

PREDIKSI KINERJA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK

Ragil Purnamasari¹, Mohamad Khoiri¹, Ahmad Yusuf Zuhdy¹, Aan Fauzi¹

Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember¹

Koresponden*, Email: ragil.purnamasari@its.ac.id

ABSTRAK

Kinerja proyek konstruksi ditentukan oleh banyak indikator. Salah satu indikator yang menentukan kinerja proyek adalah proyek dapat diserahkan sesuai jadwal. Untuk bisa menjalankan proyek konstruksi tepat waktu, indikator yang tepat harus memiliki hasil yang maksimal. Dari semua indikator yang ada, perlu dilakukan analisa sehingga seorang pemimpin bisa mengambil keputusan yang tepat untuk mengatasi keterlambatan proyek. Analisa *Key Performance Index* (KPI) Proyek dilakukan dengan cara menganalisa keterkaitan antar KPI dan menyimpulkan susunan KPI yang paling mempengaruhi keterlambatan proyek. Membuat 4 macam scenario sesuai dengan contoh kasus yang diambil, kemudian mengolah dengan KPI sehingga didapatkan skenario yang paling memungkinkan untuk bisa dilakukan pada percepatan contoh kasus.

Kata kunci : kinerja proyek, prediksi, pengambilan keputusan, pendekatan sistem dinamik

ABSTRACT

Numerous variables influence the construction project performance. The ability to complete the project on schedule is one of the metrics used to assess its performance. The best indications must yield the greatest outcomes in order to complete construction projects on schedule. Analysis of all the available indications is necessary so that a leader may choose the most beneficial strategy of action to avoid project delays. In order to determine which Key Performance Index (KPI)s are arranged in the most effective way to affect project delays, project KPI analysis is conducted. Based on the case examples that were taken, four different types of scenarios are created and proceed using KPIs so that the most likely scenario may be used to expedite the case examples.

Keywords : *project performance, forecasting, decision making, system dynamic approach*

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan proyek konstruksi menjadi tujuan utama bagi pelaku industri konstruksi. Keberhasilan proyek umumnya hanya dinilai dari 3 indikator, yaitu ketepatan waktu, kualitas, dan biaya yang sesuai dengan anggaran [1]. Hingga saat ini tidak ada peraturan khusus yang menetapkan level keberhasilan proyek. Meskipun demikian, banyak indikator lain yang bisa digunakan untuk menilai kesuksesan sebuah proyek konstruksi. Indikator tersebut terbagi menjadi 2, yaitu indikator yang dapat dinilai secara kuantitatif dan kualitatif. Indikator yang dapat ditentukan secara kuantitatif bersifat lebih objektif dan dapat diukur. Indikator tersebut antara lain : keuangan, profit, safety, indeks kepuasan pelanggan, dan indeks kepuasan tim [2]. Sedangkan kualitatif indikator yang

perlu dimiliki setiap proyek seperti keterlibatan tim di dalam proyek, respon manajer proyek atas kebutuhan tim, akses pada laporan proyek, serta komunikasi yang efektif [2].

Key Performance Indicators (KPI) adalah alat penting untuk mengidentifikasi, mengukur, dan memitigasi keterlambatan proyek [3]. Dengan menggunakan KPI yang relevan, tim proyek dapat memantau dan mengelola proyek secara efektif untuk menghindari atau mengurangi keterlambatan. Dengan mengidentifikasi perbedaan antara rencana dan kinerja aktual, tim proyek dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk menjaga proyek berjalan sesuai jadwal.

Tingginya angka keterlambatan proyek Gedung di Indonesia masih kerap terjadi, karena tidak diimbangi dengan upaya langkah percepatan [4]. Upaya ini seharusnya bisa

dilaksanakan jika pemangku kepentingan dalam proyek mampu memetakan kondisi dan membuat keputusan yang tepat dalam upaya perbaikan kinerja proyek.

Sehingga diperlukan pedoman untuk bisa membantu pimpinan proyek dalam mengambil keputusan yang bertujuan meningkatkan kinerja proyek. Pendekatan yang disajikan dalam penelitian ini adalah dengan cara memfokuskan pada indikator yang sesuai dengan karakteristik proyek, kemudian melakukan evaluasi pada indikator tersebut. Dengan cara ini, kinerja proyek pada tahap akhir dapat diestimasi.

Beberapa penelitian telah membahas tentang metode proyeksi kinerja proyek. Metode yang paling umum adalah menggunakan *Earned Value Management* (EVM). Namun EVM hanya menekankan pada aspek biaya dan waktu [5]. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan untuk menambahkan indikator tambahan guna memastikan bahwa pertimbangan yang dilakukan oleh pemangku kebijakan proyek menjadi lebih komprehensif [6]. Penerapan beragam pertimbangan dalam proyeksi kinerja telah umum dilakukan di berbagai sektor, contohnya dalam industri manufaktur, dengan memanfaatkan pendekatan *System Dynamic approach* (SD) [3].

