

## PEMILIHAN MODEL MANAJEMEN PROYEK ERP HYBRID MENGGUNAKAN MULTI CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA)

Nafisa Devi Nur Rusyidah<sup>1</sup>, Roji Rohmatillah<sup>2</sup>, Muhammad Ainul Yaqin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Email: <sup>1</sup>230605110182@student.uin-malang.ac.id, <sup>2</sup>230605110196@student.uin-malang.ac.id,

<sup>3</sup>yaqinov@ti.uin-malang.ac.id

\* Penulis Korespondensi

### Abstrak

Pemilihan model manajemen proyek *Enterprise Resource Planning* (ERP) menjadi faktor penting karena implementasi ERP memiliki tingkat kompleksitas dan risiko kegagalan yang tinggi. Namun, proses pemilihan metodologi manajemen proyek masih sering dilakukan berdasarkan preferensi organisasi tanpa mempertimbangkan karakteristik proyek secara spesifik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model seleksi adaptif berbasis karakteristik proyek untuk menentukan metodologi manajemen proyek ERP yang paling sesuai. Metode yang digunakan adalah *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) yang mengintegrasikan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) menggunakan pendekatan *scenario-based weighting*. Simulasi dilakukan menggunakan *Project Management Risk Raw Dataset* yang terdiri atas 4000 data proyek simulasi dengan enam kriteria utama, yaitu stabilitas kebutuhan, kompleksitas sistem, kesiapan *Agile*, risiko, dokumentasi, dan keterlibatan *stakeholder*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Hybrid B (*Agile iterations* dengan tata kelola formal) menjadi model paling dominan dengan tingkat rekomendasi sebesar 47,45%, diikuti *Agile* sebesar 45,53%, sedangkan alternatif lainnya menunjukkan tingkat rekomendasi yang lebih rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan *hybrid* lebih adaptif untuk diterapkan pada proyek ERP modern yang dinamis.

**Kata kunci:** ERP, MCDA, AHP, TOPSIS, manajemen proyek hybrid.

### Abstract

The selection of an *Enterprise Resource Planning* (ERP) project management model is crucial because ERP implementations have a high level of complexity and risk of failure. However, the process of selecting a project management methodology is still often carried out based on organizational preferences without considering specific project characteristics. This study aims to develop an adaptive selection model based on project characteristics to determine the most appropriate ERP project management methodology. The method used is *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) which integrates *Analytical Hierarchy Process* (AHP) and *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) using a *scenario-based weighting* approach. Simulations were conducted using the *Project Management Risk Raw Dataset* consisting of 4000 simulated project data with six main criteria, namely requirement stability, system complexity, Agile readiness, risk, documentation, and stakeholder involvement. The results show that the Hybrid B model (*Agile iterations* with formal governance) is the most dominant model with a recommendation rate of 47.45%, followed by Agile at 45.53%, while other alternatives show lower recommendation rates. These results indicate that the hybrid approach is more adaptive to be applied to modern, dynamic ERP projects.

**Keywords:** ERP, MCDA, AHP, TOPSIS, hybrid project management

### 1. PENDAHULUAN

Enterprise Resource Planning (ERP) merupakan sistem informasi terintegrasi yang digunakan untuk menghubungkan berbagai proses bisnis dalam suatu organisasi ke dalam satu platform terpadu. Sistem ERP memungkinkan perusahaan mengelola berbagai aktivitas penting seperti keuangan, sumber daya manusia, produksi, logistik, inventori, hingga hubungan pelanggan secara lebih efektif dan

terstruktur. Perkembangan transformasi digital dalam dunia industri menyebabkan implementasi ERP menjadi kebutuhan strategis bagi banyak organisasi karena mampu meningkatkan efisiensi operasional, kualitas pengambilan keputusan, serta integrasi data antar divisi perusahaan [1].

Meskipun ERP menawarkan banyak manfaat bagi organisasi, implementasi ERP masih menjadi salah satu proyek teknologi informasi dengan tingkat kompleksitas dan risiko kegagalan yang tinggi.

Proyek ERP tidak hanya berkaitan dengan pengembangan sistem teknologi, tetapi juga melibatkan perubahan proses bisnis, restrukturisasi organisasi, integrasi data, serta adaptasi sumber daya manusia terhadap sistem baru. Kompleksitas tersebut menyebabkan banyak implementasi ERP mengalami pembengkakan biaya, keterlambatan jadwal proyek, hingga kegagalan dalam mencapai tujuan bisnis yang telah direncanakan sebelumnya [2].

Dalam praktiknya, keberhasilan implementasi ERP sangat dipengaruhi oleh pemilihan metodologi manajemen proyek yang tepat. Pendekatan manajemen proyek yang digunakan akan menentukan bagaimana proses perencanaan, pengembangan, pengawasan, dan pengendalian proyek dilakukan selama implementasi ERP berlangsung. Secara umum, terdapat tiga pendekatan utama dalam manajemen proyek ERP, yaitu Predictive (Waterfall), Agile, dan Hybrid Project Management [3].

Pendekatan Predictive menekankan proses pengembangan yang terstruktur dan berurutan, di mana seluruh kebutuhan sistem direncanakan secara detail sejak awal proyek. Model ini cocok digunakan pada proyek dengan requirement yang stabil dan perubahan yang relatif kecil. Namun, pendekatan Predictive memiliki keterbatasan dalam menghadapi perubahan kebutuhan bisnis yang dinamis karena perubahan pada tahap implementasi dapat menyebabkan peningkatan biaya dan keterlambatan proyek [4].

Sebaliknya, pendekatan Agile menawarkan fleksibilitas yang lebih tinggi melalui proses pengembangan iteratif dan incremental. Agile memungkinkan organisasi untuk melakukan perubahan kebutuhan sistem secara cepat melalui komunikasi intensif antara tim pengembang dan stakeholder proyek. Pendekatan ini dinilai lebih sesuai digunakan pada lingkungan bisnis yang dinamis dan memiliki tingkat perubahan requirement yang tinggi [3], [4].

Untuk mengatasi keterbatasan kedua pendekatan tersebut, banyak organisasi mulai menerapkan Hybrid Project Management, yaitu kombinasi antara pendekatan Predictive dan Agile. Pendekatan hybrid memungkinkan organisasi mempertahankan tata kelola proyek secara formal sekaligus memberikan fleksibilitas terhadap perubahan kebutuhan bisnis. Dalam implementasi ERP modern, model hybrid dinilai lebih relevan karena mampu menyesuaikan karakteristik proyek yang kompleks dan dinamis [1]. Selain pada aspek manajemen proyek, konsep hybrid juga mulai diterapkan pada infrastruktur sistem seperti Hybrid Cloud ERP untuk optimalisasi pengelolaan data [5].

