

[Home](#) / [Archives](#) / Vol. 23 No. 1 (2025): Februari 2025

Vol. 23 No. 1 (2025): Februari 2025

Published: 2025-02-28

Articles

Penyebab dan Tindakan Mitigasi Pembengkakan Biaya Pada Proyek Konstruksi

DOI: <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.37846>

Darryl Sebastian, Oei Fuk Jin

33-42



PDF

Compressive Strength and Microstructural Characterization of Fly Ash and Palm Shell Activated Carbon Based Geopolymer Mortar

DOI: <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.39209>

Dessy Triana, Allwar Allwar, Setya Winarno

1-8



PDF

Analisis Kapasitas Sungai Tengin di Kabupaten Penajam Paser Utara, Ibu Kota Nusantara, Sebagai Alternatif Penanggulangan Banjir

DOI: <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.38182>

Ilham Rahadiyitno, Vita Ayu Kusuma Dewi

20-32



PDF

Analisis Pengaruh Metode Pembebanan pada PVD berdasarkan Data CPTu dan Settlement Plate

DOI: <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.35998>

Ummi Hidayaturosyidah, Galuh Chrismaningwang, Niken Silmi Surjandari, Pria Ardhana

9-19



PDF

Implementasi Teknologi Artificial Intelligence (AI) untuk Deteksi Dini Titik Kelongsoran Pasca Bencana Alam

DOI: <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.39500>

Muhammad Puguh Kamaludin, Galuh Chrismaningwang, Bambang Setiawan
57-68

[PDF](#)

Penerapan Model Keselamatan Berbasis Risiko dalam Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Kereta Api: Studi Kasus pada Perlintasan Tidak Simetris di Yogyakarta

DOI: <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.38731>

Sri Atmaja P. Rosyidi, Muhammad Fikri Priadi, Acyuta Anies Dewanto
43-56

[PDF](#)

00028890

[view My JMTS Stat](#)

[Aim and Scope](#)[Author Guidelines](#)[Editorial Team](#)[Reviewers](#)[Tools](#)[Template](#)[Copyright Notice](#)[Article Charge](#)[Important Date](#)[Visitor Statistics](#)[Contact](#)

Editorial Office

Civil Engineering Department,
University Muhammadiyah of Malang
Jl. Tlogomas No 246 Malang, Jawa Timur, Indonesia
Phone (+62) 341464318 ex 130

email : media.teknik.sipil@umm.ac.id

Penyebab dan Tindakan Mitigasi Pembengkakan Biaya Pada Proyek Konstruksi

Causes and Mitigation Measures of Cost Overruns in Construction Projects

Darryl Sebastian^{1*}, Oei Fuk Jin²

^{1,2} Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanegara, Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta 11440, Indonesia
email: ¹darryl.327241001@stu.untar.ac.id*; ²fukjin.untar@gmail.com

*Corresponding author

Abstract

Cost overrun is one of the major issues in the construction industry, negatively impacting budget efficiency, project sustainability, and the contractor's reputation. This study aims to identify the main causes of cost overrun, including project complexity, resource limitations, and regulatory challenges, as well as evaluating mitigation strategies across various construction projects. The methodology used is a Systematic Literature Review (SLR), analyzing 27 articles from Scopus-indexed journals. The findings show that the application of technologies such as Building Information Modeling (BIM), Monte Carlo simulations, and risk management approaches effectively reduce cost overrun risks by improving estimation accuracy and project management efficiency. This research develops a framework linking the causes of cost overrun with relevant mitigation strategies, providing guidance for project managers to manage risks and budgets better. The study emphasizes the importance of integrating technology, risk-based planning, and strengthening project management competencies to comprehensively address cost overrun challenges.

Keywords: *cost overrun; construction project management; risk management; mitigation strategies; Building Information Modeling (BIM)*

Abstrak

Pembengkakan biaya (*cost overrun*) merupakan salah satu permasalahan utama dalam industri konstruksi yang berdampak negatif pada efisiensi anggaran, keberlanjutan proyek, dan reputasi kontraktor. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama pembengkakan biaya, termasuk kompleksitas proyek, keterbatasan sumber daya, dan tantangan eksternal seperti regulasi dan kondisi ekonomi, serta mengevaluasi strategi mitigasi yang telah diterapkan dalam proyek-proyek konstruksi. Metode penelitian menggunakan *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap 27 artikel dari jurnal terindeks Scopus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi seperti *Building Information Modeling* (BIM), simulasi *Monte Carlo*, dan pendekatan manajemen risiko berbasis analisis probabilitistik dapat meningkatkan akurasi estimasi dan efisiensi pengelolaan proyek, sehingga mengurangi risiko pembengkakan biaya. Penelitian ini juga menyusun rangkuman hubungan antara penyebab *cost overrun* dengan strategi mitigasi yang relevan, sebagai panduan bagi manajer proyek untuk mengelola risiko dan anggaran secara lebih efektif. Temuan ini menekankan pentingnya integrasi teknologi, perencanaan berbasis risiko, serta penguatan kompetensi manajemen proyek untuk mengatasi pembengkakan biaya secara komprehensif.

Kata kunci: pembengkakan biaya; manajemen proyek konstruksi; manajemen risiko; strategi mitigasi; Building Information Modeling (BIM)

Copyright © 2025, Sebastian et al

This is an open access article under the CC-BY-SA license



PENDAHULUAN

Pembengkakan biaya (*cost overrun*) adalah salah satu masalah yang sangat mempengaruhi industri konstruksi di seluruh

dunia. Fenomena ini terjadi ketika biaya proyek meningkat melampaui estimasi biaya awal yang mengakibatkan dampak negatif pada profitabilitas proyek, kualitas hasil bangunan, serta reputasi kontraktor itu sendiri.