SD dianggap sebagai alat yang efisien dalam mengevaluasi situasi dengan tujuan menghasilkan keputusan yang efektif. Pendekatan SD dapat diterapkan dalam proyek konstruksi karena proyek konstruksi melibatkan banyak komponen yang saling terkait dan memiliki kompleksitas tertentu. Dinamika proyek konstruksi seringkali sangat dinamis, melibatkan beragam proses, hubungan non-linear, serta data kualitatif dan kuantitatif yang berlimpah.

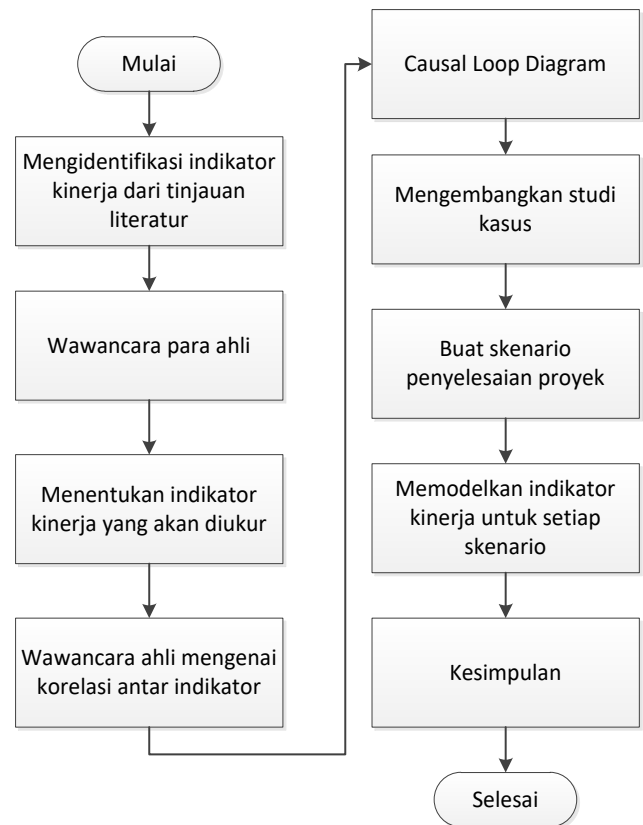
Melalui penerapan pendekatan yang lebih canggih, seperti Sistem Dinamis (SD), penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai sarana yang baru bagi pihak-pihak yang memiliki kepentingan dalam proyek konstruksi. Hal ini mencakup kemampuan untuk menggambarkan kondisi proyek secara rinci, selanjutnya merancang alternatif-alternatif yang dapat menjadi landasan untuk pengambilan keputusan dalam upaya perbaikan proyek. Seluruh proses ini dilakukan dengan mempertimbangkan gambaran menyeluruh dari keadaan proyek.

2. METODE

Identifikasi Indikator Keberhasilan Proyek

Indikator kesuksesan proyek yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari literatur sebelumnya dan telah dikompilasi menjadi data seperti yang tercantum dalam Tabel 1. Penelitian ini menjalani pendekatan studi kasus terhadap proyek konstruksi gedung di Indonesia. Gambar 1

menjelaskan tentang metode penelitian yang digunakan. Berdasarkan data dalam Tabel 1, dilakukan wawancara semi-terstruktur dengan sejumlah pakar yang terlibat dalam proyek studi kasus tersebut. Hasil wawancara tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan lima indikator utama yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini.



Gambar 1. Metode Penelitian

Identifikasi Korelasi Antar Indikator

Korelasi antara berbagai indikator diperoleh melalui pelaksanaan wawancara tindak lanjut dengan para pemangku kepentingan dalam proyek tersebut. Tujuan utama dari proses wawancara ini adalah untuk memperoleh informasi yang memungkinkan yang bertujuan untuk mengidentifikasi korelasi antara berbagai indikator, dan data yang dihimpun akan digunakan sebagai dasar dalam pembentukan model yang menggambarkan hubungan antar indikator. Para pihak yang diwawancarai dalam proyek ini mencakup sejumlah posisi, termasuk manajer proyek, manajer lapangan, manajer teknis, manajer QC (Quality Control), serta manajer keselamatan (safety manager). Hasil korelasi antar indikator dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 1. Indikator Keberhasilan Proyek

