

Manajemen Risiko Kinerja Pelaksanaan Struktur Untuk Evaluasi dan Strategi Percepatan Proyek Konstruksi Gedung Rumah Sakit di Jakarta Selatan

Dewi Noviana¹⁾, Syahril Taufik²⁾

¹⁾ Magister Teknik Sipil, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Nasional

²⁾ Dosen Magister Teknik Sipil, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Nasional

^{1,2)} Jl. Moch. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640, Indonesia

Email: g3x.thewiq@gmail.com, syahril_taufik@istn.ac.id

Abstrak

Pembangunan rumah sakit di kawasan perkotaan menghadapi tantangan berupa keterbatasan lahan, kompleksitas teknis, serta tuntutan percepatan waktu tanpa menurunkan mutu pekerjaan. Kondisi tersebut menimbulkan berbagai risiko pada tahap pelaksanaan struktur, terutama keterlambatan material, keterbatasan ruang alat, dan efisiensi alat bantu vertikal. Permasalahan serupa terjadi pada proyek pembangunan **Gedung Rumah Sakit Angkatan Udara Prof. Dr. Abdulrachman Saleh (RSAU)** Jakarta yang memiliki karakteristik khusus dengan fasilitas infeksius dan standar teknis tinggi.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja manajemen risiko serta merumuskan strategi percepatan pelaksanaan struktur melalui pendekatan statistik dan pengambilan keputusan multikriteria. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data dari 43 responden dan 7 pakar. Analisis dilakukan menggunakan **Severity Index**, **regresi linear berganda**, dan metode **Analytic Hierarchy Process (AHP)** untuk menilai alternatif strategi alat bantu vertikal.

Hasil menunjukkan variabel **Machine (X3)**, **Material (X4)**, dan **Environment (X7)** berpengaruh signifikan terhadap kinerja struktur, dengan nilai *adjusted R²* sebesar 0,955. Alternatif terbaik adalah kombinasi **Tower Crane dan dua Mini Crane**, dengan skor AHP tertinggi sebesar 0,5394. Validasi melalui analisis sensitivitas dan observasi lapangan membuktikan efektivitas strategi dalam mengatasi risiko kritis dan mempercepat pelaksanaan proyek. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi analisis risiko berbasis statistik dan metode keputusan pakar merupakan pendekatan komprehensif dalam pengelolaan risiko struktur serta percepatan proyek rumah sakit di kawasan padat perkotaan.

Kata Kunci: Manajemen risiko, Konstruksi rumah sakit, Percepatan proyek, AHP

Abstract

Hospital construction in urban areas faces challenges of limited land, technical complexity, and strict time constraints requiring project acceleration without compromising quality. These conditions create various structural implementation risks such as material delays, restricted equipment movement, and inefficient vertical handling. Similar issues occurred in the **Prof. Dr. Abdulrachman Saleh Air Force Hospital (RSAU)** project in Jakarta, characterized by infection-control facilities and high technical standards.

This study aims to evaluate risk management performance and formulate acceleration strategies for structural implementation using statistical and multi-criteria decision approaches. A quantitative method was applied with data from 43 respondents and 7 experts. Analyses employed the **Severity Index**, **multiple linear regression**, and the **Analytic Hierarchy Process (AHP)** to assess alternative vertical handling strategies.

Results indicate that **Machine (X3)**, **Material (X4)**, and **Environment (X7)** significantly affect structural performance, with an *adjusted R²* of 0.955. The optimal alternative is the combination of **Tower Crane and two Mini Cranes**, achieving the highest AHP score of 0.5394. Sensitivity analysis and field validation confirmed the effectiveness of this strategy in mitigating critical risks and accelerating project completion. The study concludes that integrating statistical risk analysis with expert decision-making offers a comprehensive approach to managing structural risks and accelerating hospital construction projects in dense urban areas.

Keywords: Risk management, Hospital construction, Project acceleration, AHP

1. PENDAHULUAN

Manajemen risiko merupakan elemen fundamental dalam keberhasilan proyek konstruksi, terutama dalam identifikasi dan mitigasi potensi risiko yang dapat menghambat pencapaian tujuan (Siahaan & Simanjuntak, 2022). Penelitian menunjukkan bahwa risiko internal seperti metode konstruksi, desain, dan aspek keselamatan kerja secara signifikan memengaruhi jadwal, biaya, dan kualitas proyek. Oleh karena itu, koordinasi yang efektif dan peningkatan kualitas pelaksanaan menjadi kunci untuk mengurangi dampak risiko terhadap kinerja proyek secara keseluruhan.

Penelitian lain juga menekankan pentingnya kepatuhan terhadap spesifikasi teknis dan standar kualitas dalam menjaga mutu struktur (Hidayat dkk., 2022). Namun, dalam konteks proyek yang menuntut percepatan, pemilihan metode kerja dan strategi pengendalian waktu menjadi faktor krusial. Evaluasi risiko terhadap waktu dan keandalan pelaksanaan struktur perlu dilakukan secara sistematis guna memastikan efisiensi tanpa mengorbankan kualitas.

