. Nilai preferensi pada lumbung air Raci untuk metode SAW sebesar 0.989, metode WP sebesar 0,085 serta metode TOPSIS sebesar 0,951. Metode SAW menjadi alternatif dalam menentukan urutan prioritas rehabilitasi lumbung air di Kabupaten Pati. Hal itu dibuktikan dengan nilai RMSE metode SAW lebih kecil dibandingkan kedua metode lainnya, yaitu 3,648. Selain metode SAW, metode TOPSIS bisa menjadi pilihan yang optimal dalam penentuan skala prioritas rehabilitasi. Dengan melihat hasil analisis penentuan urutan prioritas rehabilitasi lumbung air, maka perlu dilakukan peninjauan ulang terkait bobot penilaian kinerja lumbung air. Peninjauan ulang berguna agar dalam hal pengambilan keputusan dan tindak lanjut terhadap rehabilitasi lumbung air dapat dilaksanakan tepat guna dan bermanfaat bagi masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana yang telah membantu dalam pengumpulan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Ingrao, R. Strippoli, G. Lagioia and D. Huisingh, "Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks," *Heliyon*, vol. 9, pp. 1-16, 2023.
- [2] J.-B. Bayart, C. Bulle, L. Deschênes, M. Margni, S. Pfister, F. Vince and A. Koehler, "A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 15, pp. 439-453, 2010.
- [3] G. Layani, M. Bakhshoodeh, M. Zibaei and D. Viaggi, "Sustainable water resources management under population growth and agricultural development in the Kheirabad river basin, Iran," *Bio-based and Applied Economics*, vol. 10, no. 4, pp. 305-323, 2021.
- [4] R. Deby, L. M. Limantara, V. Dermawan and S. Wahyuni, "Assessment of Water Resilience Index Due to the Technical Instruction," *Journal of Ecohumanism*, vol. 4, no. 1, pp. 2948-2966, 2025.
- [5] H. Nurrohmah and E. Nurjani, "Kajian Kekeringan Meteorologis Menggunakan Standardized Precipitation Index (SPI) di Provinsi Jawa Tengah," *Geomedia*, vol. 15, no. 1, pp. 1-15, 2017.
- [6] M. B. R. Prayoga, Fatmah and B. Harsoyo, "Ketahanan Air Indonesia dalam Perspektif Ilmu Lingkungan dan Paradigma Nexus Pangan-Energi-Air Berkelanjutan," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 21, no. 2, pp. 279-288, 2023.
- [7] H. P. Adi, "Kondisi dan Konsep Penanggulangan Bencana Kekeringan di Jawa Tengah," in *Seminar Nasional Mitigasi dan Ketahanan Bencana*, Semarang, 2011.
- [8] E. Sumastuti and N. S. Pradono, "Dampak Perubahan Iklim Pada Tanaman Padi di Jawa Tengah," *Journal of Economic Education*, vol. 5, no. 1, pp. 31-38, 2016.
- [9] E. P. A. Pratiwi, E. L. Ramadhai, F. Nurrochmad and D. Legono, "The Impacts of Flood and Drought on Food Security in Central Java," *Journal of Civil Engineering Forum*, vol. 6, no. 1, pp. 69-78, 2020.
- [10] K. Saadati, F. Nurrochmad and R. Triatmadja, "Rehabilitation priority of irrigation infrastructure in west colo irrigation area using multiple attribute decision making," in *The 2nd International Symposium on Civil, Environmental, and Infrastructure Engineering*, Yogyakarta, 2023.
- [11] A. G. Pradipta, Murtiningrum, N. W. D. Febriyan, F. A. Rizqi and Ngadisih, "Prioritas Pengembangan dan Pengelolaan Jaringan Irigasi Tersier di D.I. Yogyakarta Menggunakan Multiple Attribute Decision Making," *Jurnal Irigasi*, vol. 15, no. 1, pp. 55-69, 2020.
- [12] N. L. P. Prabandari, H. Siswoyo and R. Haribowo, "Penentuan Skala Prioritas Pengembangan Potensi Mata Air untuk Irigasi Menggunakan Metode TOPSIS di Kecamatan Singosari Kabupaten Malang," *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, vol. 21, no. 3, pp. 996-1001, 2021.
- [13] R. N. Saridewi and H. Salsabila, "Penilaian Kinerja Jaringan Irigasi di Daerah Irigasi Tulangan Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Media Konstruksi*, vol. 10, no. 1, pp. 115-125, 2025.
- [14] F. Han, R. N. Alkhawaji and M. M. Shafieezadeh, "Evaluating sustainable water management strategies using TOPSIS and fuzzy TOPSIS methods," *Applied Water Science*, vol. 15, no. 4, pp. 1-13, 2024.
- [15] T. Kristina, "Sistem Pendukung Keputusan Dengan Menggunakan Metode TOPSIS untuk Pemilihan Lokasi Pendirian Grosir Pulsa," *Paradigma*, vol. 20, no. 1, pp. 8-12, 2018.
- [16] D. B. O. d. Pemeliharaan, Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Jaringan Air Baku, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air - Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2022.