

Implementasi Metode Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation (PROMETHEE) Untuk Penjadwalan Proyek Konstruksi Di CV Sekar Tama Construction

Fajar Alamin^{1*}, Surtikanti²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Indonesia
e-mail: ¹fajaralamin21@gmail.com, ²dosen00636@unpam.ac.id

Submitted Date: September 12, 2026
Revised Date: September 23, 2026

Reviewed Date: September 14, 2026
Accepted Date: September 23, 2026

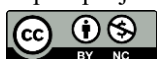
Abstract

Construction project scheduling is a multi-criteria decision problem that is frequently solved on the basis of the project manager's experience, so that the resulting decision is difficult to trace and to justify. This study implements the Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) in a web-based decision support system for scheduling at CV Sekar Tama Construction. Five criteria were used, namely completion time (C1), project cost (C2), labour requirement (C3), equipment availability (C4), and project risk (C5), with C4 treated as a benefit attribute and the remaining four as cost attributes. Criteria weights were determined by the project manager as the decision maker through a structured interview, with the requirement that the sum of the weights equals one, and their influence on the result was then examined through sensitivity testing. Four schedule alternatives were evaluated using the usual preference function, and the ranking was obtained from the leaving flow, entering flow, and net flow values. The recommendation was tested through four scenarios with explicit indicators: (i) verification of the system output against manual computation, measured by the absolute deviation of the net flow; (ii) cross-method comparison against Simple Additive Weighting and Weighted Product, measured by the Spearman rank correlation coefficient; (iii) weight sensitivity testing at $\pm 10\%$ and $\pm 20\%$, measured by ranking stability; and (iv) comparison against single-criterion selection as practised in the company, measured by the aggregate weighted performance score. The test results show a net flow deviation of 0.000 between manual and system computation, a Spearman coefficient of 1.000 against both comparison methods, alternative A remaining in first place in all 20 sensitivity scenarios (a fully stable ranking order in 16 of 20 scenarios, or 80%), and an aggregate score for alternative A that is 9.37% higher than the alternative that single-criterion selection would produce. These findings indicate that PROMETHEE produces a traceable and stable schedule ranking, although its effect on actual project performance in the field has not yet been tested.

Keywords: Project Scheduling; PROMETHEE; Multi Criteria Decision Making; Sensitivity Analysis; Construction

Abstrak

Penjadwalan proyek konstruksi merupakan persoalan pengambilan keputusan multikriteria yang selama ini banyak diselesaikan berdasarkan pengalaman manajer proyek, sehingga keputusan yang dihasilkan sulit ditelusuri dan dipertanggungjawabkan. Penelitian ini menerapkan metode Preference



Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) pada sistem pendukung keputusan penjadwalan berbasis web di CV Sekar Tama Construction. Kriteria yang digunakan berjumlah lima, yaitu waktu penyelesaian (C1), biaya proyek (C2), kebutuhan tenaga kerja (C3), ketersediaan peralatan (C4), dan risiko proyek (C5), dengan C4 berjenis benefit dan empat kriteria lainnya berjenis cost. Bobot kriteria ditetapkan oleh manajer proyek sebagai pengambil keputusan melalui wawancara terstruktur dengan syarat jumlah seluruh bobot sama dengan satu, dan pengaruhnya terhadap hasil ditelaah melalui uji sensitivitas. Empat alternatif jadwal dievaluasi menggunakan fungsi preferensi usual, dan peringkat diperoleh dari nilai leaving flow, entering flow, serta net flow. Rekomendasi diuji melalui empat skenario dengan indikator yang eksplisit, yaitu (i) verifikasi keluaran sistem terhadap perhitungan manual dengan indikator selisih absolut net flow; (ii) komparasi lintas metode terhadap Simple Additive Weighting dan Weighted Product dengan indikator koefisien korelasi peringkat Spearman; (iii) uji sensitivitas bobot pada variasi $\pm 10\%$ dan $\pm 20\%$ dengan indikator stabilitas peringkat; serta (iv) komparasi terhadap pemilihan berbasis kriteria tunggal yang selama ini dipraktikkan perusahaan dengan indikator skor kinerja agregat terbobot. Hasil pengujian menunjukkan selisih net flow sebesar 0,000 antara perhitungan manual dan sistem, koefisien Spearman sebesar 1,000 terhadap kedua metode pembandingan, alternatif A tetap menempati peringkat pertama pada seluruh 20 skenario sensitivitas (urutan peringkat stabil penuh pada 16 dari 20 skenario atau 80%), serta skor agregat alternatif A yang 9,37% lebih tinggi dibandingkan alternatif hasil pemilihan kriteria tunggal. Temuan tersebut menunjukkan bahwa PROMETHEE menghasilkan pemeringkatan jadwal yang dapat ditelusuri dan stabil, meskipun dampaknya terhadap kinerja proyek di lapangan belum diuji.

Kata kunci: Penjadwalan Proyek; PROMETHEE; Multi Criteria Decision Making; Uji Sensitivitas; Konstruksi

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi mendorong organisasi untuk mengganti pengambilan keputusan yang bersifat intuitif dengan pengambilan keputusan yang berbasis data. Salah satu bentuk penerapannya adalah Sistem Pendukung Keputusan (SPK), yaitu sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu penyelesaian permasalahan semi-terstruktur melalui kombinasi data, model, dan algoritma tertentu (Turban et al., 2011). Pada permasalahan yang melibatkan banyak kriteria yang saling bertentangan, pendekatan Multi-Criteria Decision Making (MCDM) digunakan untuk mengevaluasi dan memeringkat alternatif secara sistematis berdasarkan himpunan kriteria yang telah ditetapkan.

Proyek konstruksi memiliki kompleksitas yang tinggi karena melibatkan banyak aktivitas, tenaga kerja, biaya, peralatan, material, serta batas waktu penyelesaian yang saling terkait. Keterlambatan penyelesaian masih menjadi permasalahan yang umum terjadi dan berdampak langsung pada waktu, biaya, serta mutu pekerjaan. Oleh karena itu, penyusunan jadwal proyek tidak cukup hanya mempertimbangkan faktor durasi, tetapi juga perlu mempertimbangkan biaya, ketersediaan sumber daya, dan risiko pekerjaan secara bersamaan. Karakteristik inilah yang menempatkan penjadwalan proyek konstruksi sebagai persoalan multikriteria.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menerapkan PROMETHEE pada berbagai konteks pengambilan keputusan. Sari et al. (2024) menggunakan PROMETHEE II untuk menentukan prioritas rehabilitasi dan rekonstruksi pascabencana alam dan menunjukkan bahwa metode tersebut mampu menghasilkan urutan prioritas yang konsisten pada data multikriteria. Simbolon et al. (2023) menerapkan PROMETHEE II untuk menilai kelayakan pinjaman koperasi, sedangkan Maradona et al. (2025) menerapkan PROMETHEE pada

penilaian kelayakan pemberian kredit umum. Ketiga penelitian tersebut memperlihatkan bahwa PROMETHEE efektif dalam mengubah penilaian yang semula subjektif menjadi peringkat yang terukur.