Proyek konstruksi yang kompleks, seperti pembangunan rumah sakit, membutuhkan pendekatan manajemen risiko yang lebih komprehensif. Terlebih lagi, pembangunan Gedung Rumah Sakit Angkatan Udara Prof. Dr. Abdulrachman Saleh (RSAU) Jakarta yang dikerjakan oleh kontraktor multinasional PT. Nusa Konstruksi Engineering, Tbk adalah proyek yang dirancang khusus sebagai rumah sakit fasilitas infeksius (Bunga & Damanhuri, 2021). Hal ini menimbulkan tantangan dan risiko yang lebih spesifik dibandingkan rumah sakit umum. Standar pembangunan harus memenuhi persyaratan yang sangat ketat, terutama terkait sistem tata udara tekanan negatif, zonasi, alur sirkulasi, dan penggunaan material yang tahan terhadap infeksi. Studi yang dilakukan oleh menunjukkan bahwa proyek rumah sakit memiliki faktor risiko yang sangat signifikan, memerlukan strategi mitigasi optimal, dan penanganan risiko eksternal seperti cuaca dan bencana alam (Mangngiri & Taufik, 2023).

Pengendalian proyek merupakan elemen kunci untuk memastikan pelaksanaan konstruksi sesuai rencana (Arifin, 2021). Dengan sistem pengawasan yang baik,

penyimpangan dapat dideteksi secara dini, memungkinkan penerapan langkah-langkah korektif. Pemanfaatan teknologi, seperti integrasi Building Information Modeling (BIM) dan Enterprise Resource Planning (ERP), dapat meningkatkan efektivitas pengendalian anggaran dan kinerja proyek (Wibowo, 2024). Selain itu, penerapan standar manajemen mutu ISO 9001:2015 dan manajemen risiko ISO 31000:2018 berperan penting dalam menjaga kualitas dan efektivitas pengelolaan risiko (Lisananda, 2021).

Penerapan manajemen risiko yang efektif sangat penting untuk meningkatkan kualitas hasil akhir dan mengurangi hambatan proyek. Dalam konteks pembangunan Gedung Rumah Sakit Angkatan Udara (RSAU) Jakarta, evaluasi strategi manajemen risiko pada tahap pelaksanaan struktur menjadi esensial untuk mendukung percepatan proyek dan memastikan kinerja struktur yang optimal.

Dari uraian di atas, tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi manajemen risiko pada tahap pelaksanaan struktur proyek pembangunan Gedung RSAU Jakarta. Identifikasi risiko yang tepat dan penerapan strategi percepatan yang efektif diharapkan dapat meningkatkan kinerja waktu proyek, sehingga penyelesaian konstruksi lebih efisien dan sesuai dengan target.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam upaya memahami risiko secara komprehensif, diperlukan sudut pandang yang luas agar dapat menjadi dasar dalam melakukan evaluasi terhadap berbagai potensi risiko pada proyek konstruksi. Pemahaman ini penting untuk mengidentifikasi dan menilai faktor-faktor yang dapat memengaruhi kinerja proyek. Sebelum melakukan analisis lebih lanjut, perlu dikemukakan beberapa pengertian mengenai risiko sebagai landasan dalam memahami berbagai kemungkinan yang dapat terjadi selama pelaksanaan proyek konstruksi.

A. Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah kegiatan kompleks yang melibatkan berbagai tahapan yang saling terkait, dimulai dari perencanaan dan desain hingga pelaksanaan dan

penyelesaian. Proyek ini mencakup pembangunan berbagai infrastruktur, seperti gedung, jembatan, jalan raya, dan fasilitas lainnya. Proyek konstruksi memiliki karakteristik unik yang membedakannya dari aktivitas lain: setiap proyek memiliki awal dan akhir yang jelas, serta tujuan yang spesifik (PMBOK Guide – 7th Edition, 2021). Dengan demikian, pemahaman yang mendalam tentang proyek konstruksi dan manajemen risiko yang terkait sangat penting untuk mencapai keberhasilan dalam pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan.

Progres pekerjaan dapat mengalami keterlambatan, sesuai jadwal, atau bahkan lebih cepat dari yang direncanakan. Oleh karena itu diperlukan manajemen proyek yang baik untuk mencapai tujuan proyek tersebut (Muhidin & Rohman, 2020).

Beberapa definisi penting yang menjadi pijakan dalam tesis ini antara lain:

- a. Risiko bila dikaitkan dengan konsep peluang merupakan munculnya kondisi yang tidak diinginkan, berikut seluruh akibat yang mungkin timbul, yang berpotensi me-nyebabkan keterlambatan atau bahkan kegagalan proyek (Tatimu & Simanjuntak, 2020).
- b. Risiko didefinisikan sebagai kombinasi antara kemungkinan atau frekuensi terjadinya suatu bahaya dengan besarnya konsekuensi yang ditimbulkan oleh peristiwa tersebut. Penilaian risiko merupakan proses analisis terpadu yang mempertimbangkan peluang terjadinya suatu kejadian serta dampaknya, baik dari segi tingkat keparahan maupun signifikansinya. (Agusman dkk., 2021).
- c. Definisi risiko yang lebih luas sebagai kondisi atau kejadian tidak pasti yang jika terjadi, berdampak pada aspek-aspek pokok proyek—seperti jadwal, biaya, ruang lingkup, dan kualitas (PMBOK Guide – 7th Edition, 2021).
- d. Peneliti memandang risiko dapat dipahami sebagai ukuran yang mencerminkan probabilitas dan konsekuensi dari kegagalan dalam mencapai sasaran proyek yang telah ditetapkan. Konsep ini menekankan aspek terukur (quantifiable) dan tujuan yang gagal secara jelas (Apriliyani, 2020).