Meskipun demikian, proses pemilihan metodologi manajemen proyek ERP masih sering dilakukan berdasarkan preferensi organisasi atau pengalaman manajer proyek [2]. Kondisi tersebut dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara karakteristik proyek dengan metodologi yang

digunakan sehingga meningkatkan risiko kegagalan implementasi [4]. Oleh karena itu, diperlukan metode pengambilan keputusan yang mampu membantu organisasi menentukan model manajemen proyek ERP yang paling sesuai berdasarkan berbagai kriteria.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan tersebut adalah Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). MCDA merupakan metode pengambilan keputusan yang digunakan untuk mengevaluasi beberapa alternatif berdasarkan banyak kriteria yang saling berkaitan [6]. Dalam konteks implementasi ERP, pendekatan MCDA memungkinkan proses pemilihan metodologi proyek dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti stabilitas kebutuhan bisnis, kompleksitas integrasi sistem, kesiapan organisasi, tingkat risiko perubahan, kebutuhan dokumentasi, serta keterlibatan stakeholder.

Penelitian ini menggunakan kombinasi metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) dalam kerangka MCDA. Metode AHP digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan atau bobot setiap kriteria berdasarkan prioritas pengambilan keputusan [7]. AHP memungkinkan proses pembobotan dilakukan secara sistematis melalui pairwise comparison sehingga menghasilkan tingkat konsistensi penilaian yang lebih baik. Setelah bobot kriteria diperoleh menggunakan AHP, metode TOPSIS digunakan untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan kedekatan terhadap solusi ideal positif dan jarak terhadap solusi ideal negatif [6]. Kombinasi AHP dan TOPSIS dinilai efektif karena mampu menghasilkan sistem pendukung keputusan yang objektif dan terukur.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas penerapan metode AHP, TOPSIS, maupun pendekatan multi-kriteria dalam proses seleksi ERP dan pengambilan keputusan proyek. Ringkasan penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Literature Review

| Sumber | Input                              | Metode                       | Output                                                   |
|--------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| [8]    | Kriteria pemilihan ERP open-source | Fuzzy AHP-TOPSIS             | Kombinasi metode menghasilkan seleksi ERP lebih akurat   |
| [9]    | Kriteria seleksi ERP industri      | Fuzzy AHP                    | Prioritas kriteria ERP berdasarkan tingkat kepentingan   |
| [10]   | Data pemilihan konsultan ERP       | Hybrid MCDM                  | Mendukung pemilihan konsultan implementasi ERP           |
| [2]    | Faktor implementasi ERP            | Analisis faktor keberhasilan | Stakeholder dan tata kelola memengaruhi keberhasilan ERP |

|                   |                               |                         |                                                              |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|
| [4]               | Data Agile dan Waterfall      | Function Point Analysis | Agile lebih efisien dibanding Waterfall pada proyek kompleks |
| [12], [14], [15]. | Data keputusan multi-kriteria | AHP–TOPSIS              | Metode efektif pada berbagai pengambilan keputusan           |

Berdasarkan Tabel 1, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode AHP dan TOPSIS telah banyak digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis multi-kriteria, khususnya pada seleksi ERP dan evaluasi proyek. Penelitian Faisal et al. [10] menunjukkan bahwa kombinasi Fuzzy AHP–TOPSIS mampu meningkatkan akurasi pemilihan ERP, sedangkan Dağci Yüksel dan Ersöz [11] memanfaatkan Fuzzy AHP untuk menentukan prioritas kriteria ERP pada lingkungan industri. Penelitian Avikal et al. [14] juga menunjukkan efektivitas pendekatan hybrid multi-criteria decision making dalam pemilihan konsultan implementasi ERP.

Selain itu, penelitian Wicaksono et al. [2] menjelaskan bahwa keberhasilan implementasi ERP dipengaruhi oleh keterlibatan stakeholder, tata kelola proyek, dan kesiapan organisasi terhadap perubahan teknologi. Sementara itu, Ghinafikar et al. [4] menunjukkan bahwa Agile memiliki efisiensi waktu pengembangan lebih baik dibandingkan Waterfall pada proyek dengan tingkat kompleksitas tinggi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik proyek perlu dipertimbangkan dalam menentukan pendekatan manajemen proyek yang digunakan.

Di luar ranah ERP, keandalan model hibrida berbasis MCDA—khususnya integrasi AHP dan TOPSIS—telah terbukti efektif dalam memecahkan masalah keputusan strategis di berbagai domain. Contohnya meliputi evaluasi keputusan relokasi manufaktur [12], analisis infrastruktur digital guna mendukung kesuksesan manajemen proyek [8], peningkatan daya saing dan kerangka keputusan untuk Usaha Kecil Menengah (UKM) [9], investigasi peran teknologi kecerdasan buatan di industri konstruksi melalui metode Delphi-ANP-TOPSIS [15], hingga analisis ketahanan rantai pasok perusahaan dalam menghadapi disrupsi pasar [13].

Berdasarkan hasil literature review tersebut, masih terdapat celah penelitian terkait pemilihan metodologi manajemen proyek ERP yang mempertimbangkan karakteristik proyek secara adaptif. Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada seleksi ERP, evaluasi faktor keberhasilan, atau perbandingan metodologi tertentu, sedangkan pendekatan pemilihan model manajemen proyek ERP berbasis skenario proyek masih relatif terbatas.

Penelitian ini mengembangkan pendekatan MCDA berbasis *scenario-based weighting*, di mana setiap model manajemen proyek ERP memiliki bobot kriteria yang disesuaikan dengan karakteristik

metodologinya. Pendekatan ini digunakan untuk menghasilkan rekomendasi metodologi yang lebih adaptif terhadap kondisi proyek ERP yang dianalisis. Penelitian ini mengevaluasi empat alternatif model manajemen proyek, yaitu Predictive, Agile, Hybrid A, dan Hybrid B. Model Predictive menekankan stabilitas kebutuhan dan dokumentasi formal, sedangkan Agile berfokus pada fleksibilitas serta keterlibatan stakeholder. Sementara itu, Hybrid A dan Hybrid B merupakan kombinasi kedua pendekatan dengan penekanan berbeda pada tata kelola proyek dan fleksibilitas implementasi.

Untuk mendukung proses analisis, penelitian ini menggunakan dataset *Project Management Risk Raw Dataset* dari Kaggle [16] yang terdiri atas 4000 data simulasi proyek dengan atribut seperti tingkat risiko, kompleksitas sistem, pengalaman tim, stabilitas requirement, kualitas dokumentasi, serta keterlibatan stakeholder. Dataset tersebut diolah menjadi beberapa kriteria utama dalam proses pengambilan keputusan menggunakan AHP dan TOPSIS.