Meskipun demikian, terdapat dua celah yang belum tertutup pada penelitian-penelitian tersebut. Pertama, objek penerapannya masih didominasi oleh persoalan seleksi penerima, pemilihan pemasok, dan penilaian kelayakan finansial, sementara penerapan pada penjadwalan proyek konstruksi dengan kriteria waktu, biaya, tenaga kerja, peralatan, dan risiko secara simultan masih terbatas. Kedua, sebagian besar penelitian tersebut berhenti pada penyajian peringkat akhir tanpa disertai pengujian lanjutan, baik berupa uji sensitivitas terhadap perubahan bobot maupun komparasi hasil dengan metode MCDM lain, sehingga kestabilan rekomendasi yang dihasilkan belum dapat dinilai. Berdasarkan kedua celah tersebut, penelitian ini memberikan tiga kontribusi, yaitu (1) penerapan PROMETHEE pada penjadwalan proyek konstruksi pada perusahaan jasa konstruksi skala kecil dan menengah, (2) penyusunan prosedur penentuan bobot kriteria yang terdokumentasi sehingga dasar penetapannya dapat ditelusuri, serta (3) penyediaan skenario pengujian dengan indikator eksplisit berupa verifikasi perhitungan, komparasi lintas metode, dan uji sensitivitas bobot.

CV Sekar Tama Construction merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa konstruksi bangunan gedung dan infrastruktur. Berdasarkan hasil wawancara dengan Manajer Proyek serta penelusuran dokumen proyek, penyusunan jadwal pada perusahaan ini masih dilakukan dengan bantuan lembar kerja spreadsheet dan sepenuhnya bergantung pada pertimbangan pengalaman, tanpa prosedur pembobotan kriteria yang baku. Kondisi tersebut menimbulkan beberapa permasalahan konkret. Berdasarkan hasil wawancara dengan Manajer Proyek dan penelaahan dokumen proyek, diketahui bahwa dari 15 proyek yang dikerjakan pada periode 2023–2025, sebanyak 6 proyek atau 40% mengalami keterlambatan penyelesaian dengan rata-rata 14 hari kalender. Selain itu, deviasi realisasi biaya terhadap nilai kontrak mencapai rata-rata 7%. Proses penyusunan satu alternatif jadwal membutuhkan waktu rata-rata 3 hari kerja karena masih dilakukan secara manual menggunakan spreadsheet. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses penjadwalan masih memiliki keterbatasan dalam mempertimbangkan berbagai kriteria secara terstruktur. Selain itu, penilaian terhadap alternatif jadwal selama ini hanya bertumpu pada kriteria durasi tercepat, sehingga kriteria biaya, ketersediaan peralatan, dan risiko pekerjaan tidak diperhitungkan secara eksplisit. Hal ini menyebabkan keputusan penjadwalan sulit ditelusuri kembali ketika terjadi penyimpangan pelaksanaan.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan akan sistem yang mampu mengolah beberapa kriteria secara terintegrasi dan menghasilkan keputusan yang dapat ditelusuri. PROMETHEE dipilih karena metode ini memiliki struktur perhitungan yang transparan, memberikan keleluasaan dalam penentuan bobot oleh pengambil keputusan, mampu membedakan arah preferensi kriteria berjenis benefit dan cost, serta menghasilkan pemeringkatan lengkap melalui nilai net flow.

Tujuan penelitian ini adalah menerapkan metode PROMETHEE pada Sistem Pendukung Keputusan penjadwalan proyek di CV Sekar Tama Construction, serta menguji kestabilan dan konsistensi peringkat alternatif jadwal yang dihasilkan melalui skenario pengujian yang terukur.

Metodologi Penelitian

A. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan studi kasus pada CV Sekar Tama Construction. Data yang digunakan terdiri atas dua jenis sebagai berikut.

- Data primer, diperoleh melalui wawancara terstruktur dengan Manajer Proyek untuk mengidentifikasi kriteria penilaian, arah preferensi tiap kriteria, dan skor tingkat kepentingan kriteria, serta melalui observasi terhadap proses penyusunan jadwal yang sedang berjalan.
- Data penelitian diperoleh melalui studi kasus pada CV Sekar Tama Construction. Data yang digunakan berupa data alternatif jadwal proyek, estimasi biaya, kebutuhan tenaga kerja, ketersediaan peralatan, dan tingkat risiko yang disusun berdasarkan karakteristik proses penjadwalan proyek konstruksi pada perusahaan. Data tersebut digunakan sebagai data uji penerapan metode PROMETHEE pada sistem pendukung keputusan yang dikembangkan.

Nilai setiap alternatif pada tiap kriteria disusun berdasarkan skenario penjadwalan proyek yang digunakan dalam penelitian. Kriteria yang digunakan terdiri dari durasi penyelesaian dalam hari kalender (C1), estimasi biaya proyek dalam satuan sepuluh juta rupiah (C2), jumlah kebutuhan tenaga kerja dalam orang (C3), tingkat ketersediaan peralatan dalam persen (C4), dan skor risiko proyek pada rentang 0–100 (C5). Karena penelitian ini menggunakan fungsi preferensi tipe usual yang hanya memperhatikan arah selisih dan bukan besarnya selisih, perbedaan satuan antarkriteria tidak memengaruhi hasil perhitungan sehingga normalisasi nilai tidak diperlukan.

B. Penentuan Kriteria, Jenis Atribut, dan Bobot

Kriteria penilaian ditetapkan berdasarkan hasil wawancara dengan Manajer Proyek dan diperkuat dengan kajian literatur penjadwalan proyek. Setiap kriteria diklasifikasikan menurut arah preferensinya. Kriteria berjenis cost adalah kriteria yang nilainya semakin kecil semakin baik, karena merepresentasikan beban yang harus ditanggung proyek, yaitu waktu penyelesaian, biaya proyek, kebutuhan tenaga kerja, dan risiko proyek. Sebaliknya, kriteria berjenis benefit adalah kriteria yang nilainya semakin besar semakin baik, yaitu ketersediaan peralatan, karena semakin tinggi ketersediaan peralatan semakin lancar pelaksanaan pekerjaan.

Bobot kriteria ditetapkan langsung oleh Manajer Proyek sebagai pemegang kewenangan penjadwalan melalui wawancara terstruktur, sesuai dengan sifat PROMETHEE yang memberikan keleluasaan kepada pengambil keputusan dalam menentukan bobot. Penetapan tersebut mengacu pada besarnya konsekuensi setiap kriteria terhadap kelangsungan proyek dan dibatasi oleh syarat berikut.

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \text{ dengan } 0 \leq w_j \leq 1$$

Keterangan: w_j adalah bobot kriteria ke- j dan m adalah jumlah kriteria. Karena penetapan bobot bersumber dari penilaian seorang pengambil keputusan, pengaruh bobot terhadap hasil pemeringkatan tidak diterima begitu saja, melainkan diuji melalui uji sensitivitas sebagaimana dijelaskan pada bagian D. Bobot yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

C. Tahapan Perhitungan PROMETHEE

Perhitungan PROMETHEE dalam penelitian ini dilakukan melalui enam tahapan berikut.