Keempat definisi menggarisbawahi bahwa **risiko (risk)** adalah kombinasi dari **ketidakpastian**

(uncertainty) dengan **dampak**

(impact) terhadap tujuan proyek. Risiko bukan hanya ancaman, tapi juga mencakup peluang, sehingga perlu dikelola secara seimbang melalui mitigasi maupun eksploitasi. Pendekatan ini mendasari kerangka kerja manajemen risiko yang digunakan dalam penelitian ini.

B. Tahapan Proyek Konstruksi

Menurut (Mangngiri & Taufik, 2023), suatu proyek konstruksi terdiri atas beberapa tahapan yang saling berhubungan, dimulai dari proses proyek konstruksi diawali dengan tahap perencanaan dan perancangan, tahap pelaksanaan konstruksi yang berfokus pada kegiatan pembangunan fisik, dan terakhir tahap operasional yang mencakup penggunaan serta pemeliharaan hasil pekerjaan konstruksi. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa dalam keseluruhan siklus proyek, mulai dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan fisik, terdapat tiga pihak utama yang terlibat, yaitu **pemilik proyek**, **perencana (konsultan)**, dan **pelaksana (kontraktor)**, yang masing-masing memiliki peran dan tanggung jawab berbeda namun saling berkaitan dalam mencapai tujuan proyek.

C. Pengertian Risiko

Secara umum, **risiko dalam manajemen proyek** dapat dipahami sebagai peluang terjadinya suatu kejadian yang tidak diharapkan, yang berpotensi memengaruhi pencapaian tujuan proyek, baik dalam aspek **biaya**, **mutu hasil pekerjaan** maupun **waktu**. Risiko memiliki dua karakteristik utama, yaitu probabilitas (kemungkinan terjadinya) dan dampak (konsekuensi jika terjadi) (Kineber dkk., 2023; Kleffner dkk., 2003).

Dalam konteks proyek konstruksi, risiko bisa berasal dari berbagai sumber, seperti teknis (kesalahan desain), operasional (keterlambatan material), finansial (kenaikan harga), hingga faktor eksternal (perubahan regulasi atau bencana alam) (Issue dkk., 2025).

D. Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan seperangkat kebijakan dan prosedur yang lengkap, pada suatu organisasi untuk mengelola, memonitor, dan mengendalikan eksposur organisasi terhadap risiko (Lisananda, 2021).

E. Pengukuran Tingkat Risiko

Risk Matrix digunakan untuk memetakan risiko berdasarkan probabilitas dan dampak. Matriks ini menghasilkan klasifikasi risiko mulai dari sangat rendah dengan tingkat keparahan ini digambarkan dengan warna biru, sampai dengan warna merah yang menggambarkan probabilitas sangat tinggi dengan tingkat keparahan yang sangat tinggi (PMBOK Guide – 7th Edition, 2021; Rajendra & Saptadi, 2018).

Dalam mengukur tingkat risiko pada suatu proyek, terdapat beberapa kriteria utama yang perlu diperhatikan. Pertama, **peristiwa risiko**, yaitu kejadian yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap pelaksanaan proyek. Kedua, **probabilitas**, yang menggambarkan tingkat kemungkinan terjadinya suatu peristiwa yang tidak diharapkan. Ketiga, **dampak (impact)**, yaitu besarnya pengaruh yang ditimbulkan terhadap aktivitas proyek lainnya apabila peristiwa tersebut benar-benar terjadi. Secara matematis, tingkat risiko dapat dinyatakan berdasarkan (PMBOK Guide – 7th Edition, 2021) sebagai berikut:

$$R = P \times I \quad \dots (1)$$

Dengan:

R = Tingkat risiko (*risk*)

P = Kemungkinan risiko dapat terjadi (*probability*)

I = Tingkat dampak risiko (*impact*)

Setiap elemen risiko diperoleh berdasarkan penilaian dari sejumlah responden, sehingga diperlukan proses penggabungan data untuk mendapatkan hasil yang representatif. Penggabungan tersebut dilakukan melalui perhitungan **Severity Index (SI)**, yang berfungsi untuk mengukur tingkat keparahan suatu risiko berdasarkan nilai probabilitas (P) dan dampak (I) yang diberikan oleh responden (Mangngiri & Taufik, 2023; Vitra, 2022). Nilai **Severity Index (SI)** dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i x}{4 \sum_{i=0}^4 x_i} \quad \dots (2)$$

Matriks Analisis Risiko (Risk Matrix) adalah alat bantu visual untuk menilai Perhitungan **Severity Index (SI)** dilakukan berdasarkan kombinasi antara kemungkinan terjadinya suatu risiko, dan tingkat keparahan konsekuensi yang ditimbulkan apabila risiko tersebut benar-benar terjadi. Tujuannya untuk **memprioritaskan risiko** mana yang perlu tindakan mitigasi segera (Badan Standardisasi Nasional – SNI ISO 31000:2018).