Sumber	Indikator Keberhasilan																		
	Biaya	Waktu	Kualitas	Profit	Keselamatan Kerja	Lingkungan	Kepuasan Tim	Kepuasan Pelanggan	Material	Tenaga Kerja	Keuangan	Kontrak	Manajerial	Komunikasi	Metode Kerja	Produktivitas	Pemasaran	Fleksibilitas dan Inovasi	Perencanaan Pra-Konstruksi
[6]			√		√					√	√			√	√				
[17]	√	√	√	√		√		√			√								
[18]		√										√							
[2]	√	√	√	√	√			√		√									
[19]	√	√	√		√			√				√				√			
[20]	√		√					√									√	√	
[21]		√	√		√			√	√						√				
[3]	√	√	√	√	√	√													
[22]	√	√	√										√	√					
[4]	√		√							√				√					√
[23]						√	√			√			√						

Sumber : Hasil Analisis

Indikator Kinerja Proyek

Dari proses kajian pustaka dan wawancara didapatkan 5 indikator sebagai indikator utama. Indikator kinerja proyek yang diusulkan meliputi biaya, schedule, kualitas, keselamatan kerja, dan kepuasan pelanggan. Indikator tersebut memiliki perhitungan dan dapat dihitung secara kuantitas. Tetapi untuk kepuasan pelanggan merupakan elemen subjektif.

Tabel 2. Hubungan antar Indikator

Indikator Mempengaruhi	Indikator Terpengaruh	Polaritas	Sumber
Biaya	Profit	+	
Biaya	Kepuasan Tim	+	
Biaya	Kepuasan Pelanggan	+	[7]
Biaya	Keuangan/arus kas	+	
Waktu	Biaya	+	
Waktu	Kepuasan Pelanggan	+	[7]
Waktu	Keuangan/arus kas	+	
Waktu	Pemasaran	+	
Kualitas	Kepuasan Tim	+	[8]
Kualitas	Kepuasan Pelanggan	+	[7]
Profit	Biaya	+	
Profit	Kepuasan Tim	+	
Profit	Keuangan	+	
Keselamatan Kerja	Kepuasan Tim	+	[8]
	Keselamatan Kerja	+	[9]
Lingkungan	Kepuasan Tim	+	[8]
Komunikasi	Kepuasan Tim	+	[8]
Komunikasi	Kepuasan Pelanggan	+	[7]
Respond to complaints	Kepuasan Pelanggan	+	[7]
	Keselamatan Kerja	+	
Business literacy	Kerja	+	[9]
	Keselamatan Kerja	+	
Manajemen	Kerja	+	[9]
	Kepuasan Pelanggan	+	
Ekspektasi	Pelanggan	+	[10]

Indikator Mempengaruhi	Indikator Terpengaruh	Polaritas	Sumber
	Kepuasan Pelanggan	+	[10]
Perception	Pelanggan	+	[11]
Produktivitas	Biaya	+	[11]
Produktivitas	Waktu	+	[11]
Perubahan	Biaya	-	[11]
Desain		-	[11]
Perubahan	Waktu	-	[11]
Desain		-	[11]
Perencanaan	Biaya	-	[11]
Tidak Memadai		-	[11]
Perencanaan	Waktu	-	[11]
Tidak Memadai		-	[11]
Pekerjaan Ulang	Biaya	-	[12]
Pekerjaan Ulang	Waktu	-	[12]
	Keselamatan Kerja	-	[13]
Pekerjaan Ulang	Kerja	-	[13]

Sumber : Hasil Analisis

a. Biaya

Cost Performance Index (CPI) adalah salah satu parameter utama yang digunakan untuk menilai kinerja proyek dalam konteks pengeluaran atau biaya dalam ilmu *Earned Value Management* (EVM). EVM adalah sebuah metode yang mengintegrasikan tiga aspek krusial dalam manajemen proyek, yaitu waktu, biaya, dan ruang lingkup, sehingga memberikan kemampuan bagi manajer proyek untuk melakukan pemantauan dan evaluasi kinerja proyek secara lebih komprehensif. CPI digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana biaya proyek sesuai dengan rencana awal dan apakah biaya proyek lebih hemat atau lebih boros dari anggaran [5].

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \quad (1)$$

Dimana BCWP = *budgeted cost for work performed*; ACWP = *actual cost for work performed*.

Nilai CPI = 1 menunjukkan biaya proyek sesuai dengan anggaran, CPI > 1 menandakan biaya proyek lebih hemat dari anggaran, sedangkan CPI < 1 mengindikasikan biaya proyek melebihi anggaran.

b. Jadwal

Keberhasilan penjadwalan proyek diukur dengan *Schedule Performance Index* (SPI). SPI adalah parameter dalam EVM yang digunakan untuk mengukur kinerja proyek dalam hal penjadwalan atau waktu. SPI membantu dalam menentukan sejauh mana proyek

mengikuti jadwal yang telah direncanakan. Dengan menggunakan SPI, manajer proyek dapat memantau apakah proyek berjalan lebih cepat atau lebih lambat dari yang diharapkan [5].