Please cite this article as:

Sebastian, D., & Jin, O. F. (2025). Penyebab dan tindakan mitigasi pembengkakan biaya pada proyek konstruksi. *Media Teknik Sipil*, 23(1), 33-42. <https://doi.org/10.22219/jmts.v23i1.37846>

Misalnya, dalam sebuah proyek infrastruktur yang kompleks, faktor seperti perubahan lingkup pekerjaan, keterlambatan pengambilan keputusan, serta ketersediaan tenaga kerja yang terampil dapat menjadi penyebab utama terjadinya pembengkakan biaya (Karimi et al., 2018; Pehlivan & Öztemir, 2018; Sridarran et al., 2017).

Industri konstruksi di berbagai negara menunjukkan kerentanan terhadap pembengkakan biaya, yang sering kali dipicu oleh tantangan teknis dan manajemen proyek. Kompleksitas proyek yang tinggi, terutama pada proyek berbasis infrastruktur, merupakan salah satu penyebab utama ketidakakuratan dalam estimasi biaya (Sridarran et al., 2017). Pada proyek dengan skala yang besar seperti pada sektor energi dan transportasi, ketidakpastian risiko serta tantangan manajemen risiko yang lebih tak terduga seringkali menyebabkan pembengkakan biaya (Huo et al., 2018; Narayanan et al., 2019).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji penyebab dan strategi mitigasi pembengkakan biaya dalam proyek konstruksi. Proyek-proyek besar di sektor infrastruktur dan energi sangat rentan terhadap pembengkakan biaya yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti regulasi, kendala sumber daya, dan peningkatan biaya tenaga kerja (Narayanan et al., 2019). Pada proyek infrastruktur transportasi, faktor-faktor seperti durasi pra-konstruksi yang panjang dan perubahan desain selama proyek berkontribusi signifikan terhadap peningkatan biaya (Huo et al., 2018).

Namun, meskipun terdapat beragam penelitian mengenai penyebab *cost overrun*, belum banyak penelitian yang berfokus pada strategi mitigasi paling efektif. Banyak penelitian merekomendasikan penggunaan teknologi prediksi seperti simulasi *Monte Carlo* dan *Artificial Neural Network* (ANN), yang terbukti mampu meningkatkan akurasi estimasi biaya pada tahap awal proyek (Mir et al., 2021; Sepasgozar et al., 2019). Penggunaan metode estimasi berbasis risiko ini dapat memberikan analisis lebih baik mengenai potensi risiko biaya dan membantu dalam mengembangkan strategi mitigasi yang lebih efektif.

Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang

dapat menyebabkan pembengkakan biaya pada proyek konstruksi serta menentukan upaya mitigasi yang dapat dilakukan dalam mengurangi terjadinya pembengkakan biaya pada proyek konstruksi. Selain itu, penelitian ini juga memiliki hipotesis bahwa penerapan manajemen risiko, penggunaan model analisis berbasis risiko, dan perencanaan awal yang baik dapat mengurangi risiko pembengkakan biaya secara signifikan.

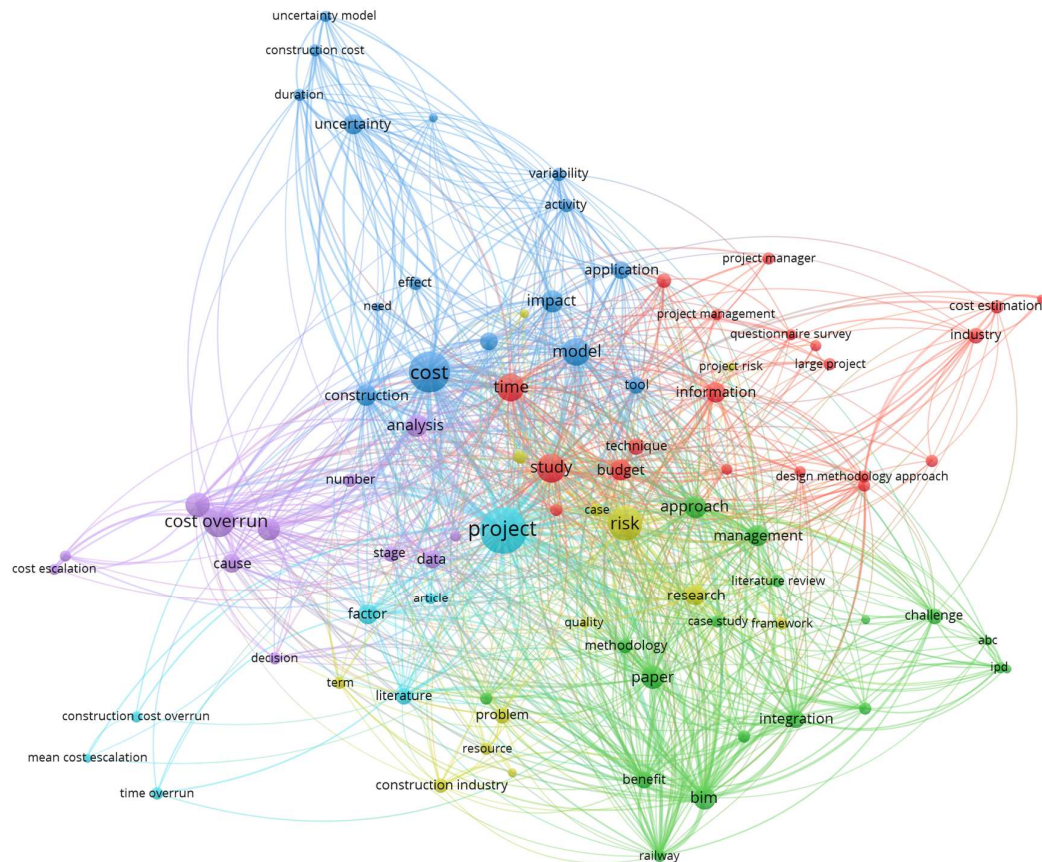
Tujuan dari kajian literatur sistematis ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengategorikan faktor-faktor utama penyebab pembengkakan biaya dalam sebuah proyek konstruksi serta mencari strategi mitigasi yang tepat dan efektif untuk meminimalisasi pembengkakan biaya. Penelitian ini berupaya menyusun kerangka kerja yang optimal untuk meningkatkan pengendalian biaya dan manajemen risiko dalam proyek konstruksi, termasuk penggunaan teknologi modern dan metode analisis terkini.