Tabel 1. Matrik Analisis Risiko

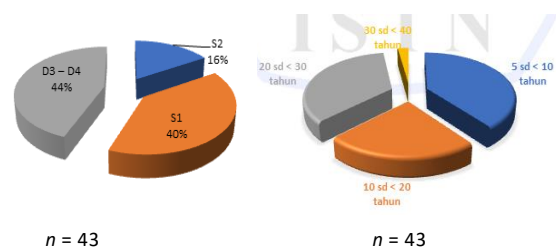
Matriks Analisis Risiko			Level Dampak				
			1 Tidak Signifika n	2 Kecil	3 Sedang	4 Besar	5 Katastrop e
Level Kemu ngkin- an	5	Hampir Pasti	9	15	18	23	25
	4	Kemungkinan Besar	6	12	16	19	24
	3	Mungkin	4	10	14	17	22
	2	Jarang	2	7	11	13	21
	1	Sangat Jarang	1	3	5	8	20

2. METODE PENELITIAN

A. Sampel Penelitian

Menurut (Sugiyono 2016) sampel merupakan bagian dari populasi yang memiliki karakteristik tertentu dan dianggap dapat mewakili keseluruhan populasi tersebut. Total sampel sebanyak:

- 43 responden digunakan untuk analisis statistik risiko (frekuensi dan dampak).
- 7 orang pakar untuk analisis pemilihan alternatif strategi menggunakan metode AHP. Diantaranya adalah Kepala Proyek, Manager Teknik, Pelaksana Lapangan. Adapun daftar responden yang menjadi sampel penelitian ini, pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Pendidikan & Pengalaman Responden

B. Analisis Probabilitas dan Dampak

Tahap awal penelitian dilakukan dengan menerapkan analisis *severity index* untuk menilai tingkat keparahan masing-masing

faktor. Selanjutnya, hasil analisis tersebut diklasifikasikan berdasarkan tingkat probabilitas serta besarnya dampak yang ditimbulkan. Penentuan nilai *severity index* mengacu pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Klasifikasi Severity Index

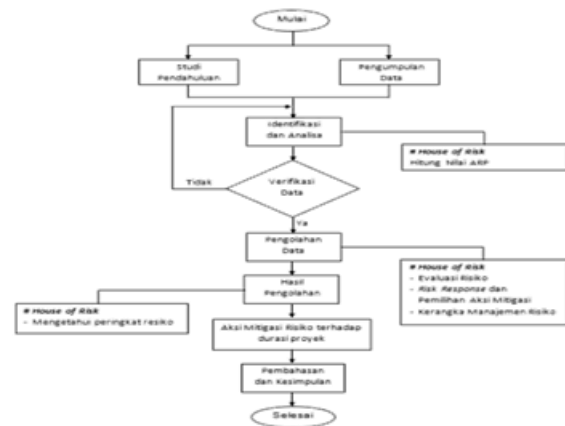
No.	Severity Index	Keterangan
1	0,00 = $Sf = 12,5$	Tidak pernah
2	12,5 = $Sf = 37,5$	Jarang
3	37,5 = $Sf = 62,5$	Kadang-kadang
4	62,5 = $Sf = 87,5$	Sering
5	87,5 = $Sf = 100$	Selalu

C. Rancang Analisis

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menyajikan gambaran secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai hubungan antarvariabel yang menjadi fokus kajian. Sesuai dengan definisi (Sugiyono, 2022) metode penelitian **kuantitatif** berorientasi pada paradigma **positivisme**, yang menekankan pada pengujian teori melalui pengumpulan data terukur dari sampel tertentu. Pendekatan ini digunakan untuk menguji hipotesis secara sistematis dengan memanfaatkan **analisis statistik** guna memperoleh kesimpulan yang objektif dan terverifikasi. Data numerik dikumpulkan melalui instrumen penelitian, kemudian diolah menggunakan program statistik. Analisis deskriptif digunakan untuk meringkas dan menggambarkan karakteristik data, yang mendukung interpretasi temuan secara jelas.

D. Flow Chart

Pelaksanaan penelitian diberikan pada bagan alir Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Flow Chart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis menunjukkan bahwa tiga variabel Machine (X3), Material (X4), dan Environment (X7) adalah tiga risiko paling dominan yang memengaruhi waktu proyek. Risiko-risiko ini membutuhkan perhatian khusus dalam strategi manajemen proyek.

Pilihan Strategi Alat Bantu Vertikal:

Penelitian ini mengevaluasi tiga alternatif strategi pemilihan alat bantu vertikal yang digunakan bersama tower crane eksisting (Santosa & Nugraha, 2023), yaitu:

1. Y1 – Tower Crane (Eksisting) + 1 unit Mobile Crane
2. Y2 – Tower Crane (Eksisting) + 2 unit Mini Crane
3. Y3 – Tower Crane (Eksisting) + Rougher + Mini Crane

Ketiga opsi ini dinilai berdasarkan kemampuannya mengatasi kendala seperti keterlambatan material dan area kerja yang terbatas, yang merupakan tantangan utama dalam proyek konstruksi bertingkat (Rahman dkk., 2022).

A. Hasil Uji Instrumen

1) Uji Validitas

Uji validitas bertujuan untuk menilai sejauh mana setiap pertanyaan dalam kuesioner mampu merepresentasikan konstruk yang diukur. Pengujian dilakukan menggunakan analisis korelasi *Pearson* antara skor masing-masing pertanyaan dengan skor total instrumen. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh item memiliki nilai korelasi $> 0,3$, sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh pertanyaan pada

kuesioner ini valid dan layak digunakan untuk tahap analisis selanjutnya.

2) Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengukur tingkat konsistensi internal dari instrumen kuesioner, yakni sejauh mana butir-butir pertanyaan dalam satu dimensi mampu menghasilkan data yang stabil dan dapat diandalkan. Pengujian reliabilitas ini menggunakan metode *Cronbach's Alpha* dengan nilai ambang $> 0,6$ sebagai kriteria penerimaan yang menunjukkan tingkat reliabilitas yang memadai. Hasil perhitungan nilai *Cronbach's Alpha* untuk masing-masing dimensi risiko disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Nilai Cronbach's Alpha

	Item-Total Statistics			
	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
X3	9.155	4.266	.851	.934
X4	9.142	3.995	.941	.940
X7	9.135	4.373	.826	.942
Y	9.208	4.168	.976	.898

Secara keseluruhan, semua item memiliki korelasi item-total $> 0,3$, sehingga semua item layak digunakan dan valid untuk analisis lebih lanjut. Reliabilitas instrumen dinyatakan cukup tinggi, dengan Cronbach's Alpha keseluruhan $\geq 0,90$ (Sangat reliabel, excellent).

B. Hasil Uji Asumsi Klasik

1) Uji Normalitas

Uji normalitas data dilakukan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov Test* melalui program SPSS. Pengujian ini merupakan bagian dari uji asumsi klasik yang bertujuan untuk memastikan bahwa data berdistribusi normal sehingga dapat digunakan dalam analisis statistik parametrik. Uji normalitas dilakukan untuk menilai apakah nilai residual mengikuti distribusi normal atau tidak. Model regresi yang baik ditandai dengan nilai residual yang berdistribusi normal. Hasil analisis uji normalitas disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas SPSS

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y	.095	43	.200 [*]	.973	43	.402

^a. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil uji Shapiro-Wilk yang lebih relevan untuk sampel sebanyak 43, dapat disimpulkan bahwa semua variabel (X3, X4, dan X7) pada penelitian ini berdistribusi normal.

2) Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya hubungan korelasional yang tinggi antarvariabel independen dalam model regresi. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap variabel bebas memberikan kontribusi yang bersifat independen dan tidak saling memengaruhi secara berlebihan. Hasil pengujian multikolinearitas disajikan pada Tabel 5 berikut..

Tabel 5. Hasil Uji Multikolinearitas

Model	Dimensi	Eigenvalue	Condition Index	Collinearity Diagnostics ^a			
				(Constant)	X3	X4	X7
1	1	3.938	1.000	.00	.00	.00	.00
	2	.085	10.554	.92	.08	.12	.01
	3	.016	15.869	.08	.06	.76	.48
	4	.011	18.633	.00	.91	.12	.51

a. Dependent Variable: Y

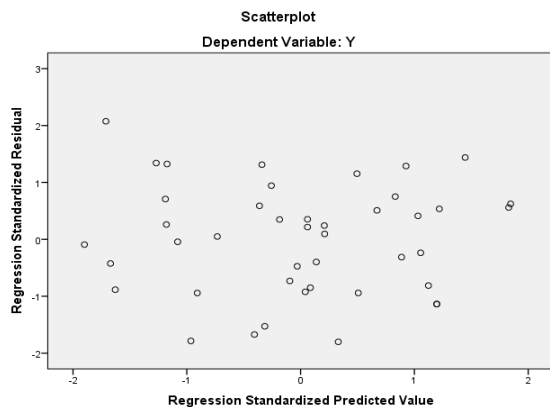
Meskipun ada indikasi multikolinearitas, masalah ini tidak dianggap serius karena tidak semua variabel independen berkorelasi tinggi pada dimensi dengan Condition Index yang tinggi. Ini mengonfirmasi hasil dari tabel Koefisien yang menunjukkan nilai VIF untuk semua variabel berada < 10 , yang merupakan kriteria paling umum dan kuat untuk menyimpulkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan dalam model regresi ini.

3) Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas dilakukan menggunakan metode *Rank-Spearman*, dengan cara mengorelasikan masing-masing variabel independen terhadap nilai absolut residual (*error*). Tujuan pengujian ini adalah untuk mendeteksi ada atau tidaknya ketidaksamaan varians residual dalam model regresi. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,48 ($> 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat indikasi heteroskedastisitas pada model regresi. Dengan demikian, model dinyatakan memenuhi asumsi klasik dan layak digunakan

untuk analisis lanjutan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar (*Scatterplot*) berikut.