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \quad (2)$$

Dimana BCWP = *budgeted cost for work performed*;
BCWS = *budgeted cost for work scheduled*.

Nilai SPI = 1 menunjukkan jadwal proyek sesuai dengan perencanaan, SPI > 1 menandakan jadwal proyek lebih cepat dari perencanaan, sedangkan SPI < 1 mengindikasikan keterlambatan proyek.

c. Kualitas

Quality Performance Index (QPI) adalah index yang digunakan mengukur kinerja kualitas dalam proyek konstruksi. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana proyek memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Perhitungan QPI seringkali lebih kualitatif daripada EVM seperti *Cost Performance Index* (CPI) atau *Schedule Performance Index* (SPI) yang lebih berfokus pada aspek kuantitatif.

Kualitas yang buruk dalam proyek konstruksi akan menimbulkan pekerjaan ulang atau rework. Sehingga perhitungan kualitas diwujudkan dalam *Construction Field Rework Index* (CFRI).

CFRI menunjukkan persentase nilai yang mengukur sejauh mana proyek konstruksi terpengaruh oleh pekerjaan ulang (*rework*) di lapangan [14]. Rework merujuk pada tindakan mengulang pekerjaan konstruksi yang seharusnya telah selesai sebelumnya. Rework dapat mencakup pengulangan pekerjaan, perbaikan, atau modifikasi yang diperlukan karena pekerjaan awal tidak memenuhi standar kualitas atau spesifikasi yang telah ditetapkan. CFRI membantu dalam mengidentifikasi tingkat pekerjaan ulang di lapangan dan dampaknya pada proyek.

CFRI dan QPI adalah dua penilaian yang berhubungan erat dalam manajemen proyek konstruksi karena keduanya berfokus pada kualitas hasil pekerjaan. Meskipun keduanya memiliki tujuan yang berbeda, mereka saling terkait dalam mengukur kinerja kualitas proyek. CFRI dipresentasikan dalam rumus :

$$CFRI = \frac{(Biaya\ Langsung + Biaya\ Tidak\ Langsung)\ rework}{Total\ Biaya\ Proyek} \quad (3)$$

d. Keselamatan Kerja

Safety Performance Index (SPI) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja keselamatan dalam

industri konstruksi. Angka SFPI menunjukkan penilaian sejauh mana proyek atau konstruksi secara umum mematuhi standar keselamatan yang ditetapkan. Kinerja keselamatan menjadi sangat penting dalam konstruksi karena proyek-proyek konstruksi sering kali melibatkan potensi risiko tinggi dan bahaya bagi pekerja dan pihak terkait. Nilai SFPI dirumuskan dengan :

$$SFPI = \frac{jumlah\ insiden \times 200.000}{total\ jam\ kerja} \quad (4)$$

e. Kepuasan Pelanggan

Client Service Performance Index (CSPI) menjadi parameter yang juga digunakan dalam mengukur keberhasilan proyek konstruksi. CSPI menghasilkan nilai kepuasan klien atau pemilik proyek terhadap hasil proyek konstruksi yang dikerjakan. CSPI bertujuan untuk mendapatkan masukan kualitatif dari klien atau pemilik proyek tentang pemenuhan standar dan kepuasan atas kualitas pekerjaan dan layanan yang diberikan oleh kontraktor atau tim proyek.

CSPI mencakup aspek-aspek seperti kualitas konstruksi, pemenuhan jadwal, pengendalian biaya, komunikasi, dan kemampuan tim proyek untuk memahami dan memenuhi kebutuhan klien [3].

Penilaian CSPI dilakukan dengan memberikan survei kepada pihak pemilik proyek untuk menilai kinerja kontraktor. Penilaian tersebut kemudian dibobot sesuai dengan parameter yang dihitung.

$$CSPI = \sum_{j=1}^6 W_j \times R_j \quad (5)$$

Dimana W_j adalah jumlah bobot pada parameter penjadwalan, biaya, kualitas, komunikasi, pemenuhan standar permintaan, dan pemenuhan atas komplain. Sedangkan R adalah nilai dari pemilik proyek dalam skala 1 sampai 10.

Sistem Dinamik

Sistem Dinamik (SD) adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis masalah-masalah dinamis yang muncul dalam sistem-sistem kompleks dan untuk menjelajahi keterkaitan dan perubahan dari waktu ke waktu [15]. SD digunakan untuk membantu dan meningkatkan pengambilan keputusan serta pembentukan kebijakan.