Melalui kajian ini, diharapkan dapat diperoleh panduan yang lebih jelas bagi para profesional di bidang konstruksi untuk memahami serta mengelola risiko pembengkakan biaya.

METODE PENELITIAN

Tata cara penulisan dalam penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). SLR merupakan sebuah metode sistematis yang terstruktur untuk menyusun sebuah penulisan yang relevan dengan topik penelitian. SLR dilakukan dengan mencari beberapa sumber referensi yang akan disaring untuk benar-benar mendapatkan referensi yang sesuai dan dapat menjadi dasar dalam penulisan penelitian.

Pengumpulan beragam jurnal juga dibantu dengan aplikasi *Publish or Perish* untuk mencari jurnal-jurnal yang terindex oleh Scopus dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (2016-2024). Setelah diperoleh 526 referensi dengan menggunakan beberapa kata kunci seperti "*Construction Cost Overrun*", "*Cost Control*", "*Cost Forecasting*", "*Risk Analysis*", dan lain-lain. Referensi-referensi tersebut lalu disaring dan dipilih berdasarkan kesesuaian isi artikel dengan topik penelitian yang dibahas, hingga akhirnya diperoleh 27 artikel yang ditetapkan menjadi dasar referensi.



Gambar 1. Peta Analisis Hubungan Dari *VOS Viewer*

Dari 27 artikel tersebut selanjutnya disintesis dengan bantuan dari *VOS viewer* seperti pada Gambar 1. Gambar tersebut menggambarkan hubungan antar kata kunci terkait pembengkakan biaya (*cost overruns*) dalam proyek konstruksi, yang dikelompokkan ke dalam lima kluster utama. Kluster biru menyoroti hubungan antara proyek, biaya, dan ketidakpastian; kluster merah berfokus pada manajemen risiko dan estimasi biaya; kluster hijau mengangkat peran teknologi seperti *Building Information Modeling* (BIM) untuk integrasi dan efisiensi; cluster ungu berkaitan langsung dengan penyebab dan pola pembengkakan biaya; sementara kluster kuning mencakup studi literatur dan analisis risiko. Visualisasi ini menunjukkan kompleksitas mengenai *cost overrun* yang melibatkan banyak faktor seperti risiko, teknologi, dan manajemen proyek. Sehingga dengan hasil ini diperoleh judul penelitian yaitu “Penyebab dan

Tindakan Mitigasi Pembengkakan Biaya Pada Proyek Konstruksi”.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyebab Pembengkakan Biaya dalam Proyek Konstruksi

Kompleksitas Proyek dan Perubahan Lingkup Pekerjaan

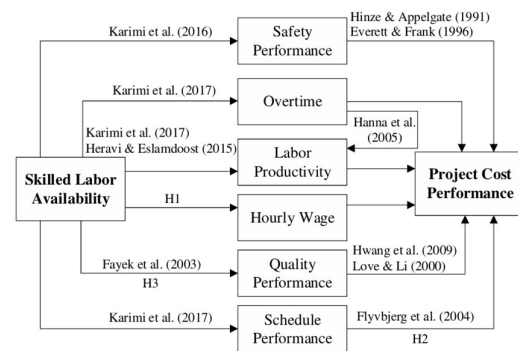
Kompleksitas proyek merupakan salah satu faktor utama yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya pada proyek konstruksi, terutama pada proyek-proyek besar yang melibatkan banyak pihak dan berbagai spesialisasi. Proyek dengan tingkat kompleksitas yang tinggi dan memiliki potensi risiko, skala proyek besar, dan jangka waktu yang panjang dapat berdampak langsung pada akurasi estimasi biaya. Kompleksitas ini mengakibatkan tingginya risiko ketidakpastian biaya dan memerlukan strategi manajemen risiko yang matang (Sridarran et al., 2017).

Perubahan lingkup pekerjaan sering kali menjadi penyebab utama pembengkakan biaya dalam proyek infrastruktur besar, dimana setiap perubahan menyebabkan jadwal yang terganggu dan meningkatkan biaya operasional maupun material (Huo et al., 2018). Pada kasus proyek Stuttgart 21 di Jerman, perubahan cakupan proyek dan tantangan geologi yang tidak terduga juga berkontribusi besar terhadap pembengkakan biaya, di mana setiap perubahan yang terjadi perlu disertai dengan evaluasi ulang anggaran proyek (Steininger et al., 2020).