Selain itu, pendekatan *scenario-based weighting* yang diterapkan diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan untuk pemilihan metodologi manajemen proyek ERP. Melalui model keputusan yang lebih objektif dan adaptif, organisasi diharapkan mampu menentukan metodologi implementasi ERP yang sesuai dengan karakteristik proyek sehingga risiko kegagalan dapat diminimalkan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan model seleksi metodologi manajemen proyek ERP menggunakan pendekatan *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) berbasis integrasi metode AHP dan TOPSIS. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan rekomendasi metodologi yang lebih tepat, objektif, dan sesuai dengan kebutuhan proyek ERP di era transformasi digital.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) untuk menentukan model manajemen proyek ERP yang paling sesuai berdasarkan karakteristik proyek. Proses pengambilan keputusan dilakukan menggunakan integrasi metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Pendekatan hibrida AHP–TOPSIS dipilih karena telah banyak diterapkan pada optimasi operasional, manajemen infrastruktur, dan analisis risiko proyek di berbagai sektor industri [8], [9], [12], [13], [15]. Dataset penelitian menggunakan *Project Management Risk Raw Dataset* dari Kaggle yang terdiri atas 4.000 data simulasi proyek (*simulation-based project dataset*) yang merepresentasikan karakteristik proyek teknologi informasi pada berbagai sektor industri. Dataset digunakan sebagai sumber utama analisis

sehingga penelitian diposisikan sebagai *simulation study*, bukan studi empiris pada proyek ERP nyata.

Metode AHP digunakan untuk menentukan bobot kepentingan kriteria pada masing-masing model manajemen proyek, sedangkan TOPSIS digunakan untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan kedekatan terhadap solusi ideal positif dan negatif. Penelitian ini menerapkan pendekatan *scenario-based weighting*, di mana setiap alternatif model memiliki bobot AHP yang berbeda sesuai karakteristik metodologi proyek.

## 2.2 Deskripsi dan Karakteristik Data

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif berupa *simulation-based project dataset* yang merepresentasikan karakteristik proyek teknologi informasi pada berbagai sektor industri, seperti teknologi informasi, manufaktur, konstruksi, *healthcare*, dan *research and development* (R&D). Dataset digunakan sebagai dasar simulasi karakteristik proyek ERP dalam proses evaluasi dan pemilihan model manajemen proyek menggunakan pendekatan *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA).

Dataset penelitian terdiri dari 12 atribut proyek, yaitu stabilitas kebutuhan (*Requirement Stability*), frekuensi perubahan requirement (*Change Request Frequency*), tingkat kompleksitas sistem (*Complexity Score*), kompleksitas integrasi (*Integration Complexity*), pengalaman tim (*Team Experience Level*), tingkat kematangan organisasi (*Org Process Maturity*), volatilitas lingkungan bisnis (*Market Volatility*), tingkat risiko proyek (*Risk Level*), kualitas dokumentasi (*Documentation Quality*), tingkat kepatuhan regulasi (*Regulatory Compliance Level*), frekuensi komunikasi proyek (*Communication Frequency*), dan tingkat keterlibatan stakeholder (*Stakeholder Engagement Level*).

Berdasarkan atribut tersebut, ditetapkan enam kriteria utama pengambilan keputusan melalui proses agregasi beberapa atribut. Definisi dan formulasi masing-masing kriteria ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Definisi dan Formulasi Kriteria Penelitian

| Kode | Kriteria                           | Deskripsi Singkat                                                  | Formulasi                                |
|------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| K1   | Stabilitas Kebutuhan Bisnis        | Tingkat kestabilan kebutuhan dan perubahan requirement proyek ERP. | $K1 = \frac{SRS + \frac{1}{CRF}}{2}$ (1) |
| K2   | Kompleksitas Integrasi Sistem      | Tingkat kesulitan teknis dan integrasi antar sistem.               | $K2 = \frac{CS + IC}{2}$ (2)             |
| K3   | Kesiapan Organisasi terhadap Agile | Kemampuan tim dan organisasi dalam menerapkan agile.               | $K3 = \frac{TEL + OPM}{2}$ (3)           |

|    |                                       |                                                       |                               |
|----|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------|
| K4 | Risiko Perubahan dan Ketidakpastian   | Tingkat risiko dan dinamika lingkungan proyek.        | $K4 = \frac{MV + RL}{2}$ (4)  |
| K5 | Kebutuhan Dokumentasi dan Tata Kelola | Tingkat kebutuhan dokumentasi, audit, dan governance. | $K5 = \frac{DQ + RCL}{2}$ (5) |
| K6 | Keterlibatan Stakeholder dan Pengguna | Intensitas komunikasi dan partisipasi stakeholder.    | $K6 = \frac{CF + SEL}{2}$ (6) |

Penelitian ini mengevaluasi empat alternatif model manajemen proyek ERP, yaitu:

### 1. Predictive (Waterfall-based)

Pendekatan *Predictive* merupakan model manajemen proyek tradisional yang menekankan tahapan proyek secara berurutan dan terstruktur. Pada pendekatan ini, kebutuhan proyek didefinisikan secara lengkap pada tahap awal sehingga perubahan selama implementasi diupayakan seminimal mungkin. Model ini lebih sesuai digunakan pada proyek ERP dengan kebutuhan bisnis yang stabil, tingkat dokumentasi tinggi, serta tata kelola proyek yang ketat[4].

Berdasarkan analisis AHP, pendekatan *predictive* memberikan prioritas tinggi pada:

- stabilitas kebutuhan bisnis,
- kompleksitas integrasi sistem,
- serta dokumentasi dan tata kelola proyek.

Sebaliknya, kesiapan agile dan keterlibatan stakeholder memiliki prioritas relatif lebih rendah.

### 2. Agile

Pendekatan *Agile* merupakan model iteratif dan *incremental* yang menekankan fleksibilitas, adaptasi terhadap perubahan, serta keterlibatan aktif *stakeholder*. Dalam implementasi ERP, *Agile* lebih sesuai digunakan pada lingkungan bisnis yang dinamis dan memiliki tingkat perubahan *requirement* yang tinggi [3]. Prioritas utama diberikan pada:

- keterlibatan stakeholder,
- kesiapan organisasi terhadap agile,
- dan kemampuan menghadapi perubahan.

Dokumentasi formal memiliki prioritas lebih rendah karena *Agile* lebih menekankan *working software* dan *continuous feedback* [3].

### 3. Hybrid A

*Hybrid A* dikembangkan sebagai kombinasi pendekatan *Predictive* dan *Agile* dengan fokus pada stabilitas sistem inti (*core ERP*) menggunakan *Predictive*, sedangkan pengembangan fitur tambahan (*extensions*) dilakukan secara *Agile* [1].