Gambar 3. Hasil Uji Heteroskedastisitas



4) Uji Autokorelasi

Uji **autokorelasi** bertujuan untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya hubungan antara nilai residual pada periode pengamatan saat ini dengan residual pada periode sebelumnya. Pengujian dilakukan menggunakan **nilai Durbin-Watson (DW)** sebagai indikator. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai DW sebesar [...]. Nilai tersebut berada dalam rentang **-2 hingga +2**, sehingga dapat disimpulkan bahwa **tidak terdapat gejala autokorelasi** pada model regresi. Dengan demikian, model dianggap memenuhi asumsi klasik dan layak digunakan untuk analisis regresi selanjutnya, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 6** berikut.:

Tabel 6. Hasil Uji Autokorelasi

Model Summary ^a					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.977 ^a	.955	.951	.1498	2.574
a. Predictors: (Constant), X7, X4, X3					
b. Dependent Variable: Y					

C. Hasil Regresi Linier Berganda

1) Persamaan Regresi

Analisis ini digunakan untuk menguji sejauh mana variabel independen (X) berpengaruh terhadap variabel dependen, yaitu tingkat efektivitas operasional (Y), melalui model *multilinear*. Hubungan antara variabel-variabel tersebut diformulasikan dalam bentuk persamaan linear yang melibatkan lima variabel, sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$Y = 0,042 + 0,249X_3 + 0,393X_4 + 0,325X_7$$

Dimana:

Y : Tingkat Efektifitas Operasional

X_3 : Machine

X_4 : Material

X_7 : Enviroment

Hasil analisis risiko regresi dapat di tampilkan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Analisa Regresi Linear Berganda

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error				Tolerance	VIF
1	(Constant)	.042	.108		.392	.697		
	X3	.249	.057	.265	4.387	.000	.316	3.163
	X4	.393	.047	.464	8.355	.000	.375	2.670
	X7	.325	.053	.340	6.081	.000	.369	2.711

a. Dependent Variable: Y

Berdasarkan hasil uji signifikansi parsial (*uji t*), ketiga variabel independen memiliki nilai signifikansi sebesar 0,000 ($< 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa seluruh variabel (X3, X4, dan X7) berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen (Y). Selain itu, nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk masing-masing variabel berada di bawah 10 (X3 = 3,163; X4 = 2,670; X7 = 2,711), sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi tidak mengalami permasalahan multikolinearitas. Dengan demikian, variabel *Machine*, *Material*, dan *Environment* terbukti memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap *Kinerja Pelaksanaan Struktur*, dengan *Material* (X4) sebagai faktor yang paling dominan memberikan pengaruh.

2) Uji t (Koefisien Regresi Parsial)

Uji *t* dilakukan untuk menilai tingkat signifikansi pengaruh masing-masing variabel independen secara parsial terhadap variabel dependen. Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji-t (Koefisien Regresi Parsial)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error				Tolerance	VIF
1	(Constant)	.042	.108		.392	.697		
	X3	.249	.057	.265	4.387	.000	.316	3.163
	X4	.393	.047	.464	8.355	.000	.375	2.670
	X7	.325	.053	.340	6.081	.000	.369	2.711

a. Dependent Variable: Y

beberapa poin penting:

- Seluruh variabel memiliki nilai signifikansi (p-value) $< 0,05$, sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak untuk masing-masing variabel.
- Ini berarti, secara parsial, variabel X3 (Machine), X4 (Material), dan X7 (Environment) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen (Y).
- Variabel X4 menunjukkan nilai t-statistik paling tinggi ($t = 8,355$), mengindikasikan bahwa variabel Material memiliki pengaruh paling dominan secara parsial dalam model regresi ini.

3) Uji F (Anova)

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa nilai F yang diperoleh sebesar 275,472 dengan tingkat signifikansi $p = 0,000$. Karena nilai p berada di bawah 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa secara simultan ketiga variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Rincian hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Uji F (Anova)

		ANOVA ^a			F	Sig.
Model		Sum of Squares	df	Mean Square		
1	Regression	18.493	3	6.164	275.472	.000 ^b
	Residual	.873	39	.022		
	Total	19.366	42			

a. Dependent Variable: Y
b. Predictors: (Constant), X7, X4, X3

4) Koefisien Determinasi (R^2)

Adapun hasil model summary dari analisis perhitungan R, dapat dilihat pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Model Summary dari Hasil Analisis Perhitungan R

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.977 ^a	.955	.951	.1496

a. Predictors: (Constant), X7, X4, X3

- $R = 0,977$,
- $R\text{Square} (R^2) = 0,955$,
- $\text{Adjusted } R\text{Square} = 0,951$,
- $\text{Standard Error of the Estimate} = 0,1496$.

Hal ini menunjukkan bahwa 95,5% variasi dalam Y dapat dijelaskan oleh ketiga variabel independen dalam model. Nilai Adjusted R^2 yang tinggi menunjukkan model tetap stabil dan baik meskipun jumlah variabel yang digunakan tidak banyak.

D. Perbandingan dengan Studi Terdahulu

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan (Mangngiri & Taufik, 2023) yang menegaskan bahwa keterlambatan pengadaan material, keterbatasan ruang kerja, dan kendala teknis alat bantu merupakan risiko dominan dalam proyek rumah sakit. Namun, terdapat perbedaan fokus dan pendekatan. Penelitian Mangngiri & Taufik menekankan pada identifikasi risiko mutu secara deskriptif, sementara penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui regresi linier berganda untuk mengukur pengaruh signifikan variabel **Material, Machine, dan Environment** terhadap percepatan proyek. Penelitian ini juga memberikan kontribusi lebih lanjut dengan merumuskan strategi percepatan berbasis metode **Analytic Hierarchy Process (AHP)**. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi **Tower Crane dan 2 unit Mini Crane** merupakan strategi distribusi vertikal yang paling efektif dalam mengatasi keterlambatan material, keterbatasan ruang, dan optimalisasi mesin pada proyek gedung bertingkat dengan lahan sempit.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat temuan sebelumnya, tetapi juga menawarkan solusi praktis yang dapat diimplementasikan dalam proyek sejenis.