Ketersediaan Tenaga Kerja dan Sumber Daya

Ketersediaan tenaga kerja terampil dan sumber daya yang memadai sangat penting dalam memastikan kelancaran dan efisiensi biaya proyek konstruksi. Kekurangan tenaga kerja terampil berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas dan biaya proyek, karena proyek perlu mengeluarkan biaya tambahan untuk menarik tenaga kerja atau membayar lembur, yang akhirnya meningkatkan total biaya proyek (Karimi et al., 2018). Hubungan antara ketersediaan tenaga kerja terampil dengan biaya proyek dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Apabila tenaga kerja terampil tersedia, maka produktivitas kerja akan meningkat dan proyek dapat diselesaikan lebih efisien. Sebaliknya, kekurangan tenaga kerja terampil dapat menyebabkan produktivitas yang rendah, kenaikan upah, kebutuhan lembur, dan bahkan kualitas pekerjaan yang buruk. Selain itu, jadwal proyek bisa terganggu dan menyebabkan peningkatan risiko kecelakaan kerja yang juga dapat menyebabkan pembengkakan biaya proyek. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi antara ketersediaan tenaga kerja terampil dengan biaya proyek dapat dilihat seperti pada Gambar 2.

Ketidakterersediaan tenaga kerja yang cukup dan berkualitas di lokasi proyek menyebabkan peningkatan insiden keselamatan dan penurunan kualitas pekerjaan, yang berkontribusi pada pembengkakan biaya (Adafin et al., 2021). Proyek infrastruktur yang terletak jauh seperti pada daerah yang terpencil, dapat mengalami kendala dalam memenuhi kebutuhan sumber daya seperti material dan alat berat yang menyebabkan keterlambatan proyek serta kenaikan biaya operasional dan logistik (Pham et al., 2020).



Gambar 2. Hubungan Keterampilan Tenaga Kerja Dengan Biaya Proyek (Karimi et al., 2018)

Manajemen Risiko dan Kematangan Manajemen Proyek

Manajemen risiko yang efektif dan kematangan manajemen proyek menjadi sebuah elemen penting dalam pengendalian biaya proyek konstruksi. Proyek dengan tingkat kematangan manajemen yang rendah, lebih rentan mengalami pembengkakan biaya terutama saat manajemen risiko tidak diterapkan secara serius (Sanchez, Bonjour, et al., 2020). Kurangnya disiplin dalam perencanaan proyek dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara anggaran dan realisasi biaya, hal ini yang mengindikasikan perlunya kematangan manajemen untuk meminimalkan risiko yang muncul selama pelaksanaan proyek (Asiedu & Alfen, 2016).

Pada proyek pembangkit listrik tenaga angin, risiko yang tidak teridentifikasi pada tahap awal proyek seperti penggunaan teknologi baru dan medan yang sulit dapat menyebabkan pembengkakan biaya yang signifikan, sehingga penting sekali untuk merencanakan pengelolaan risiko pada tahap awal untuk menekan biaya konstruksi (Sovacool et al., 2017).

Faktor Eksternal

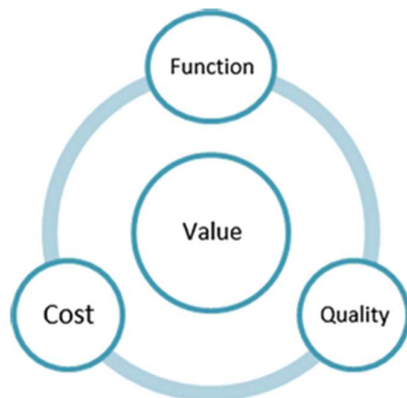
Faktor eksternal memainkan peran krusial dalam menyebabkan pembengkakan biaya proyek konstruksi. Perubahan regulasi, fluktuasi ekonomi global, ketidakstabilan politik, serta kondisi alam yang tidak terduga sering kali menyebabkan keterlambatan proyek yang berujung pada pembengkakan biaya (Sepasgozar et al., 2019). Indikator ekonomi makro seperti *Consumer Price Index* (CPI) dan *Construction Spending* (CS) juga berdampak signifikan terhadap kenaikan biaya proyek yang menekankan perlunya

integrasi faktor ekonomi dalam estimasi biaya proyek sejak awal (Zhang, Minchin, & Agdas, 2017).

Faktor Penyebab Lainnya

Selain faktor-faktor utama di atas, terdapat beberapa penyebab lain yang turut berkontribusi terhadap pembengkakan biaya pada proyek konstruksi. Estimasi biaya proyek harus memiliki keakuratan yang baik, terutama dalam proyek yang melibatkan banyak pihak, karena kesalahan dalam estimasi biaya dapat menyebabkan perbedaan antara anggaran awal dan biaya aktual yang mengganggu kelancaran sebuah proyek (Al Hosani et al., 2020). Proyek yang melibatkan banyak pihak dan disertai kurangnya koordinasi antar tim proyek dapat mengakibatkan pembengkakan biaya, terutama jika perubahan spesifikasi atau desain tidak terkomunikasikan dengan baik (Elghaish & Abrishami, 2020).