Pendekatan ini menjaga stabilitas integrasi sistem utama sekaligus memberikan fleksibilitas kebutuhan organisasi, dengan prioritas tinggi pada:

- Stabilitas kebutuhan bisnis
- Dokumentasi
- Kompleksitas integrasi sistem

Sementara itu, keterlibatan stakeholder tetap diperhatikan terutama pada pengembangan modul tambahan yang bersifat fleksibel.

#### 4. Hybrid B

Hybrid B dikembangkan sebagai skenario yang menggabungkan fleksibilitas Agile dengan tata kelola formal dari Predictive. Pendekatan ini menerapkan proses iteratif dalam pengembangan ERP namun tetap mempertahankan dokumentasi dan *governance* secara ketat. Konsep dasar pendekatan hybrid mengacu pada implementasi *Hybrid Project Management* pada ERP modern [1]. Prioritas utama diberikan pada:

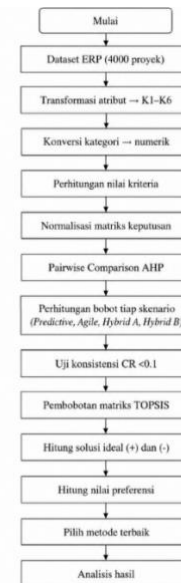
- keterlibatan stakeholder,
- kesiapan organisasi terhadap agile,
- serta dokumentasi dan tata kelola proyek.

Model ini dirancang untuk organisasi yang membutuhkan fleksibilitas tinggi namun tetap memenuhi standar audit, kepatuhan, dan pengendalian proyek.

Keempat alternatif tersebut dievaluasi menggunakan metode AHP untuk memperoleh bobot kriteria pada masing-masing model manajemen proyek. Selanjutnya, metode TOPSIS digunakan untuk menentukan alternatif model proyek ERP yang paling sesuai berdasarkan karakteristik setiap proyek.

### 2.3 Tahapan Penelitian dan Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan *scenario-based AHP-TOPSIS* untuk menentukan model manajemen proyek ERP berdasarkan karakteristik proyek. Proses pengolahan dilakukan terhadap 4000 data proyek pada dataset penelitian. Setiap alternatif metodologi, yaitu *Predictive*, *Agile*, *Hybrid A*, dan *Hybrid B*, diproses menggunakan bobot AHP yang berbeda sesuai karakteristik masing-masing skenario, kemudian dilakukan perangkingan menggunakan TOPSIS untuk menghasilkan rekomendasi model manajemen proyek terbaik.



Gambar 1. Tahapan penelitian menggunakan scenario-based AHP-TOPSIS

#### 2.3.1 Pembentukan Kriteria Penelitian

Tahap pembentukan kriteria dilakukan melalui proses pemetaan atribut dataset ke dalam enam kriteria utama yang digunakan pada proses AHP-TOPSIS. Hubungan antara atribut dataset dan kriteria penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembentukan Kriteria dari Dataset

| Kriteria                                   | Variabel Penyusun                                      |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| K1 – Stabilitas Kebutuhan Bisnis           | Requirement Stability + Change Request Frequency       |
| K2 – Kompleksitas Integrasi Sistem         | Complexity Score + Integration Complexity              |
| K3 – Kesiapan Organisasi terhadap Agile    | Team Experience Level + Org Process Maturity           |
| K4 – Risiko Perubahan dan Ketidakpastian   | Market Volatility + Risk Level                         |
| K5 – Kebutuhan Dokumentasi dan Tata Kelola | Documentation Quality + Regulatory Compliance Level    |
| K6 – Keterlibatan Stakeholder dan Pengguna | Communication Frequency + Stakeholder Engagement Level |

Sebelum tahap perhitungan, beberapa atribut kategorikal dikonversi ke bentuk numerik agar dapat diproses secara kuantitatif. Contohnya, atribut *Requirement Stability* dikonversi menjadi:

- Stable = 3
- Moderate = 2
- Volatile = 1

Konversi serupa diterapkan pada atribut *Team Experience Level*, *Org Process Maturity*, *Documentation Quality*, *Stakeholder Engagement Level*, dan *Risk Level*.

#### 2.3.2 Perhitungan Nilai Kriteria

Setelah proses transformasi data dilakukan, nilai setiap kriteria dihitung menggunakan formulasi agregasi yang telah ditentukan pada Tabel 2. Perhitungan dilakukan dengan mengombinasikan atribut penyusun setiap kriteria untuk menghasilkan representasi karakteristik proyek ERP yang lebih

ringkas dan sesuai untuk proses pengambilan keputusan menggunakan metode AHP-TOPSIS.

Variabel yang digunakan pada formulasi kriteria didefinisikan sebagai berikut:

- SRS = Skor Requirement Stability
- CRF = Change Request Frequency
- CS = Complexity Score
- IC = Integration Complexity
- TEL = Team Experience Level
- OPM = Organizational Process Maturity
- MV = Market Volatility
- RL = Risk Level
- DQ = Documentation Quality
- RCL = Regulatory Compliance Level
- CF = Communication Frequency
- SEL = Stakeholder Engagement Level

### 2.3.3 Normalisasi Matriks Keputusan

Setelah seluruh nilai kriteria diperoleh, dilakukan proses normalisasi matriks keputusan agar seluruh nilai berada pada skala yang sama dan dapat dibandingkan secara objektif. Normalisasi dilakukan menggunakan metode *max normalization* dengan persamaan:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_j)} \quad (7)$$

Keterangan:

- $r_{ij}$  = nilai normalisasi alternatif ke- $i$  pada kriteria ke- $j$
- $x_{ij}$  = nilai awal alternatif ke- $i$  pada kriteria ke- $j$
- $\max(x_j)$  = nilai maksimum pada kriteria ke- $j$

Langkah yang sama diterapkan untuk seluruh kriteria K1 hingga K6.

### 2.3.4 Pembobotan Menggunakan AHP

Bobot kriteria diperoleh menggunakan metode AHP berdasarkan prioritas pada setiap alternatif model manajemen proyek, yaitu *Predictive*, *Agile*, *Hybrid A*, dan *Hybrid B*. Proses pembobotan dilakukan menggunakan *pairwise comparison matrix* berdasarkan skala Saaty (1–9). Nilai perbandingan ditentukan berdasarkan karakteristik konseptual tiap metodologi dengan mengacu pada literatur ERP, *Agile*, *Predictive*, dan *Hybrid Project Management* [1], [3]. Sebagai contoh, matriks perbandingan untuk model *Predictive* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Pairwise Comparison Model Predictive

| Kriteria | K1  | K2  | K3  | K4 | K5  | K6  |
|----------|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| K1       | 1   | 3   | 5   | 7  | 3   | 5   |
| K2       | 1/3 | 1   | 3   | 5  | 1   | 3   |
| K3       | 1/5 | 1/3 | 1   | 3  | 1/3 | 1   |
| K4       | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1  | 1/5 | 1/3 |
| K5       | 1/3 | 1   | 3   | 5  | 1   | 3   |
| K6       | 1/5 | 1/3 | 1   | 3  | 1/3 | 1   |