- a. Menentukan alternatif dan kriteria. Alternatif jadwal dinotasikan sebagai A_i dan kriteria penilaian dinotasikan sebagai C_j .
- b. Menghitung selisih nilai antaralternatif pada setiap kriteria melalui perbandingan berpasangan.

$$d_j(a,b) = f_j(a) - f_j(b)$$

Keterangan: $f_j(a)$ adalah nilai alternatif a pada kriteria ke- j ; $f_j(b)$ adalah nilai alternatif b pada kriteria ke- j ; dan $d_j(a,b)$ adalah selisih nilai keduanya pada kriteria ke- j .

- c. Menentukan nilai preferensi menggunakan fungsi preferensi tipe I (usual criterion). Karena penelitian ini melibatkan kriteria benefit dan cost, arah perbandingan dibedakan sebagai berikut.

$$\text{Untuk kriteria benefit: } P_j(a,b) = 1 \text{ jika } d_j(a,b) > 0 ; P_j(a,b) = 0 \text{ jika } d_j(a,b) \leq 0$$



Untuk kriteria cost: $P_j(a,b) = 1$ jika $d_j(a,b) < 0$; $P_j(a,b) = 0$ jika $d_j(a,b) \geq 0$

Nilai $P_j(a,b) = 0$ berarti alternatif a tidak lebih unggul daripada alternatif b pada kriteria ke-j, sedangkan nilai $P_j(a,b) = 1$ berarti alternatif a lebih diprioritaskan daripada alternatif b pada kriteria tersebut. Apabila kedua alternatif bernilai sama, preferensi bernilai 0 untuk kedua arah perbandingan.

- d. Menghitung indeks preferensi global sebagai jumlah nilai preferensi tiap kriteria yang telah dikalikan bobotnya.

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^m w_j \times P_j(a,b)$$

Keterangan: $\pi(a,b)$ adalah indeks preferensi global alternatif a terhadap alternatif b; w_j adalah bobot kriteria ke-j; $P_j(a,b)$ adalah nilai preferensi alternatif a terhadap b pada kriteria ke-j; dan m adalah jumlah kriteria. Nilai indeks preferensi global berada pada rentang 0 sampai 1, di mana nilai yang semakin besar menunjukkan dominasi alternatif a terhadap alternatif b yang semakin kuat.

- e. Menghitung leaving flow dan entering flow untuk setiap alternatif terhadap seluruh alternatif lainnya.

$$\varphi^+(a) = 1/(n-1) \times \sum_x \pi(a,x)$$

$$\varphi^-(a) = 1/(n-1) \times \sum_x \pi(x,a)$$

Keterangan: $\varphi^+(a)$ adalah leaving flow yang menunjukkan tingkat dominasi alternatif a terhadap alternatif lain, sehingga nilai yang semakin besar menunjukkan alternatif jadwal yang semakin baik; $\varphi^-(a)$ adalah entering flow yang menunjukkan tingkat dominasi alternatif lain terhadap alternatif a, sehingga nilai yang semakin kecil menunjukkan alternatif jadwal yang semakin baik; dan n adalah jumlah seluruh alternatif.

- f. Menghitung net flow dan menentukan peringkat akhir.

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

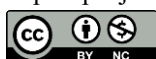
Keterangan: $\varphi(a)$ adalah net flow alternatif a. Alternatif jadwal proyek dengan nilai net flow positif berarti secara keseluruhan lebih banyak mengungguli alternatif jadwal lain, sedangkan alternatif jadwal dengan net flow negatif berarti lebih banyak diungguli alternatif jadwal lain. Alternatif jadwal proyek dengan nilai net flow tertinggi ditetapkan sebagai peringkat pertama dan menjadi rekomendasi jadwal terbaik.

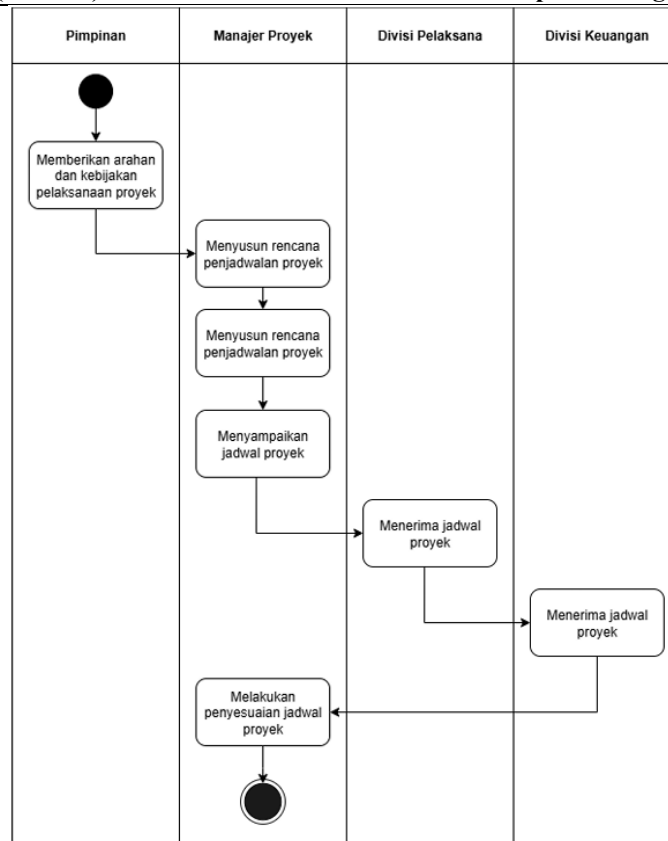
D. Mekanisme Pengujian Hasil

Agar rekomendasi yang dihasilkan dapat dinilai secara objektif, penelitian ini menetapkan empat skenario pengujian beserta indikator evaluasinya sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Skenario tersebut dirancang untuk menjawab tiga pertanyaan, yaitu apakah perhitungan sistem benar, apakah peringkat yang dihasilkan konsisten, dan apakah rekomendasi tersebut memberikan perbaikan dibandingkan cara pemilihan yang selama ini dijalankan perusahaan.

E. Sistem Berjalan

Sistem penjadwalan proyek di CV Sekar Tama Construction saat ini masih dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman dan arahan Manajer Proyek. Alur aktivitas sistem berjalan ditampilkan pada Gambar 1. Pada alur tersebut, Manajer Proyek menerima dokumen kontrak dan RAB, menyusun rencana jadwal pada lembar kerja, lalu mengajukannya kepada Pimpinan untuk disetujui. Penilaian alternatif jadwal tidak melalui proses pembobotan kriteria, sehingga keputusan bergantung pada pertimbangan satu orang dan tidak meninggalkan jejak perhitungan yang dapat ditelusuri kembali apabila terjadi revisi jadwal.