Pemodelan SD dibangun berdasarkan struktur dan kebijakan yang teramati, dan kemudian model tersebut menampilkan perilaku sesungguhnya dari sistem nyata. Metode ini efektif karena didasarkan pada pemahaman yang dapat diandalkan tentang sistem sambil mengimbangi bagian yang kurang dapat diandalkan. Metode ini dapat digunakan untuk memasukkan hubungan sebab-akibat yang relevan,

penundaan, dan loop umpan balik dalam sistem-sistem kompleks untuk merangsang perilaku yang tidak terduga.

Causal Loop Diagram

Untuk mengkonseptualisasikan sistem dunia nyata, SD berfokus pada struktur dan perilaku sistem dari waktu ke waktu dengan menggunakan berbagai tautan sebab-akibat dan loop umpan balik [16]. *Causal Loop Diagram* (CLD) adalah alat yang dapat membantu dalam memvisualisasikan variabel-variabel berbeda dalam suatu sistem saling berhubungan dan merepresentasikan struktur umpan balik sistem.

CLD terdiri dari variabel yang terhubung oleh panah yang menunjukkan pengaruh sebab-akibat antara variabel-variabel tersebut. Setiap tautan sebab-akibat adalah garis dengan kepala panah yang menghubungkan variabel-variabel dan diberi polaritas, baik positif (+) atau negatif (-). Polaritas menunjukkan perubahan variabel berdasarkan perubahan variabel independen lainnya.

Gambar 2 menjelaskan tentang CLD pada penelitian ini. Tautan positif mengindikasikan bahwa kedua variabel berubah ke arah yang sama, yaitu jika variabel independen meningkat, maka variabel dependen juga meningkat. Sedangkan tautan negatif berarti kedua variabel berubah ke arah yang berlawanan, yaitu jika variabel independen meningkat, maka variabel dependen menurun. Lingkaran umpan balik adalah rangkaian tertutup tautan sebab-akibat, di mana informasi tentang hasil tindakan dikembalikan untuk menghasilkan tindakan lebih lanjut.

Ilustasi Studi Kasus

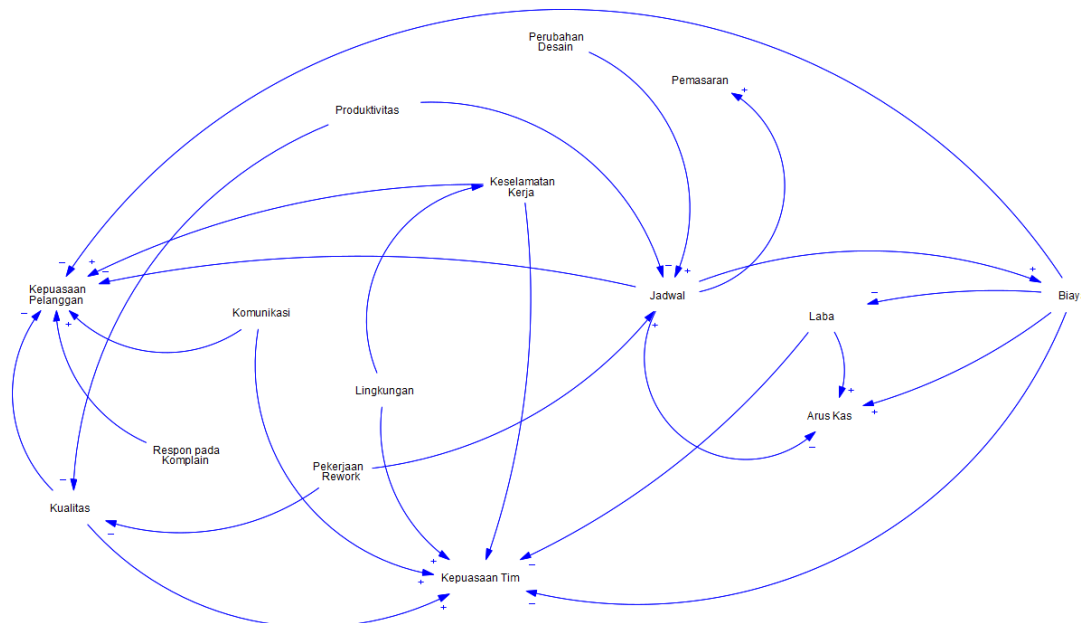
Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah proyek konstruksi gedung bangunan 8 lantai dengan luas area 6384 m2. Proyek konstruksi ini direncanakan selesai dalam 19 bulan.