Penerapan value management yang buruk juga dapat menyebabkan pemborosan sumber daya material dan peningkatan biaya yang signifikan, oleh karena itu diperlukan penerapan value management sedini mungkin untuk mengendalikan biaya dengan lebih baik (Khodeir & El Ghandour, 2019). Secara sederhana value management mencakup fungsi (*function*), biaya (*cost*), dan kualitas (*quality*) dimana sebuah material yang lebih mahal dapat digantikan dengan material lain yang lebih murah, akan tetapi memiliki fungsi serta kualitas yang minimal sama atau lebih baik. Faktor-faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan value management dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Faktor-Faktor Utama *Value Management* (Khodeir & El Ghandour, 2019)

Strategi Mitigasi Pembengkakan Biaya

Kerangka Kerja Manajemen Risiko

Dalam mengatasi pembengkakan biaya diperlukan sebuah kerangka kerja manajemen risiko yang sistematis. Kerangka kerja ini harus dimulai dengan proses identifikasi risiko eksternal yang menjadi potensial pembengkakan biaya dalam sebuah proyek (Sepasgozar et al., 2019). Setelah risiko dapat diidentifikasi, selanjutnya model simulasi berbasis *Monte Carlo* menawarkan pendekatan yang efektif untuk mengintegrasikan risiko keterlambatan dan biaya dengan mempertimbangkan variabilitas sken (Pehlivan & Öztemir, 2018).

Pendekatan metode probabilistik memungkinkan manajer proyek untuk memahami hubungan antara berbagai faktor penyebab pembengkakan biaya serta mengurangi dampaknya melalui pengelolaan risiko yang baik. Pendekatan berbasis risiko ini tidak hanya membantu manajer proyek dalam mengidentifikasi penyebab risiko, tetapi juga memitigasi risiko yang paling berpotensi menyebabkan pembengkakan biaya (Love et al., 2016).

Teknik Estimasi Inovatif

Teknik estimasi inovatif, seperti simulasi *Monte Carlo* dan *Artificial Neural Networks* (ANN), telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi estimasi biaya, terutama ketika menghadapi ketidakpastian biaya material dan kondisi pasar yang berubah-ubah. Metode prediksi berbasis ANN berfungsi untuk mengatasi keterbatasan metode estimasi tradisional, yang cenderung tidak akurat dalam kondisi fluktuasi harga bahan konstruksi (Mir et al., 2021).

Penerapan simulasi *Monte Carlo* dalam proyek pembangunan terowongan untuk memperkirakan ketidakpastian kondisi geologi dan risiko biaya, yang berhasil meminimalisasi margin kesalahan estimasi proyek hingga sebesar 66% (Mahmoodzadeh et al., 2021).

Metode Manajemen Nilai dan Kontrol Biaya

Penerapan manajemen nilai (*Value Management*) dan kontrol biaya merupakan strategi efektif untuk menekan pembengkakan biaya tanpa mengorbankan kualitas proyek. Penerapan *Value Management* sejak tahap desain hingga konstruksi proyek mampu

mengurangi kebutuhan biaya proyek hingga 15 – 40% (Khodeir & El Ghandour, 2019).

Dalam upaya mitigasi pembengkakan biaya proyek konstruksi, penerapan sistem pengelolaan biaya yang lebih akurat menjadi krusial. Salah satu pendekatan yang efektif adalah penggunaan *Activity Based Costing* (ABC), yang bertujuan mengalokasikan biaya proyek secara lebih rinci berdasarkan aktivitas-aktivitas spesifik yang memicu pengeluaran (Elghaish & Abrishami, 2020). Pengendalian biaya berbasis manajemen risiko mampu menekan perbedaan antara estimasi awal dan realisasi anggaran proyek, yang sering kali menjadi sumber pembengkakan biaya (Jayaraman, 2016).

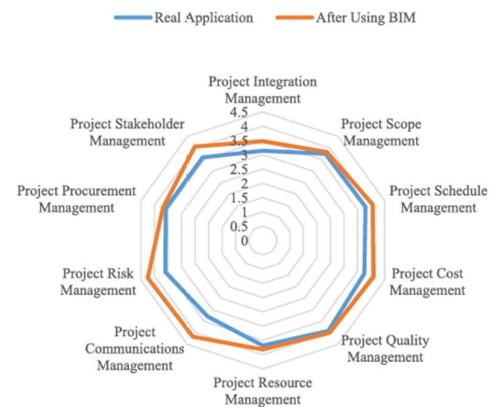
Integrasi Teknologi (BIM dan Analisis Data)

Penggunaan teknologi canggih seperti *Building Information Modeling* (BIM) yang sekarang sedang marak digunakan dan analisis data, memungkinkan tim proyek untuk meningkatkan akurasi dan kolaborasi dalam mengestimasi dan mengelola biaya proyek. BIM yang mampu menampilkan potensi risiko secara real-time, memungkinkan pengelolaan proyek yang lebih responsif terhadap perubahan dan mencegah kemungkinan terjadinya pembengkakan biaya yang tidak diharapkan (Moshtaghian et al., 2020)

Penerapan BIM pada proyek kereta api dapat meningkatkan komunikasi dan mengurangi risiko kesalahan desain yang sering kali menjadi sumber utama pembengkakan (Bensalah et al., 2019). Integrasi BIM dengan manajemen proyek tidak hanya meningkatkan pengelolaan anggaran tetapi juga mengoptimalkan aliran informasi penting dalam memastikan kelancaran sebuah proyek dalam industri konstruksi (Shaqour, 2022).