E. Evaluasi Alternatif Alat Bantu Vertikal 1) Matriks AHP

Berdasarkan analisis AHP, ditemukan bahwa kriteria Money (Biaya Pengadaan & Operasional) menjadi faktor paling prioritas dengan bobot tertinggi. Diikuti oleh Material dan Environment yang juga memiliki bobot signifikan. Sementara itu, kriteria Machine, Method, dan Man memiliki bobot yang lebih rendah, menunjukkan faktor-faktor ini kurang menjadi prioritas Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Bobot Masing-Masing Kriteria AHP

Kriteria	Variabel	Bobot Prioritas	Peringkat
Man	X1	0.0673	6
Method	X2	0.1133	4
Machine	X3	0.0270	7
Material	X4	0.1725	3
Money	X5	0.1851	2
Safety	X6	0.0818	5
Environment	X7	0.3551	1

2) Hasil Penilaian AHP

Tiga alternatif kombinasi alat bantu vertikal yang dievaluasi adalah:

- Alternatif 1: TC + Mobile Crane
- Alternatif 2: TC + Roughter Crane + Mini Crane
- Alternatif 3: TC + 2 unit Mini Crane

Sementara skor global untuk masing-masing alternatif adalah seperti terlihat pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Skor Global Masing-Masing Tipe Alat Bantu Vertikal

Alt	Alat Bantu Vertikal	Skor Global	Ranking
1	TC + Mobile Crane	0,3142	2
2	TC + Rough Terrain + Mini Crane	0,1464	3
3	TC + 2 unit Mini Crane	0,5394	1

Dengan nilai *Consistency Ratio* (CR) = 3,26%, menunjukkan bahwa hasil konsisten karena $CR < 10\%$.

3) Analisis dan Diskusi

a. Analisis Sensitivitas dan Evaluasi Alternatif

Analisis sensitivitas menegaskan bahwa Alternatif 3 (kombinasi Tower Crane + 2 unit Mini Crane) adalah pilihan paling stabil dan konsisten. Alternatif ini tetap menjadi peringkat pertama bahkan saat bobot kriteria berubah, membuktikan ketahanannya terhadap fluktuasi penilaian.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemilihan alat bantu vertikal paling sensitif terhadap dampak lingkungan (X7) dan biaya (X5). Sementara itu, kriteria lain seperti keselamatan, efisiensi operasional, dan kapasitas alat memiliki sensitivitas yang rendah. Temuan ini menyoroti bahwa keputusan strategis harus berfokus pada keseimbangan antara efisiensi biaya dan keberlanjutan lingkungan.

b. Perbandingan AHP dengan Realitas Lapangan

Hasil AHP yang memprioritaskan **Alternatif 3** konsisten dengan kondisi riil di lapangan. Mini Crane terbukti unggul karena mobilitas tinggi, waktu rakit yang singkat, dan biaya yang lebih rendah. Kemampuannya bekerja di ruang sempit dan mendukung distribusi material simultan membuatnya ideal untuk proyek dengan keterbatasan lahan.

c. Kesimpulan dan Implikasi Strategis

Hasil penelitian ini, yang menggabungkan analisis regresi dan Analytical Hierarchy Process (AHP), menunjukkan integrasi yang kuat. Analisis regresi mengidentifikasi Machine, Material, dan Environment sebagai variabel signifikan, sementara AHP mengkonfirmasi relevansi ketiganya dengan menempatkan Environment (X7) sebagai kriteria prioritas.

Pemilihan Alternatif 3 bukan hanya pilihan yang paling efisien, tetapi juga merupakan strategi manajemen risiko yang terencana. Menggunakan dua unit Mini Crane adalah bentuk Pencegahan dan Pengurangan Kerugian (Loss Prevention & Reduction) dan Pengalihan Risiko (Risk Transfer). Strategi ini secara proaktif mengurangi risiko operasional dan keterlambatan proyek, memastikan proyek konstruksi dapat berjalan efisien meskipun menghadapi kendala lahan terbatas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi risiko hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Evaluasi Penerapan Manajemen Risiko: Penerapan manajemen risiko dalam pekerjaan struktural proyek Gedung Rumah Sakit Angkatan Udara (RSAU) di Jakarta telah berhasil mengidentifikasi 7 variabel utama dan 49 sub-kriteria risiko. Evaluasi menggunakan analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa tiga variabel Machine (X3), Material (X4), dan Environment (X7) berpengaruh signifikan terhadap percepatan pelaksanaan struktur, dengan nilai Adjusted R^2 sebesar 0,955.
- 2) Identifikasi Risiko Dominan: Risiko-risiko yang paling berpotensi menghambat percepatan proyek telah teridentifikasi. Berdasarkan nilai rata-rata tertimbang

dari persepsi responden, risiko tertinggi berada pada variabel Environment, Material, dan Machine. Sub-kriteria dari risiko-risiko ini meliputi keterbatasan ruang kerja, keterlambatan pengadaan material, dan kurangnya optimalisasi alat bantu transportasi vertikal. Temuan ini diperkuat oleh hasil korelasi parsial dan analisis regresi.