Data dikumpulkan setelah proyek berjalan selama 12 bulan. Dari data yang diperoleh dilakukan analisa dengan metode nilai hasil (EVM). Hasil EVM menunjukkan nilai SPI sebesar 0.938 dan nilai CPI sebesar 0.906. Hal ini menunjukkan bahwa di bulan ke-12 proyek mengalami keterlambatan dari segi waktu. Begitu pula dari segi biaya, nilai CPI yang kurang dari 1 mengindikasikan bahwa total biaya proyek sampai dengan bulan 12 melebihi biaya yang dianggarkan.

Tujuan utama dari proyek konstruksi ini adalah untuk berhasil menyelesaikan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan agar tidak terjadi ancaman denda yang bisa mengganggu jalannya proyek.

Empat simulasi scenario digunakan dalam penelitian ini. Skenario pertama yang digunakan adalah skenario acuan, dimana tidak ada perbaikan progres, sehingga diasumsikan nilai CPI dan SPI di akhir proyek sama dengan nilai SPI dan CPI pada *cut-off* bulan ke-12.

Skenario berikutnya direncanakan upaya perbaikan dari bulan ke-12, yaitu dengan membuat SPI = 1 yang berarti proyek akan selesai tepat waktu, meskipun saat ini mengalami keterlambatan. Sedangkan nilai CPI diasumsikan sama dengan nilai CPI pada skenario 1.



Gambar 2. CLD pada model perkiraan kinerja proyek

Skenario yang ke-3 direncanakan program percepatan dalam skala sedang. Nilai SPI diharapkan dapat mencapai 1.025. Sedangkan untuk nilai CPI didapatkan dari penelitian dengan objek serupa sebelumnya yang terkait dengan *Time Cost Trade Off* (TCTO) sebesar 0.881.

Skenario ke-4 disimulasikan dengan program percepatan skala tinggi dengan nilai SPI sebesar 1.050, sehingga didapatkan nilai CPI sebesar 0.856 seperti terlampir pada tabel 3.

Data kemudian dimodelkan untuk masing-masing nilai indikator yaitu SPI, CPI, CFRI, SFPI, dan CSPI. Kinerja proyek dinilai berdasarkan peringkat dan nilai indeks yang seperti dalam tabel 4.

Tabel 3. Skenario Penyelesaian Proyek

Skenario untuk Pengambilan Keputusan	Nilai SPI	Nilai CPI
S1 : Tidak ada perubahan skenario	0.938	0.906
S2 : Proyek selesai tepat waktu	1.000	0.906
S3 : Percepatan skala sedang	1.025	0.881
S4 : Percepatan skala tinggi	1.050	0.856

Sumber : Hasil Analisis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil perhitungan nilai indeks pada masing-masing skenario disajikan dalam Tabel 5. Pada skenario 1, prediksi

nilai SPI dan CPI pada akhir proyek berturut-turut adalah 0.976 dan 0.952. Hal ini menunjukkan bahwa tim proyek belum dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai waktu dan anggaran yang telah ditetapkan.

Dalam skenario 2, tim proyek berhasil menyelesaikan pekerjaan tepat waktu dengan hasil prediksi nilai SPI sebesar 1.00. Namun, dari segi biaya, masih terjadi kelebihan anggaran.

Pada skenario 3, dilakukan percepatan dengan skala sedang. Proyek diprediksi akan selesai lebih cepat, ditunjukkan dengan nilai SPI sebesar 1.009. Namun, biaya yang harus dikeluarkan diperkirakan akan lebih besar daripada skenario 1 dan 2, dengan nilai CPI sebesar 0.892.

Adapun pada skenario 4, dengan skema percepatan yang lebih ekstrim, didapatkan hasil nilai SPI sebesar 1.018. Sementara itu, nilai CPI mencapai 0.840, mengindikasikan bahwa biaya yang diperlukan lebih besar dibandingkan dengan skenario 1, 2, maupun 3.

Ditinjau dari indikator kualitas, yaitu CFRI, perubahan nilai pada masing-masing skenario tidak terlalu signifikan. Semua skenario menunjukkan nilai CFRI yang mencerminkan kinerja sangat baik. Hal ini dikarenakan kualitas yang baik sehingga sedikit terjadi pekerjaan rework.

Indeks keselamatan kerja tidak mengalami perubahan karena diasumsikan setelah bulan ke-12 tidak ada peningkatan kecelakaan kerja.