Dampak dari sebelum dan sesudah penggunaan BIM ternyata sangat mempengaruhi efektivitas dari sebuah proyek. Hasil penilaian dari para profesional di bidang konstruksi mengenai dampak pemanfaatan teknologi BIM pada proyek konstruksi menunjukkan bahwa setelah menggunakan BIM, terlihat adanya peningkatan kinerja pada hampir semua aspek seperti manajemen integrasi proyek, ruang lingkup, jadwal, biaya, kualitas, sumber daya, komunikasi, risiko, pengadaan, dan pemangku kepentingan. Peningkatan nilai yang tertinggi antara

sebelum dan sesudah pemanfaatan teknologi BIM terdapat pada aspek komunikasi proyek yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penilaian Para Profesional Mengenai Pengaruh Penggunaan BIM Pada Proyek (Shaqour, 2022)

Perencanaan Kontingensi yang Kolaboratif

Kontingensi adalah rencana cadangan yang dibuat untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya risiko tak terduga selama pengerjaan proyek. Pengembangan model manajemen kontingensi dinamis untuk proyek design and build yang kompleks, di mana keterlibatan pihak seperti pemilik proyek dan kontraktor dapat saling berkolaborasi untuk membantu mengurangi ketergantungan pada anggaran kontingensi serta menyeimbangkan anggaran akhir proyek. Kontingensi tidak boleh hanya dianggap sebagai dana cadangan untuk pekerjaan yang tidak terhitung, tetapi juga sebagai dana tambahan untuk meningkatkan hasil kualitas bangunan (De Marco et al., 2016).

Pada proyek-proyek di Kanada dengan model kemitraan antara pemerintah dengan swasta cenderung lebih baik dalam pengelolaan biaya dan jadwal karena koordinasi yang kuat dalam perencanaan kontingensi sebelum proyek dimulai (Zhang, Minchin, & Agdas, 2017)

Pembahasan

Berdasarkan hasil kajian literatur yang dilakukan, dapat diketahui berbagai penyebab utama terjadinya pembengkakan biaya, dampak yang ditimbulkan, serta strategi mitigasi dalam proyek konstruksi yang dapat dirangkum seperti yang tertera pada Tabel 1.

Pertama, kompleksitas proyek dan perubahan lingkup pekerjaan terbukti menjadi faktor dominan yang memperburuk ketidakakuratan estimasi biaya, terutama dalam proyek dengan skala yang besar. Kompleksitas proyek yang tinggi meningkatkan kemungkinan munculnya risiko yang sulit diprediksi, sementara perubahan lingkup pekerjaan kerap kali mengganggu jadwal dan mengakibatkan kenaikan biaya operasional (Huo et al., 2018; Sridarran et al., 2017; Steininger et al., 2020).

Kedua, ketersediaan tenaga kerja dan sumber daya juga berperan signifikan dalam pembengkakan biaya, di mana keterbatasan tenaga kerja terampil dan fluktuasi harga material menyebabkan biaya tambahan yang tidak terduga. Kekurangan tenaga kerja terampil sering kali meningkatkan penggunaan lembur yang meningkatkan kebutuhan biaya, selain itu ketersediaan material yang sedikit dan alat berat yang tidak mencukupi akan menambah biaya operasional proyek (Adafin et al., 2021; Karimi et al., 2018; T. A. Pham, 2021).

Selanjutnya, manajemen risiko dan kematangan manajemen proyek juga penting dalam mencegah *cost overrun*. Studi menunjukkan bahwa manajemen risiko yang kurang matang menyebabkan ketidaktepatan estimasi dan lambatnya penanganan risiko akan berdampak negatif pada anggaran proyek (Asiedu & Alfen, 2016; Sanchez, Bonjour, et al., 2020; Sovacool et al., 2017).

Dalam upaya mitigasi, beberapa strategi telah terbukti efektif dalam mengurangi kemungkinan pembengkakan biaya. Kerangka kerja manajemen risiko yang komprehensif dan saling terintegrasi, seperti yang diterapkan pada proyek-proyek besar, sangat membantu dalam mengidentifikasi dan mengurangi dampak risiko terhadap anggaran proyek (Love et al., 2016; Sepasgozar et al., 2019).

Teknik estimasi inovatif, seperti simulasi *Monte Carlo* dan *Artificial Neural Networks* (ANN), juga memainkan peran penting dalam meningkatkan keakuratan estimasi biaya, terutama pada tahap awal perencanaan biaya (Mahmoodzadeh et al., 2021; Mir et al., 2021).

Tabel 1. Rangkuman Penyebab dan Strategi Mitigasi Pembengkakan Biaya

No.	Penyebab Pembengkakan Biaya	Dampak yang Ditimbulkan	Strategi Mitigasi	Referensi
1	Kompleksitas proyek dan perubahan lingkup pekerjaan	Ketidakakuratan estimasi biaya, gangguan jadwal, peningkatan biaya operasional	Penerapan BIM untuk integrasi desain dan pemantauan real-time; manajemen risiko sistematis	Huo et al., 2018; Sridarran et al., 2017; Steininger et al., 2021
2	Ketersediaan tenaga kerja dan sumber daya	Produktivitas rendah, biaya lembur, keterlambatan proyek	Pelatihan tenaga kerja; perencanaan sumber daya berbasis risiko	Adafin et al., 2021; Karimi et al., 2018; H. Pham et al., 2020
3	Manajemen risiko dan kematangan manajemen proyek	Ketidaktepatan estimasi, penanganan risiko lambat	Kerangka kerja manajemen risiko; simulasi Monte Carlo untuk analisis risiko	Asiedu & Alfen, 2016; Sanchez, Steria, et al., 2020; Sovacool et al., 2017
4	Faktor eksternal (regulasi, ekonomi, kondisi alam)	Keterlambatan proyek, fluktuasi biaya material	Integrasi indikator ekonomi (CPI, CS) dalam estimasi awal; perencanaan kontingensi	Sepasgozar et al., 2019; Y. Zhang et al., 2017
5	Kesalahan estimasi dan koordinasi tim	Penyimpangan anggaran, pemborosan sumber daya	Penerapan Activity Based Costing (ABC); Value Management untuk efisiensi biaya	Elghaish & Abrishami, 2021; Khodeir & El Ghandour, 2019
6	Kurangnya teknologi pendukung	Ketidakakuratan data, kolaborasi tim terhambat	Penggunaan BIM dan Artificial Neural Networks (ANN) untuk prediksi biaya	Bensalah et al., 2019; Mir et al., 2021; Shaqour, 2022

Selain itu, *Value Management* dan pengendalian biaya yang baik terbukti efektif mampu menekan pembengkakan biaya tanpa mengorbankan kualitas proyek dengan memastikan alokasi anggaran yang efisien di seluruh tahapan proyek (Jayaraman, 2016; Khodeir & El Ghandour, 2019).