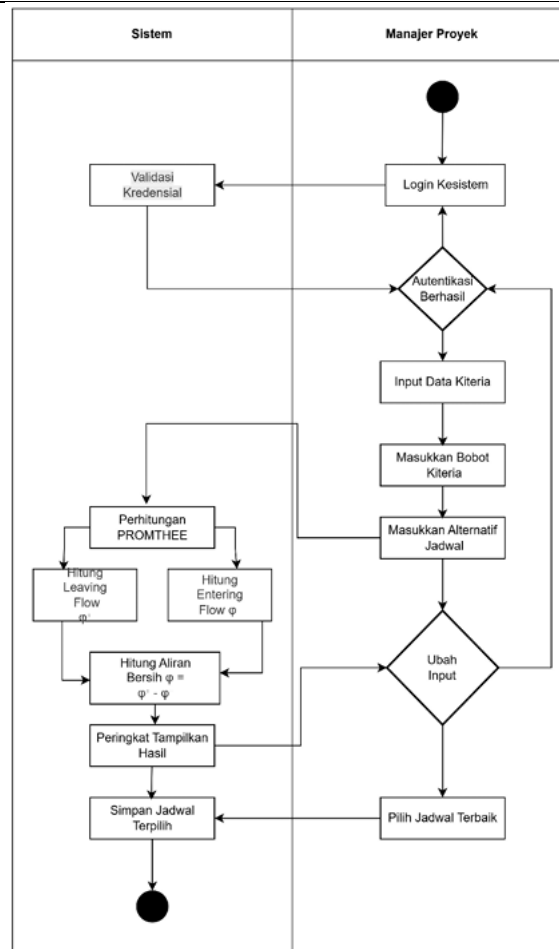




Gambar 1. Activity Diagram Sistem Berjalan

F. Sistem Usulan

Sistem usulan menempatkan perhitungan PROMETHEE sebagai bagian dari alur kerja penyusunan jadwal, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2. Perbedaan utama dengan sistem berjalan terletak pada tiga aktivitas tambahan, yaitu pemasukan data kriteria beserta bobotnya, pemasukan nilai tiap alternatif jadwal, dan proses perhitungan otomatis yang menghasilkan urutan peringkat. Dengan alur ini, Pimpinan Proyek menerima rekomendasi yang telah dilengkapi nilai leaving flow, entering flow, dan net flow sebagai dasar persetujuan, sehingga proses persetujuan tidak lagi bertumpu pada penilaian lisan.



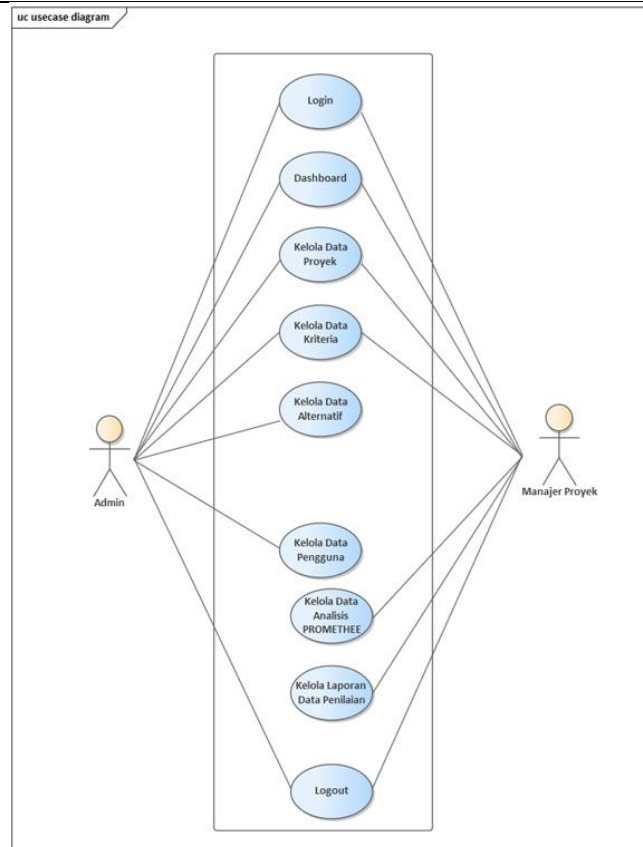
Gambar 2. Activity Diagram Sistem Usulan

Hasil dan Diskusi

Bagian ini menguraikan hasil perancangan sistem, hasil perhitungan PROMETHEE, serta hasil pengujian terhadap rekomendasi yang dihasilkan.

A. Use Case Diagram

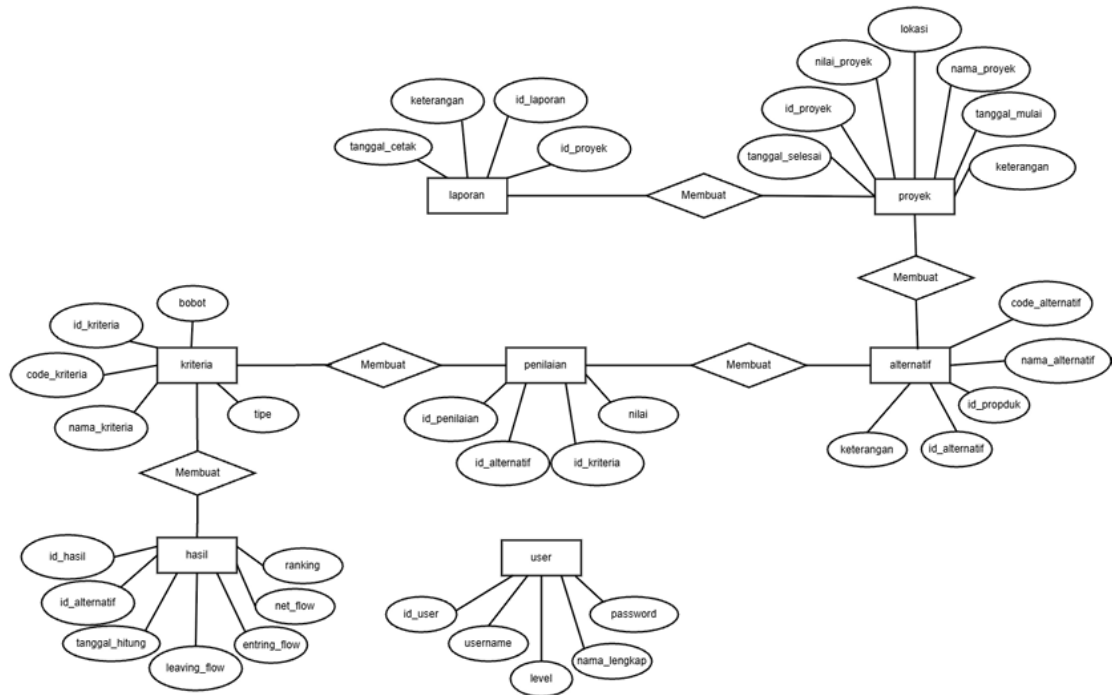
Gambar 3 menampilkan Use Case Diagram sistem yang dirancang. Terdapat dua aktor, yaitu Manajer Proyek dan Pimpinan. Manajer Proyek memiliki hak akses untuk mengelola data kriteria beserta bobotnya, mengelola data alternatif jadwal, memasukkan nilai penilaian, serta menjalankan proses perhitungan PROMETHEE. Pimpinan memiliki hak akses untuk melihat hasil pemeringkatan dan laporan rekomendasi jadwal. Pemisahan hak akses ini memastikan bahwa proses pemasukan data dan proses persetujuan keputusan dilakukan oleh pihak yang berbeda.