Tabel 4. Nilai masing-masing indikator sesuai dengan peringkat keberhasilan proyek

Indikator	Peringkat				
	Kinerja Sangat Baik	Kinerja Baik	Kinerja Sesuai Target	Kinerja di Bawah Target	Kinerja Tidak Memadai
CPI dan SPI	$I > 1.15$	$1.05 < I \leq 1.15$	$0.95 < I \leq 1.05$	$0.85 < I \leq 0.95$	$I \leq 0.85$
CFRI	$I \leq 0.5$	$0.5 < I \leq 2$	$2 < I \leq 3$	$3 < I \leq 5$	$I > 5$
SFPI	$I = 0$	$0 < I \leq 2$	$2 < I \leq 4$	$4 < I \leq 6$	$I > 6$
CSPI	$I \geq 9.5$	$8.5 \leq I < 9.5$	$7.5 \leq I < 8.5$	$5 \leq I < 7.5$	$I < 5$

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 5. Perkiraan nilai indikator di akhir proyek

Skenario untuk Pengambilan Keputusan	SPI	CPI	CFRI	SFPI	CSPI
S1 : Tidak ada perubahan skenario	0.976	0.952	0.000939	0.68835	6.19048
S2 : Proyek selesai tepat waktu	1.000	0.952	0.000939	0.68835	6.87500
S3 : Percepatan skala sedang	1.009	0.892	0.00088	0.68835	7.01969
S4 : Percepatan skala tinggi	1.018	0.840	0.000828	0.68835	7.16906

Sumber : Hasil Analisis

Indeks kepuasan pelanggan mengalami peningkatan nilai yang cukup signifikan seiring dengan kecepatan

penyelesaian pekerjaan. Pada skenario 1, nilai CSPI mencapai 6.19 sedangkan pada skenario 4, nilai CSPI mencapai 7.16. Meskipun masih dalam kategori peringkat kinerja di bawah target, peningkatan nilai CSPI dapat membantu penentuan keputusan dalam upaya perbaikan kinerja proyek.

Hal ini konsisten dengan penelitian sebelumnya dalam konteks jenis proyek yang berbeda. Dalam proyek konstruksi jalan raya yang dikembangkan sebelumnya, didapatkan peningkatan nilai CSPI seiring dengan peningkatan SPI pada skenario yang digunakan. Begitu pula dengan nilai CFRI yang mengalami penurunan baik di proyek gedung maupun proyek jalan [3].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam melakukan upaya perbaikan atas kondisi proyek, pimpinan proyek membutuhkan prediksi akhir proyek dari segi biaya, schedule, kualitas, serta indikator penting lainnya.
2. Indikator yang lebih kompleks mengarahkan pada prediksi yang lebih akurat pada pengambilan keputusan proyek.
3. Model yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai sistem kontrol yang berfungsi sebagai sistem peringatan awal bagi pimpinan proyek.
4. SD digunakan untuk mendapatkan lima indikator penting, mengetahui ketergantungan, dan bagaimana indikator tersebut saling terhubung. SD juga digunakan sebagai simulasi dasar untuk manajemen skenario.
5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin cepat proyek diselesaikan, maka biaya yang dibutuhkan semakin besar. Namun hal ini diimbangi dengan kepuasan pelanggan yang meningkat, serta indeks kualitas yang meningkat.
6. Temuan ini bisa menjadi dasar acuan bagi pimpinan proyek untuk mengambil keputusan sesuai dengan tingkat risiko yang akan dihadapi.

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal model yang tidak mendukung operasional dan saran yang spesifik untuk pimpinan proyek. Penelitian ini difokuskan pada proses pengambilan keputusan. Untuk itu hal yang dapat dikembangkan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan investigasi tingkat lanjut terkait dengan periode kontrak.
2. Mengkombinasikan SD dengan metode prediksi yang lainnya.