Penggunaan teknologi seperti BIM dan analisis data terbukti mampu meningkatkan kolaborasi antar pihak dan memfasilitasi akses informasi secara real-time, yang sangat penting untuk pemantauan biaya selama proyek berlangsung (Bensalah et al., 2019; Moshtaghian et al., 2020; Shaqour, 2022).

Penerapan Untuk Proyek Mendatang

Pembengkakan biaya dalam sebuah proyek merupakan sebuah hal yang sering terjadi dan patut untuk dihindari, karena pembengkakan biaya dalam sebuah proyek mempengaruhi kelancaran dari proyek itu sendiri dan dapat menimbulkan konflik, baik antar pihak owner dengan kontraktor ataupun kontraktor dengan pihak-pihak lain yang terlibat dalam sebuah proyek. Sebagai manajer proyek yang baik sudah sepatutnya untuk menyadari dan waspada terhadap hal-hal yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya. Dengan adanya kesadaran akan bahaya dari risiko-risiko tersebut, barulah dapat dilakukan upaya tertentu untuk menghindari terjadinya risiko.

Selain itu, strategi mitigasi yang lebih efektif, seperti manajemen kontingensi dan penggunaan model estimasi berbasis risiko, sebaiknya dipertimbangkan saat proses perencanaan proyek. Perencanaan yang mempertimbangkan ketidakpastian biaya dan durasi proyek dengan pendekatan probabilistik dapat memberikan estimasi yang lebih akurat, sehingga membantu manajer proyek mempersiapkan skenario anggaran yang lebih akurat (Moret & Einstein, 2016).

Penerapan teknologi BIM memungkinkan pemantauan biaya secara real-time yang lebih baik di antara tim proyek. Integrasi yang optimal, dapat membantu mengurangi ketidaksesuaian dalam desain dan mencegah perubahan spesifikasi yang tidak terduga, yang merupakan faktor utama pembengkakan biaya untuk meningkatkan efisiensi biaya (Arashpour et al., 2018).

KESIMPULAN

Pembengkakan biaya (*cost overrun*) dalam proyek konstruksi disebabkan oleh sejumlah faktor utama, di antaranya kompleksitas proyek, perubahan lingkup pekerjaan, keterbatasan tenaga kerja dan sumber daya, serta rendahnya tingkat kematangan manajemen risiko. Faktor-faktor ini saling berinteraksi dan menyebabkan ketidakakuratan estimasi anggaran serta meningkatkan risiko selama pelaksanaan proyek.

Penerapan strategi mitigasi yang tepat, seperti pengembangan kerangka kerja manajemen risiko, penggunaan teknik estimasi inovatif berbasis simulasi *Monte Carlo* dan *Artificial Neural Networks* (ANN), serta integrasi teknologi *Building Information Modeling* (BIM), terbukti secara signifikan dapat membantu mengurangi risiko pembengkakan biaya.

Kajian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi para manajer proyek/pihak lain yang berkaitan dengan proyek konstruksi dalam mengelola risiko dan mengendalikan anggaran proyek secara lebih efektif dan efisien. Dalam mengatasi pembengkakan biaya di masa depan, penting bagi para pihak yang bersangkutan dalam proyek untuk mengembangkan sebuah metode yang mengintegrasikan teknologi secara optimal, mengadopsi pendekatan perencanaan berbasis analisis risiko, serta memperkuat koordinasi dan komunikasi antar tim proyek yang harmonis. Implementasi strategi ini diharapkan tidak hanya mampu menekan pembengkakan biaya, tetapi juga meningkatkan keberhasilan proyek secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adafin, J., Rotimi, J. O. B., & Wilkinson, S. (2021). An Evaluation Of Risk Factors Impacting Project Budget Performance In New Zealand. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19(1), 41–61. <https://doi.org/10.1108/JEDT-03-2019-0056>
- Al Hosani, I. I. A., Dweiri, F. T., & Ojiako, U. (2020). A Study Of Cost Overruns In Complex Multi-Stakeholder Road Projects In The United Arab Emirates. *International Journal of System*