Gambar 3. Use Case Diagram

B. Entity Relationship Diagram (ERD)

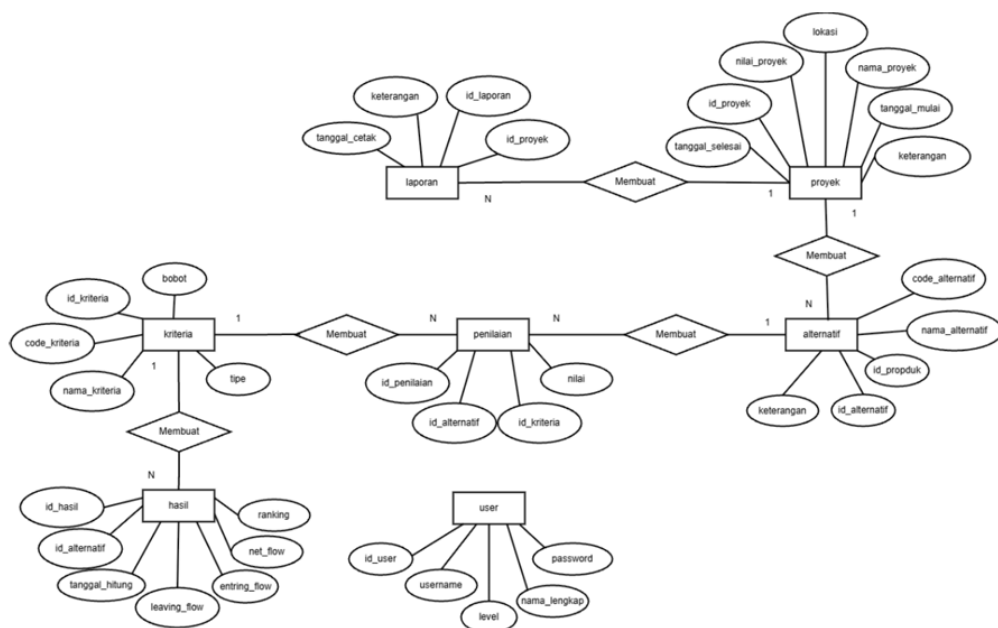
Gambar 4 menampilkan ERD yang menggambarkan hubungan antarentitas pada basis data sistem. Entitas utama meliputi data pengguna, kriteria, alternatif jadwal, dan penilaian. Entitas kriteria menyimpan nama kriteria, jenis atribut (benefit atau cost), dan bobot, sedangkan entitas alternatif menyimpan identitas alternatif jadwal. Relasi antara alternatif dan kriteria bersifat banyak ke banyak dan diwujudkan melalui entitas penilaian, karena setiap alternatif jadwal memiliki satu nilai untuk setiap kriteria. Struktur ini memungkinkan penambahan kriteria baru tanpa mengubah struktur tabel alternatif.



Gambar 4. Entity Relationship Diagram (ERD)

C. Transformasi ERD ke Logical Record Structure

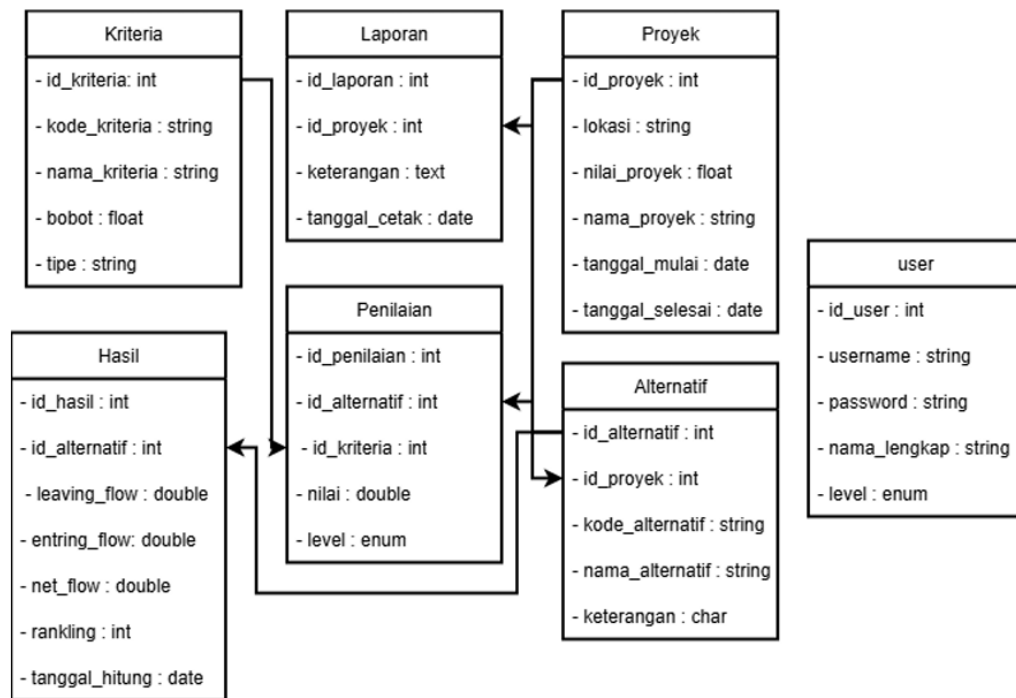
Gambar 5 menampilkan proses transformasi ERD menjadi Logical Record Structure (LRS). Pada tahap ini, setiap entitas diterjemahkan menjadi tabel, atribut kunci utama ditetapkan, dan relasi banyak ke banyak antara alternatif dan kriteria dipecah menjadi tabel penghubung yang memuat kunci tamu dari kedua tabel induknya. Transformasi ini diperlukan agar rancangan konseptual dapat diimplementasikan pada sistem basis data relasional tanpa duplikasi data.



Gambar 5. Transformasi Entity Relationship Diagram to Logical Record Structure

D. Logical Record Structure (LRS)

Gambar 6 menampilkan LRS hasil transformasi yang telah dinormalisasi. Struktur tersebut terdiri atas tabel pengguna, tabel kriteria, tabel alternatif, dan tabel penilaian, yang dihubungkan melalui kunci tamu. Nilai bobot disimpan pada tabel kriteria sehingga perubahan bobot cukup dilakukan pada satu tempat dan langsung memengaruhi seluruh perhitungan. Rancangan ini menjadi dasar implementasi basis data pada sistem pendukung keputusan penjadwalan proyek.