3. Memverifikasi prediksi dengan data lapangan yang sebenarnya.
4. Melakukan prediksi serupa untuk perusahaan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Bassioni, A. D. F. Price, and T. M. Hassan, "Performance Measurement in Construction," *J. Manage. Eng.*, vol. 20, no. 2, pp. 42–50, Apr. 2004, doi: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2004)20:2(42).
- [2] N. Nassar and S. AbouRizk, "Practical Application for Integrated Performance Measurement of Construction Projects," *J. Manage. Eng.*, vol. 30, no. 6, p. 04014027, Nov. 2014, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000287.
- [3] H. Leon, H. Osman, M. Georgy, and M. Elsaid, "System Dynamics Approach for Forecasting Performance of Construction Projects," *J. Manage. Eng.*, vol. 34, no. 1, p. 04017049, Jan. 2018, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000575.
- [4] A. A. Gde Agung Yana, A. A. Diah Parami Dewi, and Y. K. Kayun Harefa, "FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA PROYEK DALAM PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG (STUDI KASUS: PROYEK PEMERINTAH KABUPATEN BADUNG)." *Jurnal Spektran*, Jul. 2020.
- [5] M. Pestiarsa, *Manajemen Proyek Konstruksi Bangunan Industri*. Teknosain Yogyakarta, 2015.
- [6] R. Takim and A. Akintoye, "PERFORMANCE INDICATORS FOR SUCCESSFUL CONSTRUCTION PROJECT PERFORMANCE".
- [7] S. M. Ahmed and R. Kangari, "Analysis of Client-Satisfaction Factors in Construction Industry," *J. Manage. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 36–44, Mar. 1995, doi: 10.1061/(ASCE)0742-597X(1995)11:2(36).
- [8] M. Raoufi and A. R. Fayek, "Framework for Identification of Factors Affecting Construction Crew Motivation and Performance," *J. Constr. Eng. Manage.*, vol. 144, no. 9, p. 04018080, Sep. 2018, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001543.
- [9] X. Hu, J. Wang, L. He, and P. Wang, "Predictive Analysis of Construction Enterprises Influencing Factors Based on SEM Model," in *ICCREM 2017*, Guangzhou, China: American Society of Civil Engineers, Nov. 2017, pp. 332–338. doi: 10.1061/9780784481066.035.
- [10] P. Rashvand and M. Zaimi Abd Majid, "Critical Criteria on Client and Customer Satisfaction for the Issue of Performance Measurement," *J. Manage. Eng.*, vol. 30, no. 1, pp. 10–18, Jan. 2014, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000183.
- [11] P. F. Kaming, P. O. Olomolaiye, G. D. Holt, and F. C. Harris, "Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia," *Construction Management and Economics*, vol. 15, no. 1, pp. 83–94, Jan. 1997, doi: 10.1080/014461997373132.
- [12] B.-G. Hwang, S. R. Thomas, C. T. Haas, and C. H. Caldas, "Measuring the Impact of Rework on

- Construction Cost Performance,” *J. Constr. Eng. Manage.*, vol. 135, no. 3, pp. 187–198, Mar. 2009, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3(187).
- [13] J. B. H. Yap, J. Rou Chong, M. Skitmore, and W. P. Lee, “Rework Causation that Undermines Safety Performance during Production in Construction,” *J. Constr. Eng. Manage.*, vol. 146, no. 9, p. 04020106, Sep. 2020, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001902.
- [14] A. R. Fayek, “Measuring and Classifying Construction Field Rework : A Pilot Study.” Construction Owners Association of Alberta (COAA) Field Rework Committee, 2023.
- [15] J. W. Forrester, “Lessons from system dynamics modeling,” *System Dynamics Review*, vol. 3, no. 2, pp. 136–149, Jun. 1987, doi: 10.1002/sdr.4260030205.
- [16] H. Mawengkang, “Analisis Keputusan Menggunakan Pendekatan Model Causal Loop Diagram (CLD) Model Dinamik untuk Perencanaan Wisata Syariah Berkelanjutan,” *Int. J. Tourism Res.*, p. n/a-n/a, 2020, doi: 10.1002/jtr.741.
- [17] G. A. S. K. Silva and B. N. F. Warnakulasooriya, “Criteria for Construction Project Success: A Literature Review,” *SSRN Journal*, 2016, doi: 10.2139/ssrn.2910305.
- [18] “Decision Support System for Analyzing Key Performance Indicators in Construction Projects Management,” *IJE*, vol. 35, no. 5, pp. 865–874, 2022, doi: 10.5829/IJE.2022.35.05B.03.
- [19] M. N. Omar and A. R. Fayek, “Modeling and evaluating construction project competencies and their relationship to project performance,” *Automation in Construction*, vol. 69, pp. 115–130, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2016.05.021.
- [20] A. M. Tomioka and J. M. S. D. Neves, “Key performance indicators to improve the competitive dimensions of the construction company,” *RSD*, vol. 9, no. 5, p. e54953130, Mar. 2020, doi: 10.33448/rsd-v9i5.3130.
- [21] M. P. N. Pharne and G. N. Kande, “APPLICATION OF BENCHMARKING METHOD IN THE CONSTRUCTION PROJECT TO IMPROVE PRODUCTIVITY,” vol. 4, no. 3, 2016.
- [22] T. Haponava and S. Al-Jibouri, “Proposed System for Measuring Project Performance Using Process-Based Key Performance Indicators,” *J. Manage. Eng.*, vol. 28, no. 2, pp. 140–149, Apr. 2012, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000078.
- [23] A. Gunasti, “Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Manajer Proyek pada Proyek Konstruksi,” *JMTS*, vol. 13, no. 1, p. 31, Nov. 2015, doi: 10.22219/jmts.v13i1.2540.