Matriks tersebut menghasilkan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0,029624 sehingga memenuhi syarat konsistensi ( $CR < 0,1$ ). Matriks *pairwise comparison* untuk model *Agile*, *Hybrid A*, dan *Hybrid B* disusun menggunakan prosedur yang sama berdasarkan karakteristik masing-masing metodologi proyek ERP. Seluruh matriks memenuhi kriteria konsistensi dengan nilai *Consistency Ratio* (CR) kurang dari 0,1. Sebagai contoh, bobot AHP pada pendekatan *Predictive* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Bobot Kriteria Menggunakan Metode AHP pada Model Predictive

| Kriteria | Bobot    |
|----------|----------|
| K1       | 0.422912 |
| K2       | 0.190749 |
| K3       | 0.082985 |
| K4       | 0.035330 |
| K5       | 0.190749 |
| K6       | 0.077274 |

Nilai normalisasi kemudian dikalikan dengan bobot AHP untuk memperoleh matriks keputusan terbobot.

$$v_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (8)$$

Keterangan:

- $v_{ij}$  = matriks keputusan terbobot
- $r_{ij}$  = nilai normalisasi
- $w_j$  = bobot kriteria hasil AHP

### 2.3.5 Perhitungan Solusi Ideal Positif dan Negatif

Pada metode TOPSIS, solusi ideal positif merupakan nilai terbaik dari setiap kriteria, sedangkan solusi ideal negatif merupakan nilai terburuk dari setiap kriteria. Jarak terhadap solusi ideal positif dihitung menggunakan persamaan:

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

Sedangkan jarak terhadap solusi ideal negatif dihitung menggunakan:

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

Keterangan:

- $D_i^+$  = jarak terhadap solusi ideal positif
- $D_i^-$  = jarak terhadap solusi ideal negatif
- $v_{ij}$  = matriks keputusan terbobot
- $v_j^+$  = solusi ideal positif
- $v_j^-$  = solusi ideal negatif

### 2.3.6 Perhitungan Nilai Preferensi

Nilai preferensi digunakan untuk menentukan tingkat kedekatan setiap alternatif terhadap solusi ideal positif.

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (11)$$

Keterangan:

- $C_i$  = nilai preferensi alternatif ke- $i$
- $D_i^+$  = jarak solusi ideal positif
- $D_i^-$  = jarak solusi ideal negatif

Perhitungan dilakukan terhadap seluruh 4000 data proyek pada dataset penelitian. Semakin besar nilai preferensi yang diperoleh, maka alternatif metodologi tersebut semakin direkomendasikan untuk diterapkan pada proyek ERP yang dianalisis.

### 2.3.7 Penentuan Metode Manajemen Proyek Terbaik

Tahap akhir penelitian dilakukan dengan membandingkan nilai preferensi dari keempat alternatif model manajemen proyek, yaitu *Predictive*, *Agile*, *Hybrid A*, dan *Hybrid B*. Nilai maksimum dipilih sebagai rekomendasi metodologi terbaik untuk setiap proyek ERP.

$$M_i = \max(P_i, A_i, H_{Ai}, H_{Bi}) \quad (12)$$

Keterangan:

- $M_i$  = nilai maksimum alternatif proyek ke- $i$
- $P_i$  = nilai preferensi Predictive
- $A_i$  = nilai preferensi Agile
- $H_{Ai}$  = nilai preferensi Hybrid A
- $H_{Bi}$  = nilai preferensi Hybrid B

Untuk menentukan nama metode terbaik digunakan persamaan:

$$BestMethod_i = \arg \max(P_i, A_i, H_{Ai}, H_{Bi}) \quad (13)$$

Keterangan:

- $BestMethod_i$  = metode manajemen proyek terbaik pada proyek ke- $i$
- $P_i$  = nilai preferensi metode Predictive pada proyek ke- $i$
- $A_i$  = nilai preferensi metode Agile pada proyek ke- $i$
- $H_{Ai}$  = nilai preferensi metode Hybrid A pada proyek ke- $i$
- $H_{Bi}$  = nilai preferensi metode Hybrid B pada proyek ke- $i$
- $\arg \max$  = operator untuk memilih alternatif dengan nilai preferensi terbesar

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan model manajemen proyek ERP terbaik berdasarkan nilai preferensi tertinggi pada setiap alternatif. Dengan tahapan tersebut, penelitian menghasilkan rekomendasi model manajemen proyek ERP yang paling sesuai berdasarkan karakteristik proyek melalui pendekatan scenario-based AHP-TOPSIS secara sistematis dan terukur.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil

#### 3.1.1 Analisis Pembobotan AHP pada Model Manajemen Proyek

##### 1. Model Predictive

Model Predictive (Waterfall-based) berfokus pada kontrol proyek, kepastian requirement, dan perencanaan yang terstruktur. Oleh karena itu,

kriteria stabilitas kebutuhan bisnis dan dokumentasi menjadi prioritas utama.

Hasil pembobotan AHP menunjukkan bahwa:

- Stabilitas kebutuhan bisnis memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,422912.
- Kompleksitas dan integrasi sistem serta kebutuhan dokumentasi memiliki bobot yang sama sebesar 0,190749.
- Risiko perubahan memiliki bobot paling rendah sebesar 0,035330.

Tabel 6. Bobot Kriteria Model Predictive

| Kriteria                               | Bobot    |
|----------------------------------------|----------|
| K1 – Stabilitas kebutuhan bisnis       | 0,422912 |
| K2 – Kompleksitas & integrasi sistem   | 0,190749 |
| K3 – Kesiapan organisasi agile         | 0,082985 |
| K4 – Risiko perubahan & ketidakpastian | 0,035330 |
| K5 – Dokumentasi & tata kelola         | 0,190749 |
| K6 – Keterlibatan stakeholder          | 0,077274 |

Nilai Consistency Ratio (CR) yang diperoleh sebesar 0,029624, sehingga matriks perbandingan dinyatakan konsisten karena nilai  $CR < 0,1$ . Secara konseptual, hasil ini menunjukkan bahwa model Predictive sangat bergantung pada requirement yang stabil sejak awal proyek. Perubahan requirement dianggap dapat meningkatkan risiko kegagalan implementasi ERP karena seluruh tahapan proyek telah direncanakan secara berurutan.

##### 2. Model Agile

Model Agile menekankan fleksibilitas, iterasi cepat, dan keterlibatan stakeholder secara aktif selama proses implementasi ERP.