Gambar 6. Logical Record Structure (LRS)

E. Penentuan Kriteria, Jenis Atribut, dan Bobot

Tabel 1 menyajikan kriteria penilaian beserta jenis atribut, bobot, dan dasar pertimbangan penetapan bobotnya. Waktu penyelesaian memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,30 karena denda keterlambatan merupakan risiko finansial terbesar bagi perusahaan, diikuti biaya proyek sebesar 0,25 yang berkaitan langsung dengan margin kontrak. Kebutuhan tenaga kerja, ketersediaan peralatan, dan risiko proyek dinilai memiliki tingkat kepentingan yang setara sehingga masing-masing memperoleh bobot 0,15, dan jumlah seluruh bobot sama dengan satu.

Tabel 1. Kriteria, Jenis Atribut, Bobot, dan Dasar Pertimbangan

Kode	Nama Kriteria	Jenis	Bobot (w_j)	Dasar Pertimbangan
C1	Waktu Penyelesaian Proyek	Cost	0,30	Keterlambatan menimbulkan denda kontrak
C2	Biaya Proyek	Cost	0,25	Berpengaruh langsung pada margin kontrak
C3	Kebutuhan Tenaga Kerja	Cost	0,15	Terkait ketersediaan tenaga kerja terampil
C4	Ketersediaan Peralatan	Benefit	0,15	Menentukan kelancaran pelaksanaan pekerjaan

Kode	Nama Kriteria	Jenis	Bobot (w_j)	Dasar Pertimbangan
C5	Risiko Proyek	Cost	0,15	Terkait potensi pekerjaan ulang dan mutu
	Total		1,00	

F. Skenario dan Indikator Pengujian

Tabel 2 menyajikan skenario pengujian beserta indikator evaluasi dan kriteria keberhasilannya.

Tabel 2. Skenario Pengujian dan Indikator Evaluasi

Skenario	Tujuan	Indikator Evaluasi	Kriteria Berhasil
S1. Verifikasi perhitungan	Memastikan keluaran sistem sama dengan perhitungan manual	Selisih absolut nilai net	Selisih = 0,000
S2. Komparasi lintas metode	Menilai konsistensi peringkat terhadap metode MCDM lain (SAW dan WP)	Koefisien korelasi peringkat Spearman (ρ)	$\rho \geq 0,80$
S3. Uji sensitivitas bobot	Menilai kestabilan peringkat terhadap perubahan bobot $\pm 10\%$ dan $\pm 20\%$	Persentase skenario dengan peringkat tidak berubah	Alternatif terbaik tetap peringkat 1
S4. Komparasi terhadap praktik konvensional	Menilai perbaikan pemilihan berbasis kriteria tunggal (durasi tercepat)	Selisih skor kinerja agregat terbobot	Skor alternatif rekomendasi lebih tinggi

G. Tahap Perhitungan PROMETHEE

Perhitungan dilakukan terhadap empat alternatif jadwal proyek yang disusun oleh Manajer Proyek, yaitu alternatif A sampai D. Setiap alternatif merepresentasikan kombinasi urutan pekerjaan, jumlah tenaga kerja, dan pola penggunaan peralatan yang berbeda sebagaimana diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Deskripsi Alternatif Jadwal Proyek

Kode	Deskripsi Alternatif Jadwal
A	Jadwal seimbang dengan pekerjaan struktur dan arsitektur dikerjakan sebagian paralel, menggunakan peralatan milik sendiri
B	Jadwal dipercepat pada pekerjaan finishing dengan penambahan tenaga kerja dan sewa peralatan tambahan
C	Jadwal terpadat dengan seluruh pekerjaan utama dikerjakan paralel dan lembur pada pekerjaan struktur
D	Jadwal bertahap mengikuti termin pembayaran, pekerjaan dikerjakan berurutan tanpa lembur

Deskripsi alternatif pada Tabel 3 dan nilai pada Tabel 4 merupakan skenario alternatif jadwal yang disusun berdasarkan karakteristik umum penjadwalan proyek konstruksi pada CV Sekar Tama Construction. Skenario tersebut digunakan sebagai data pengujian untuk mengevaluasi penerapan metode PROMETHEE pada sistem pendukung keputusan yang dikembangkan.

Tabel 4 menyajikan matriks penilaian keempat alternatif dalam satuan aslinya. Nilai C1 menyatakan durasi penyelesaian dalam hari kalender, C2 menyatakan biaya proyek dalam satuan sepuluh juta rupiah, C3 menyatakan jumlah tenaga kerja dalam orang, C4 menyatakan tingkat ketersediaan peralatan dalam persen, dan C5 menyatakan skor risiko proyek pada rentang 0–100.



Tabel 4. Matriks Penilaian Alternatif Jadwal Proyek

Alternatif	C1 (hari)	C2 (Rp10 juta)	C3 (orang)	C4 (%)	C5 (skor)
A	80	75	70	85	75
B	90	70	75	80	70
C	75	90	80	70	85
D	75	80	78	82	80
Jenis atribut	Cost	Cost	Cost	Benefit	Cost

Tahap berikutnya adalah menghitung selisih nilai antaralternatif dan menentukan nilai preferensinya menggunakan fungsi preferensi tipe usual sebagaimana dijelaskan pada bagian metodologi. Tabel 5 menyajikan contoh perhitungan pada kriteria Waktu Penyelesaian Proyek (C1) yang berjenis cost, sehingga alternatif dengan skor lebih kecil memperoleh nilai preferensi 1. Sebagai contoh, pasangan A terhadap B menghasilkan $d = 80 - 90 = -10$ sehingga $P(A,B) = 1$, sedangkan pasangan C terhadap D menghasilkan $d = 75 - 75 = 0$ sehingga kedua arah perbandingan bernilai 0 karena tidak terdapat perbedaan preferensi.

Tabel 5. Selisih Nilai dan Nilai Preferensi pada Kriteria C1

Pasangan (a, b)	f(a)	f(b)	d(a,b)	P(a,b)
A – B	80	90	-10	1
B – A	90	80	10	0
A – C	80	75	5	0
C – A	75	80	-5	1
A – D	80	75	5	0
D – A	75	80	-5	1
B – C	90	75	15	0
C – B	75	90	-15	1
B – D	90	75	15	0
D – B	75	90	-15	1
C – D	75	75	0	0
D – C	75	75	0	0

Prosedur yang sama diterapkan pada kriteria C2 sampai C5 dengan memperhatikan jenis atributnya. Hasil rekapitulasi nilai preferensi seluruh kriteria disajikan pada Tabel 6. Baris A terhadap D, misalnya, bernilai 0 pada C1 karena skor waktu alternatif A (80) lebih besar daripada alternatif D (75) pada kriteria berjenis cost, dan bernilai 1 pada C4 karena skor ketersediaan peralatan alternatif A (85) lebih besar daripada alternatif D (82) pada kriteria berjenis benefit.