- Assurance Engineering and Management*, 11(6), 1250–1259.
<https://doi.org/10.1007/s13198-020-00979-8>
- Arashpour, M., Wakefield, R., Abbasi, B., Arashpour, M., & Hosseini, R. (2018). Optimal Process Integration Architectures In Off-Site Construction: Theorizing The Use Of Multi-Skilled Resources. *Architectural Engineering and Design Management*, 14(1–2), 46–59.
<https://doi.org/10.1080/17452007.2017.1302406>
- Asiedu, R. O., & Alfen, H. W. (2016). Understanding The Underlying Reasons Behind Time Overruns Of Government Building Projects In Ghana. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(6), 2103–2111.
<https://doi.org/10.1007/s12205-015-0544-4>
- Bensalah, M., Elouadi, A., & Mharzi, H. (2019). Overview: The Opportunity Of BIM In Railway. *Smart and Sustainable Built Environment*, 8(2), 103–116.
<https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2017-0060>
- De Marco, A., Rafele, C., & Thaheem, M. J. (2016). Dynamic Management of Risk Contingency in Complex Design-Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001052](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001052)
- Elghaish, F., & Abrishami, S. (2020). A Centralised Cost Management System: Exploiting EVM And ABC Within IPD. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(2), 549–569.
<https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2019-0623>
- Huo, T., Ren, H., Cai, W., Shen, G. Q., Liu, B., Zhu, M., & Wu, H. (2018). Measurement and Dependence Analysis of Cost Overruns in Megatransport Infrastructure Projects: Case Study in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(3).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001444](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001444)
- Jayaraman, R. (2016). Project Cost Control: A New Method To Plan And Control Costs In Large Projects. *Business Process Management Journal*, 22(6), 1247–1268.
<https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2014-0102>
- Karimi, H., Taylor, T. R. B., Dadi, G. B., Goodrum, P. M., & Srinivasan, C. (2018). Impact of Skilled Labor Availability on Construction Project Cost Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(7).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001512](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001512)
- Khodeir, L. M., & El Ghandour, A. (2019). Examining The Role Of Value Management In Controlling Cost Overrun [Application On Residential Construction Projects In Egypt]. *Ain Shams Engineering Journal*, 10(3), 471–479.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2018.11.008>
- Love, P. E. D., Ahiaga-Dagbui, D. D., & Irani, Z. (2016). Cost Overruns In Transportation Infrastructure Projects: Sowing The Seeds For A Probabilistic Theory Of Causation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 184–194.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.08.007>
- Mahmoodzadeh, A., Mohammadi, M., Nariman Abdulhamid, S., Hashim Ibrahim, H., Farid Hama Ali, H., & Ghafoor Salim, S. (2021). Dynamic Reduction Of Time And Cost Uncertainties In Tunneling Projects. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 109, 103774.
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103774>
- Mir, M., Kabir, H. M. D., Nasirzadeh, F., & Khosravi, A. (2021). Neural Network-Based Interval Forecasting Of Construction Material Prices. *Journal of Building Engineering*, 39, 102288.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102288>
- Moret, Y., & Einstein, H. H. (2016). Construction Cost and Duration Uncertainty Model: Application to High-Speed Rail Line Project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(10).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001161](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001161)

- Moshtaghian, F., Golabchi, M., & Noorzai, E. (2020). A Framework To Dynamic Identification Of Project Risks. *Smart and Sustainable Built Environment*, 9(4), 375–393. <https://doi.org/10.1108/SASBE-09-2019-0123>
- Narayanan, S., Kure, A. M., & Palaniappan, S. (2019). Study on Time and Cost Overruns in Mega Infrastructure Projects in India. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 100(1), 139–145. <https://doi.org/10.1007/s40030-018-0328-1>
- Pehlivan, S., & Öztemir, A. E. (2018). Integrated Risk of Progress-Based Costs and Schedule Delays in Construction Projects. *Engineering Management Journal*, 30(2), 108–116. <https://doi.org/10.1080/10429247.2018.1439636>
- Pham, H., Luu, T.-V., Kim, S.-Y., & Vien, D.-T. (2020). Assessing the Impact of Cost Overrun Causes in Transmission Lines Construction Projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(4), 1029–1036. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1391-5>
- Pham, T. A. (2021). Application of Feedforward Neural Network and SPT Results in the Estimation of Seismic Soil Liquefaction Triggering. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/1058825>
- Sanchez, F., Bonjour, E., Micaelli, J.-P., & Monticolo, D. (2020). An Approach Based on Bayesian Network for Improving Project Management Maturity: An Application to Reduce Cost Overrun Risks in Engineering Projects. *Computers in Industry*, 119, 103227. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103227>
- Sepasgozar, S. M. E., Karimi, R., Shirowzhan, S., Mojtahedi, M., Ebrahimzadeh, S., & McCarthy, D. (2019). Delay Causes and Emerging Digital Tools: A Novel Model of Delay Analysis, Including Integrated Project Delivery and PMBOK. *Buildings*, 9(9), 191. <https://doi.org/10.3390/buildings9090191>
- Shaqour, E. N. (2022). The Role Of Implementing BIM Applications In Enhancing Project Management Knowledge Areas In Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(1), 101509. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.05.023>
- Sovacool, B. K., Enevoldsen, P., Koch, C., & Barthelmie, R. J. (2017). Cost Performance And Risk In The Construction Of Offshore And Onshore Wind Farms. *Wind Energy*, 20(5), 891–908. <https://doi.org/10.1002/we.2069>
- Sridarran, P., Keraminiyage, K., & Herszon, L. (2017). Improving The Cost Estimates Of Complex Projects In The Project-Based Industries. *Built Environment Project and Asset Management*, 7(2), 173–184. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-10-2016-0050>
- Steininger, B. I., Groth, M., & Weber, B. L. (2021). Cost Overruns And Delays In Infrastructure Projects: The Case Of Stuttgart 21. *Journal of Property Investment and Finance*, 39(3), 256–282. <https://doi.org/10.1108/JPIF-11-2019-0144>
- Zhang, Y., Minchin, R. Edward, Asce, A. M., & Agdas, D. (2017). *Forecasting Completed Cost of Highway Construction Projects Using LASSO Regularized Regression*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943)