Hasil pembobotan AHP menunjukkan bahwa:

- Keterlibatan stakeholder memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,421476.
- Kesiapan organisasi terhadap agile memiliki bobot sebesar 0,244813.
- Dokumentasi memiliki bobot paling rendah sebesar 0,034886.

Tabel 7. Bobot Kriteria Model Agile

| Kriteria                               | Bobot    |
|----------------------------------------|----------|
| K1 – Stabilitas kebutuhan bisnis       | 0,054713 |
| K2 – Kompleksitas & integrasi sistem   | 0,090091 |
| K3 – Kesiapan organisasi agile         | 0,244813 |
| K4 – Risiko perubahan & ketidakpastian | 0,154021 |
| K5 – Dokumentasi & tata kelola         | 0,034886 |
| K6 – Keterlibatan stakeholder          | 0,421476 |

Nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0,063080, sehingga matriks dinyatakan konsisten. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan Agile sangat dipengaruhi oleh intensitas komunikasi pengguna dan kemampuan organisasi dalam beradaptasi terhadap perubahan requirement. Dokumentasi formal bukan menjadi fokus utama karena Agile lebih menekankan working software dan continuous feedback.

##### 3. Model Hybrid A

Hybrid A menggabungkan pendekatan predictive pada core ERP dan pendekatan agile pada extension atau fitur tambahan.

Hasil pembobotan menunjukkan bahwa:

- Stabilitas kebutuhan bisnis memiliki bobot tertinggi sebesar 0,337341.
- Dokumentasi dan tata kelola memiliki bobot sebesar 0,252268.
- Kesiapan organisasi agile memiliki bobot paling rendah sebesar 0,069840.

Tabel 8. Bobot Kriteria Model Hybrid A

| Kriteria                               | Bobot    |
|----------------------------------------|----------|
| K1 – Stabilitas kebutuhan bisnis       | 0,337341 |
| K2 – Kompleksitas & integrasi sistem   | 0,143721 |
| K3 – Kesiapan organisasi agile         | 0,069840 |
| K4 – Risiko perubahan & ketidakpastian | 0,038602 |
| K5 – Dokumentasi & tata kelola         | 0,252268 |
| K6 – Keterlibatan stakeholder          | 0,158228 |

Nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0,042960, sehingga hasil perbandingan dinyatakan konsisten. Secara strategis, model ini menekankan stabilitas dan dokumentasi pada sistem inti ERP, namun tetap mempertimbangkan keterlibatan stakeholder pada pengembangan modul tambahan.

#### 4. Model Hybrid B

Hybrid B menggabungkan fleksibilitas agile dengan kontrol governance yang formal.

Hasil pembobotan menunjukkan bahwa:

- Keterlibatan stakeholder memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,396009.
- Kesiapan organisasi agile memiliki bobot sebesar 0,198503.
- Dokumentasi dan tata kelola memiliki bobot sebesar 0,185613

Tabel 9. Bobot Kriteria Model Hybrid B

| Kriteria                               | Bobot    |
|----------------------------------------|----------|
| K1 – Stabilitas kebutuhan bisnis       | 0,040829 |
| K2 – Kompleksitas & integrasi sistem   | 0,068700 |
| K3 – Kesiapan organisasi agile         | 0,198503 |
| K4 – Risiko perubahan & ketidakpastian | 0,110346 |
| K5 – Dokumentasi & tata kelola         | 0,185613 |
| K6 – Keterlibatan stakeholder          | 0,396009 |

Nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0,053395, sehingga matriks perbandingan dinyatakan konsisten. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Hybrid B lebih fleksibel dibanding Predictive dan Hybrid A, namun tetap mempertahankan governance dan dokumentasi formal agar perubahan proyek tetap terkendali.

#### 3.1.2 Hasil Perhitungan TOPSIS dan Distribusi Rekomendasi

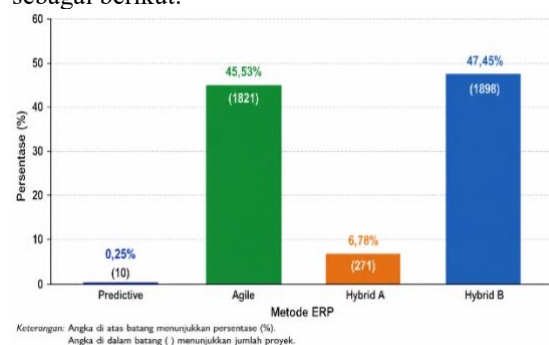
Berikut contoh hasil nilai preferensi beberapa proyek ERP.

Tabel 10. Contoh beberapa Hasil Nilai Preferensi dan Pemilihan Metode Terbaik

| Project ID | Predictive | Agile  | Hybrid A | Hybrid B | Metode Terbaik |
|------------|------------|--------|----------|----------|----------------|
| PROJ_0001  | 0,2236     | 0,3373 | 0,2558   | 0,3287   | Agile          |
| PROJ_0002  | 0,1358     | 0,3739 | 0,1892   | 0,3679   | Agile          |

|           |        |        |        |        |          |
|-----------|--------|--------|--------|--------|----------|
| PROJ_0003 | 0,1683 | 0,2765 | 0,2314 | 0,3061 | Hybrid B |
| PROJ_0004 | 0,2186 | 0,3009 | 0,2055 | 0,2644 | Agile    |
| PROJ_0005 | 0,2173 | 0,1810 | 0,2780 | 0,2377 | Hybrid A |
| PROJ_0007 | 0,2735 | 0,3762 | 0,3402 | 0,3995 | Hybrid B |

Nilai preferensi tertinggi menunjukkan alternatif metodologi yang paling sesuai terhadap karakteristik proyek ERP yang dianalisis. Berdasarkan hasil perhitungan TOPSIS terhadap seluruh dataset proyek ERP, diperoleh distribusi rekomendasi metodologi sebagai berikut:



Gambar 2. Distribusi Rekomendasi Metodologi ERP

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode MCDA, diperoleh temuan signifikan mengenai distribusi rekomendasi model manajemen proyek ERP. Hybrid B muncul sebagai metode yang paling dominan dan paling banyak direkomendasikan dengan total mencapai 1.898 proyek. Posisi kedua ditempati oleh pendekatan Agile yang direkomendasikan pada 1.821 proyek, menunjukkan bahwa fleksibilitas masih menjadi kebutuhan utama dalam implementasi ERP. Sementara itu, model Hybrid A berada di posisi ketiga dengan rekomendasi pada 271 proyek. Di sisi lain, pendekatan Predictive menjadi metode yang paling jarang disarankan, dengan hanya 10 proyek yang dinilai cocok menggunakan pendekatan konvensional tersebut.