Tabel 6. Nilai Preferensi Multikriteria Antaralternatif

Pasangan (a, b)	C1	C2	C3	C4	C5
A – B	1	0	1	1	0
B – A	0	1	0	0	1
A – C	0	1	1	1	1
C – A	1	0	0	0	0
A – D	0	1	1	1	1
D – A	1	0	0	0	0
B – C	0	1	1	1	1
C – B	1	0	0	0	0



Pasangan (a, b)	C1	C2	C3	C4	C5
B – D	0	1	1	0	1
D – B	1	0	0	1	0
C – D	0	0	0	0	0
D – C	0	1	1	1	1

Indeks preferensi global dihitung dengan mengalikan nilai preferensi pada Tabel 6 dengan bobot masing-masing kriteria. Sebagai contoh, $\pi(A,B) = (0,30 \times 1) + (0,25 \times 0) + (0,15 \times 1) + (0,15 \times 1) + (0,15 \times 0) = 0,60$. Hasil perhitungan untuk seluruh pasangan disajikan pada Tabel 7, dengan baris menunjukkan alternatif pembanding dan kolom menunjukkan alternatif yang dibandingkan.

Tabel 7. Matriks Indeks Preferensi Global

Alternatif	A	B	C	D
A	–	0,60	0,70	0,70
B	0,40	–	0,70	0,55
C	0,30	0,30	–	0,00
D	0,30	0,45	0,70	–

Nilai leaving flow, entering flow, dan net flow dihitung dari Tabel 7 dengan pembagi $n - 1 = 3$. Sebagai contoh, $\varphi^+(A) = (0,60 + 0,70 + 0,70) / 3 = 0,667$ dan $\varphi^-(A) = (0,40 + 0,30 + 0,30) / 3 = 0,333$, sehingga $\varphi(A) = 0,667 - 0,333 = 0,333$. Hasil perhitungan seluruh alternatif disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Leaving Flow, Entering Flow, Net Flow, dan Peringkat

Alternatif	Leaving Flow (φ^+)	Entering Flow (φ^-)	Net Flow (φ)	Peringkat
A	0,667	0,333	0,333	1
B	0,550	0,450	0,100	2
D	0,483	0,417	0,067	3
C	0,200	0,700	-0,500	4

Tabel 8 menunjukkan bahwa alternatif A menempati peringkat pertama dengan net flow 0,333, diikuti alternatif B (0,100), alternatif D (0,067), dan alternatif C (-0,500). Keunggulan alternatif A bersumber dari kombinasi skor biaya, kebutuhan tenaga kerja, ketersediaan peralatan, dan risiko yang lebih baik daripada sebagian besar alternatif lain, meskipun skor waktunya bukan yang terbaik. Sebaliknya, alternatif C memperoleh net flow terendah karena hanya unggul pada kriteria waktu dan kalah pada empat kriteria lainnya. Perlu dicatat bahwa jarak antara alternatif B dan alternatif D relatif kecil (0,033), sehingga kedua alternatif tersebut dapat dianggap hampir setara dan berpotensi bertukar posisi apabila bobot kriteria berubah. Temuan ini menjadi dasar dilakukannya uji sensitivitas pada bagian berikutnya.

H. Hasil Pengujian

Skenario S1 dilakukan dengan membandingkan keluaran sistem terhadap perhitungan manual menggunakan data yang sama. Hasilnya, seluruh nilai net flow yang dihasilkan sistem identik dengan hasil perhitungan manual pada Tabel 8 dengan selisih absolut 0,000 untuk keempat alternatif, sehingga implementasi algoritma pada sistem dinyatakan terverifikasi.

Skenario S2 dilakukan dengan memeringkat alternatif yang sama menggunakan metode Simple Additive Weighting (SAW) dan Weighted Product (WP) pada bobot dan data yang identik. Hasil komparasi disajikan pada Tabel 9. Ketiga metode menghasilkan urutan peringkat yang sama, yaitu A, B, D, C, dengan koefisien korelasi peringkat Spearman sebesar 1,000 terhadap kedua metode pembanding. Hal ini

menunjukkan bahwa peringkat yang dihasilkan PROMETHEE tidak bergantung pada pilihan metode agregasi tertentu.

Tabel 9. Komparasi Peringkat PROMETHEE, SAW, dan Weighted Product

f	Alternati	Net Flow PROMETHEE	Peringkat	SAW	Skor	Peringkat	WP	Skor	Peringkat
	A	0,333	1	6	0,954	1	4	0,259	1
	B	0,100	2	2	0,931	2	5	0,252	2
	D	0,067	3	3	0,929	3	0	0,252	3
	C	-0,500	4	8	0,872	4	2	0,236	4
	Koefisien Spearman (ρ)	—	—		1,000	—		1,000	—

Skenario S3 dilakukan dengan mengubah bobot setiap kriteria sebesar -20% , -10% , $+10\%$, dan $+20\%$ secara bergantian, kemudian menormalisasi kembali seluruh bobot dan menghitung ulang net flow. Dua puluh skenario perubahan bobot diuji dan hasilnya dirangkum pada Tabel 10. Alternatif A tetap menempati peringkat pertama pada seluruh 20 skenario (100%), sedangkan urutan peringkat secara keseluruhan tetap sama pada 16 dari 20 skenario (80%). Perubahan urutan hanya terjadi pada pertukaran posisi alternatif B dan D, yaitu ketika bobot C1 dinaikkan serta ketika bobot C2 atau C5 diturunkan. Temuan ini konsisten dengan selisih net flow keduanya yang memang kecil dan menegaskan bahwa rekomendasi utama bersifat stabil, sementara peringkat kedua dan ketiga bersifat sensitif terhadap bobot.

Tabel 10. Hasil Uji Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria

Kriteria yang diubah		-20%	-10%	$+10\%$	$+20\%$	Peringkat 1 berubah?
C1 (Waktu Penyelesaian)	C	A-B-D-C	A-B-D-C	A-D-B-C	A-D-B-C	Tidak
C2 (Biaya Proyek)	C	A-D-B-C	A-B-D-C	A-B-D-C	A-B-D-C	Tidak
C3 (Kebutuhan Tenaga Kerja)	C	A-B-D-C	A-B-D-C	A-B-D-C	A-B-D-C	Tidak
C4 (Ketersediaan Peralatan)	C	A-B-D-C	A-B-D-C	A-B-D-C	A-B-D-C	Tidak
C5 (Risiko Proyek)	C	A-D-B-C	A-B-D-C	A-B-D-C	A-B-D-C	Tidak
Stabilitas penuh	urutan 20 (80%)	16 dari skenario				100%

Skenario S4 dilakukan dengan membandingkan rekomendasi PROMETHEE terhadap praktik pemilihan yang selama ini dijalankan perusahaan, yaitu memilih jadwal dengan durasi tercepat. Pada data penelitian ini, pemilihan berbasis kriteria tunggal tersebut akan mengarah pada alternatif C atau D yang memiliki skor waktu terbaik. Dengan menggunakan skor kinerja agregat terbobot sebagai indikator, alternatif A memperoleh skor 0,9546, sedangkan alternatif C memperoleh 0,8728 dan alternatif D memperoleh 0,9293. Dengan demikian, alternatif yang direkomendasikan PROMETHEE memiliki skor agregat 9,37% lebih tinggi dibandingkan alternatif C dan 2,72% lebih tinggi dibandingkan alternatif D.

Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan berbasis kriteria tunggal berpotensi menghasilkan jadwal yang lebih lemah ketika seluruh kriteria diperhitungkan secara proporsional.