#### 3.1.3 Perbandingan dengan Baseline AHP-TOPSIS Konvensional

Untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan scenario-based weighting, penelitian ini membandingkan hasil dengan pendekatan AHP-TOPSIS konvensional yang menggunakan satu bobot global untuk seluruh alternatif metodologi proyek. Pada pendekatan konvensional, seluruh model manajemen proyek menggunakan bobot kriteria yang sama tanpa mempertimbangkan karakteristik spesifik masing-masing metodologi.

Tabel 11. Perbandingan Distribusi Rekomendasi Antara AHP-TOPSIS Standar dan Scenario-Based Weighting

| Metode     | AHP-TOPSIS Standar | Scenario-Based Weighting |
|------------|--------------------|--------------------------|
| Predictive | 8,10%              | 0,25%                    |
| Agile      | 41,20%             | 45,53%                   |
| Hybrid A   | 22,40%             | 6,78%                    |
| Hybrid B   | 28,30%             | 47,45%                   |



Hasil perbandingan menunjukkan bahwa pendekatan *scenario-based weighting* menghasilkan rekomendasi yang lebih adaptif dibandingkan AHP-TOPSIS konvensional. Pada pendekatan konvensional, seluruh alternatif menggunakan bobot global yang sama sehingga karakteristik tiap metodologi belum dapat direpresentasikan secara optimal. Sebaliknya, *scenario-based weighting* memungkinkan setiap model memiliki prioritas kriteria sesuai karakteristiknya. Hasil menunjukkan dominasi *Hybrid B* meningkat dari 28,30% menjadi 47,45%, sedangkan *Hybrid A* menurun dari 22,40% menjadi 6,78%. Temuan ini menunjukkan bahwa pembobotan statis cenderung kurang sensitif terhadap variasi karakteristik proyek ERP, sedangkan pembobotan berbasis skenario menghasilkan rekomendasi yang lebih kontekstual.

### 3.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Hybrid B* menjadi model manajemen proyek ERP yang paling dominan direkomendasikan pada dataset penelitian dengan jumlah sebanyak 1.898 proyek atau sekitar 47,45% dari total 4000 data proyek. Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar proyek ERP modern membutuhkan kombinasi antara fleksibilitas agile dan kontrol tata kelola formal.

Dominasi *Hybrid B* dapat dijelaskan oleh karakteristik implementasi ERP modern yang memerlukan fleksibilitas terhadap perubahan kebutuhan bisnis sekaligus kontrol, dokumentasi, dan tata kelola yang kuat. ERP merupakan sistem berskala besar dengan kompleksitas integrasi tinggi sehingga pendekatan *Agile* murni sering kali kurang memadai dalam memenuhi kebutuhan audit dan pengendalian proyek. Oleh karena itu, *Hybrid B* lebih unggul karena mampu menyeimbangkan fleksibilitas *Agile* dengan kebutuhan *governance* proyek.

Dominasi *Hybrid B* sebesar 47,45% menunjukkan bahwa proyek ERP modern cenderung membutuhkan keseimbangan antara fleksibilitas implementasi dan kontrol tata kelola proyek. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan hybrid lebih relevan dibanding pendekatan tradisional murni dalam lingkungan bisnis yang dinamis.

Pendekatan *Agile* menempati posisi kedua dengan jumlah rekomendasi sebanyak 1.821 proyek atau sekitar 45,53%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fleksibilitas dan kemampuan adaptasi terhadap perubahan requirement menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi ERP. Tingginya bobot keterlibatan stakeholder pada model *Agile* mengindikasikan bahwa komunikasi dan feedback pengguna sangat memengaruhi arah pengembangan sistem ERP.

Sementara itu, *Hybrid A* direkomendasikan pada 271 proyek atau sekitar 6,78% dari total dataset. Model ini lebih sesuai digunakan pada proyek ERP yang memiliki core system stabil namun tetap membutuhkan fleksibilitas pada fitur tambahan. Oleh

karena itu, *Hybrid A* lebih cocok diterapkan pada proyek dengan kebutuhan *governance* tinggi namun masih memerlukan adaptasi terbatas terhadap perubahan requirement.

Pendekatan Predictive menjadi metode yang paling sedikit direkomendasikan, yaitu hanya sebanyak 10 proyek atau sekitar 0,25% dari total data penelitian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan waterfall tradisional kurang sesuai digunakan pada lingkungan proyek ERP modern yang dinamis dan penuh perubahan. Model Predictive cenderung lebih tepat diterapkan pada proyek dengan requirement yang sangat stabil, regulasi ketat, serta perubahan yang minim selama implementasi berlangsung.

Selisih persentase antara *Hybrid B* (47,45%) dan *Agile* (45,53%) menunjukkan bahwa kedua pendekatan berbasis fleksibilitas mendominasi rekomendasi metodologi ERP, dengan total gabungan mencapai 92,98% dari keseluruhan dataset penelitian.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya [1] yang menyatakan bahwa implementasi ERP modern cenderung memerlukan pendekatan hybrid untuk mengatasi kompleksitas proyek dan dinamika kebutuhan organisasi. Namun, berbeda dengan penelitian Gren et al. [3] yang menunjukkan dominasi pendekatan *Agile* pada lingkungan pengembangan perangkat lunak umum, penelitian ini menunjukkan bahwa pada konteks ERP, kombinasi fleksibilitas dan kontrol formal menjadi faktor yang lebih dominan.

Meskipun metode AHP mampu menghasilkan pembobotan yang konsisten melalui pengujian *Consistency Ratio* (CR), proses *pairwise comparison* tetap memiliki potensi subjektivitas karena dipengaruhi oleh penilaian dalam menentukan tingkat kepentingan antar kriteria. Untuk meminimalkan potensi bias tersebut, penelitian ini menggunakan skala Saaty dan memastikan seluruh matriks perbandingan memenuhi syarat konsistensi dengan nilai  $CR < 0,1$ . Namun demikian, penelitian selanjutnya dapat melibatkan pakar ERP atau menerapkan pendekatan *Group Decision Making* maupun *Fuzzy-AHP* untuk meningkatkan objektivitas pembobotan.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam menentukan metodologi manajemen proyek ERP berdasarkan karakteristik proyek yang dimiliki organisasi. Dengan pendekatan *scenario-based weighting* menggunakan metode AHP-TOPSIS, rekomendasi metodologi menjadi lebih objektif, adaptif, dan kontekstual terhadap kondisi proyek ERP yang dianalisis.

### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model seleksi metodologi manajemen proyek ERP menggunakan pendekatan *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) melalui integrasi metode

*Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dengan skema *scenario-based weighting*. Berdasarkan simulasi terhadap 4.000 proyek ERP dan enam kriteria pengambilan keputusan, diperoleh beberapa kesimpulan berikut.