I. Diskusi

Hasil penelitian ini memperkuat temuan Sari et al. (2024), Simbolon et al. (2023), dan Maradona et al. (2025) bahwa PROMETHEE mampu menghasilkan pemeringkatan yang terukur pada persoalan multikriteria. Namun demikian, penelitian ini berbeda dalam dua hal. Pertama, objek penerapannya adalah penjadwalan proyek konstruksi yang melibatkan kriteria waktu, biaya, tenaga kerja, peralatan, dan risiko secara bersamaan, sedangkan ketiga penelitian tersebut berfokus pada persoalan seleksi penerima dan penilaian kelayakan finansial. Kedua, penelitian terdahulu umumnya berhenti pada penyajian peringkat akhir, sementara penelitian ini menambahkan uji sensitivitas bobot dan komparasi lintas metode sebagai bagian dari pengujian. Penambahan tersebut penting karena hasil uji sensitivitas memperlihatkan bahwa tidak seluruh bagian peringkat memiliki tingkat kestabilan yang sama, sehingga peringkat yang disajikan tanpa uji sensitivitas berisiko ditafsirkan lebih pasti daripada kondisi sebenarnya. Ringkasan posisi penelitian ini terhadap penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Posisi Penelitian terhadap Penelitian Terdahulu

Penelitian	Objek	Metode	Uji Sensitivitas	Komparasi Lintas Metode
Sari et al. (2024)	Prioritas rehabilitasi pascabencana	PROMETHEE	Tidak	Tidak
Simbolon et al. (2023)	Kelayakan pinjaman koperasi	PROMETHEE	Tidak	Tidak
Maradona et al. (2025)	Kelayakan pemberian kredit	PROMETHEE	Tidak	Tidak
Penelitian ini	Penjadwalan proyek konstruksi	PROMETHEE	Ya ($\pm 10\%$, $\pm 20\%$)	Ya (SAW dan WP)

J. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah alternatif yang dievaluasi terbatas pada empat alternatif jadwal sehingga hasil pemeringkatan belum menggambarkan perilaku metode pada jumlah alternatif yang besar. Kedua, bobot kriteria bersumber dari penilaian satu orang pengambil keputusan sehingga masih memuat unsur subjektivitas, meskipun prosedurnya telah didokumentasikan. Ketiga, fungsi preferensi yang digunakan terbatas pada tipe usual sehingga besarnya selisih nilai antaralternatif tidak memengaruhi derajat preferensi. Keempat, pengujian yang dilakukan bersifat komputasional dan belum mencakup implementasi jadwal terpilih di lapangan, sehingga pengaruhnya terhadap durasi aktual dan realisasi biaya proyek belum dapat diukur.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Metode PROMETHEE berhasil diterapkan pada Sistem Pendukung Keputusan penjadwalan proyek di CV Sekar Tama Construction menggunakan lima kriteria, yaitu waktu penyelesaian, biaya proyek, kebutuhan tenaga kerja, ketersediaan peralatan, dan risiko proyek, dengan bobot yang ditetapkan oleh Manajer Proyek melalui wawancara terstruktur yang terdokumentasi dan diuji kestabilannya.

2. Hasil perhitungan menempatkan alternatif A sebagai jadwal dengan net flow tertinggi sebesar 0,333, diikuti alternatif B (0,100), alternatif D (0,067), dan alternatif C (-0,500).
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keluaran sistem identik dengan perhitungan manual (selisih 0,000), peringkat yang dihasilkan konsisten dengan metode SAW dan Weighted Product (koefisien Spearman 1,000), serta alternatif A tetap menempati peringkat pertama pada seluruh 20 skenario perubahan bobot, dengan urutan peringkat stabil penuh pada 16 skenario (80%).
4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode PROMETHEE dapat memberikan dasar pemeringkatan alternatif dengan mempertimbangkan beberapa kriteria secara bersamaan.

Pengujian dalam penelitian ini bersifat komputasional, sehingga klaim mengenai optimalisasi sumber daya maupun pencegahan keterlambatan proyek belum dapat ditarik. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan jadwal terpilih pada proyek nyata dan mengukur deviasi durasi serta deviasi biaya terhadap rencana, memperluas jumlah alternatif dan responden pembobotan, serta membandingkan penggunaan tipe fungsi preferensi lain seperti linear dan Gaussian.

Referensi

- Abonyi, J., Czvetkó, T., Kosztyán, Z. T., & Héberger, K. (2022). Factor analysis, sparse PCA, and Sum of Ranking Differences-based improvements of the Promethee-GAIA multicriteria decision support technique. *PLOS ONE*, 17(2), e0264277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264277>
- Maradona, H., Sukrianto, D., & Maulana, D. A. (2025). Sistem pendukung keputusan kelayakan pemberian kredit umum menggunakan metode PROMETHEE. *Riau Jurnal Teknik Informatika*, 4(2), 374–376.
- Moreira, M. Â. L., Gomes, C. F. S., Santos, M., & Silva Júnior, A. C. (2022). Sensitivity Analysis by the PROMETHEE-GAIA method: Algorithms evaluation for COVID-19 prediction. *Procedia Computer Science*, 199, 431–438. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.052>
- Nawi, M. N. M., Omar, M. F., Odeh, R. A., Hanafi, A. G., Nifa, F. A. A., & Rahim, M. K. I. A. (2024). A Conceptual Approach of an Integrated Multi Criteria Decision Making Techniques and Deep Learning for Construction Project Managers Selection Problem. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(13), 166–178. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i13.49119>
- Nithya, N. S., Thota, S., Rathour, L., et al. (2024). A new multi-criteria decision making method for the selection of construction contractors using interval valued fuzzy set. *BMC Research Notes*, 17, 113. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06769-w>
- Sari, A. Y., Faozi, N., & Cholil, S. R. (2024). Sistem pendukung keputusan menentukan prioritas rehabilitasi dan rekonstruksi pasca bencana alam menggunakan metode PROMETHEE II. *Jurnal Tekno Kompak*, 18(1). <https://doi.org/10.33365/jtk.v18i1.3883>
- Simbolon, H. G., Maya, W. R., & Affandi, E. (2023). Metode PROMETHEE II dalam menentukan kelayakan pinjaman koperasi pegawai negeri sipil. *Jurnal Sistem Informasi TGD*, 2(2), 239–248.
- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2011). *Decision support and business intelligence systems*. Pearson.
- Zhan, Z., Hu, Y., Xia, P., & Ding, J. (2024). Multi-Objective Optimization in Construction Project Management Based on NSGA-III: Pareto Front Development and Decision-Making. *Buildings*, 14(7), 2112. <https://doi.org/10.3390/buildings14072112>
- Zohrehvandi, M., Zohrehvandi, S., Khalilzadeh, M., Amiri, M., Jolai, F., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2024). A Multi-Objective Mathematical Programming Model for Project-Scheduling Optimization Considering Customer Satisfaction in Construction Projects. *Mathematics*, 12(2), 211. <https://doi.org/10.3390/math12020211>