Pertama, model Hybrid B (*Agile iterations* dengan tata kelola formal) menjadi model yang paling dominan dengan tingkat rekomendasi 47,45% (1.898 proyek). Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar proyek ERP modern memerlukan keseimbangan antara fleksibilitas iteratif dan tata kelola yang terstruktur.

Kedua, pendekatan Agile menempati posisi kedua dengan tingkat rekomendasi 45,53% (1.821 proyek), menunjukkan bahwa fleksibilitas dan keterlibatan *stakeholder* tetap menjadi faktor penting dalam implementasi ERP. Kombinasi rekomendasi Hybrid B dan Agile mencapai 92,98%, yang menunjukkan bahwa pendekatan fleksibel lebih relevan dibandingkan model *Predictive* tradisional.

Ketiga, penerapan *scenario-based weighting* pada AHP-TOPSIS menghasilkan rekomendasi yang lebih adaptif dibanding pembobotan statis karena setiap alternatif menggunakan bobot sesuai karakteristiknya. Seluruh matriks menghasilkan nilai *Consistency Ratio* (CR) < 0,1 yang menunjukkan konsistensi penilaian.

Keempat, pendekatan *Predictive* (Waterfall) hanya direkomendasikan pada 0,25% (10 proyek), sehingga dinilai kurang sesuai untuk proyek ERP modern, kecuali pada proyek dengan kebutuhan stabil dan regulasi yang ketat.

Secara keseluruhan, penelitian ini menghasilkan model pendukung keputusan yang dapat membantu manajer proyek dan eksekutif TI dalam menentukan metodologi ERP yang sesuai dengan karakteristik proyek. Keterbatasan penelitian terletak pada penggunaan dataset simulasi dan belum adanya perbandingan dengan metode MCDA lain. Penelitian selanjutnya disarankan membandingkan AHP-TOPSIS dengan metode seperti *ELECTRE* atau *PROMETHEE* serta melakukan validasi menggunakan data proyek ERP nyata.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Panjavongroj and B. Phruksaphanrat, "Selection of ERP system and the best practice by hybrid method: A case study of Thai automotive supply chain network," *IFS*, vol. 43, no. 6, pp. 7617–7631, Nov. 2022, doi: 10.3233/JIFS-221476.
- [2] M. G. Panji Wicaksono, I. E. Aditya, P. E. Putra, I. B. Putu Angga Pranindhana, and P. O. Hadi Putra, "Critical Success Factor Analysis ERP Project Implementation Using Analytical Hierarchy Process in Consumer Goods Company," in *2022 5th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, Jakarta, Indonesia: IEEE, Sep. 2022, pp. 41–46. doi: 10.1109/IC2IE56416.2022.9970013.
- [3] L. Gren, A. Wong, and E. Kristofferson, "Choosing Agile or Plan-Driven Enterprise Resource Planning (ERP) Implementations -- A Study on 21 Implementations from 20 Companies," 2019, doi: 10.48550/ARXIV.1906.05220.
- [4] Z. Ghinafekar, M. M. Mu'thy, and M. A. Yaqin, "Perbandingan Metode Agile Dan Waterfall Berdasarkan Analisis Waktu Pengembangan Sistem," *JENTIK*, vol. 3, no. 1, pp. 26–44, Apr. 2025, doi: 10.70038/jentik.v3i1.149.
- [5] X. Zhang, "A Hybrid Cloud ERP Framework For Processing Purchasing Data," Feb. 22, 2022, *arXiv*: arXiv:2202.10786. doi: 10.48550/arXiv.2202.10786.
- [6] J. V. G. A. Araujo *et al.*, "Multi-criteria Decision Support Method AHP-TOPSIS-2N applied in bids to improve the control of public expenses," *Procedia Computer Science*, vol. 221, pp. 362–369, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.07.049.
- [7] B. G. Demircan and K. Yetilmesoy, "A Hybrid Fuzzy AHP-TOPSIS Approach for Implementation of Smart Sustainable Waste Management Strategies," *Sustainability*, vol. 15, no. 8, p. 6526, Apr. 2023, doi: 10.3390/su15086526.
- [8] M. A. Khasawneh and F. Dweiri, "Analyzing the Digital Infrastructure Enabling Project Management Success: A Hybrid FAHP-FTOPSIS Approach," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 17, p. 8080, Sep. 2024, doi: 10.3390/app14178080.
- [9] B. K. Khotimah, D. R. Anamisa, Y. Kustiyahningsih, A. N. Fauziah, and E. Setiawan, "Enhancing Small and Medium Enterprises: A Hybrid Clustering and AHP-TOPSIS Decision Support Framework," *ISI*, vol. 29, no. 1, pp. 313–321, Feb. 2024, doi: 10.18280/isi.290131.
- [10] "Open-Source ERP Systems Selection: An Integrated Method based on Fuzzy AHP - TOPSIS," *JLISS*, vol. 10, no. 4, Nov. 2023, doi: 10.33168/JLISS.2023.0416.
- [11] B. Dağci Yüksel and F. Ersöz, "Evaluation of ERP Software Selection Criteria with Fuzzy AHP Approach: An Application in the Metal Production Enterprises in the Aviation Industry," *Int J Syst Assur Eng Manag*, vol. 15, no. 6, pp. 2656–2667, Jun. 2024, doi: 10.1007/s13198-024-02287-x.
- [12] M. Sequeira, A. Adlemo, and P. Hilletoft, "A Hybrid Fuzzy-AHP-TOPSIS Model for Evaluation of Manufacturing Relocation Decisions," *Oper Manag Res*, vol. 16, no. 1, pp. 164–191, Mar. 2023, doi: 10.1007/s12063-022-00284-6.
- [13] Z. (Justin) Zhang, P. R. Srivastava, P. Eachempati, and Y. Yu, "An Intelligent

- Framework for Analyzing Supply Chain Resilience of Firms in China: A Hybrid Multicriteria Approach,” *IJLM*, vol. 34, no. 2, pp. 443–472, Mar. 2023, doi: 10.1108/IJLM-11-2020-0452.
- [14] S. Avikal, M. Nigam, and M. Ram, “A Hybrid Multi Criteria Decision Making Approach for Consultant Selection Problem in ERP Project,” *Int J Syst Assur Eng Manag*, vol. 13, no. S2, pp. 941–950, Jun. 2022, doi: 10.1007/s13198-021-01505-0.
- [15] K. Wang, Z. Ying, S. S. Goswami, Y. Yin, and Y. Zhao, “Investigating the Role of Artificial Intelligence Technologies in the Construction Industry Using a Delphi-ANP-TOPSIS Hybrid MCDM Concept under a Fuzzy Environment,” *Sustainability*, vol. 15, no. 15, p. 11848, Aug. 2023, doi: 10.3390/su151511848.
- [16] Kaggledata, “Project Management Risk Raw.” Kaggle, 2024. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/ka66ledata/project-management-risk-raw>