- 3) Perumusan Strategi Manajemen Risiko: Strategi percepatan pelaksanaan pekerjaan struktural dirumuskan melalui evaluasi alternatif alat bantu vertikal menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Alternatif terbaik adalah kombinasi Tower Crane dengan dua Mini

Crane (Alternatif 3), yang memiliki skor AHP tertinggi (0,5394). Alternatif ini terbukti paling sesuai secara teknis dan finansial untuk proyek di lahan sempit. Validasi lapangan dan analisis sensitivitas menunjukkan bahwa alternatif ini tetap unggul meskipun terjadi perubahan bobot kriteria.

Dengan demikian, pendekatan terpadu antara identifikasi risiko, analisis statistik, dan evaluasi strategi menggunakan AHP telah berhasil menghasilkan rekomendasi konkret yang dapat digunakan dalam proyek konstruksi rumah sakit bertingkat dengan kondisi terbatas.

Daftar Pustaka

- Agusman, A., Prasetya, H. B., & Purba, H. H. (2021).** Tinjauan dan Analisis Risiko dalam Proyek Konstruksi Bangunan: Studi Literatur. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 19(2), 41–52. <https://doi.org/10.52330/jtm.v19i2.29>
- Ali Shaikh, F., & Sohu, S. (2020).** Implementation, advantages and management of ISO 9001 in the construction industry. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 6(6), 1136–1142. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091535>
- Apriliyani, M. A. (2020).** Analisa Keterlambatan Berbasis Manajemen Risiko Pada Proyek Warehouse Lazada Tahap 2. *Rekayasa Sipil*, 8(2), 58. <https://doi.org/10.22441/jrs.2019.v08.i2.02>
- Arifin, Z. (2021).** Pengantar Manajemen Proyek. *Pendidikan*, 1.1-1.31. <https://pustaka.ut.ac.id/lib/msim4406-manajemen-proyek-sistem-informasi/>
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) – SNI ISO 31000:2018. (2018).** *Badan Standardisasi Nasional (BSN) – SNI ISO 31000:2018*.
- Bunga, V. U., & Damanhuri, E. (2021).** Kajian Timbulan Limbah Infeksius Rumah Sakit Kota Bandung dan Cimahi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 138–146. <https://doi.org/10.29122/jtl.v22i2.4762>
- Hidayat, M. D., Amir, A., & Fazlina, R. (2022).** Analisis Mutu Beton Pada Pekerjaan Struktur Atas Bak Air (Studi Kasus Proyek Sumur Dalam Terlindungi Gampong Sawang Teubei). *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(2), 124–131.
- Issue, V., Sany, M. T., Ashad, H., & Maricar, M. H. (2025).** *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Kajian manajemen risiko pada pembangunan gedung kantor PKK, Dekranasda dan UMKM Center Kota Makassar*. 8(1), 831–839.
- Kineber, A. F., Antwi-Afari, M. F., Elghaish, F., Zamil, A. M. A., Alhusban, M., & Qarallel, T. J. O. (2023).** Benefits of Implementing Occupational Health and Safety Management Systems for the Sustainable Construction Industry: A Systematic Literature Review. *Sustainability (Switzerland)*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su151712697>
- Kleffner, A. E., Lee, R. B., & McGannon, B. (2003).** The Effect of Corporate Governance on the Use of Enterprise Risk Management: Evidence From Canada. *Risk Management* <html_ent glyph="@amp;" ascii="&"/> *Insurance Review*, 6(1), 53–73. <https://doi.org/10.1111/1098-1616.00020>
- Lisananda, A. A. (2021).** *Manajemen Risiko Konstruksi pada Proyek Pembangunan Perpipaan Air Limbah Berdasar Konsep ISO 31000:2018 Risk Management-Guidelines (Construction Risk Management on Wastewater Piping Construction Based on ISO 31000:2018 Risk Management-Guidelines)*. 1–159.

- Mangngiri, I. Y. D., & Taufik, S. (2023).** Evaluasi Manajemen Risiko Pelaksanaan Konstruksi Gedung Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Paniai Provinsi Papua. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 33(1), 15–21.
<https://doi.org/10.37277/stch.v33i1.1648>
- Muhidin, D., & Rohman, F. (2020).** Analisis Manajemen Proyek Gedung Rumah Sakit Tias Medika Cirebon. *Jurnal Konstruksi*, 7(2), 2085–8744.
<http://jurnal.ugj.ac.id/index.php/Konstruksi/article/view/3773>
- Pertiwi, C. K., & Anggraeni, I. A. A. (2023).** Analisis Risiko Mutu Pelaksanaan Konstruksi Bendungan Leuwikeris Pekerjaan Paket 1. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 22(2), 151–167.
<https://doi.org/10.35760/dk.2023.v22i2.9895>
- PMBOK Guide – 7th Edition, A. G. to the P. M. B. of K. (2021).** The Standard for Project Management and a Guide to The Project Management Body of Knowledge. In *The Standard for Project Management and A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide 7th edition)*. (Nomor July).
- Rahman, I. A., Wang, C., & Adil, M. (2022).** Assessment of delay mitigation measures in construction: A comparative AHP approach. *Journal of Engineering, Design and Technology*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1108/JEDT-05-2021-0275>
- Rajendra, R., & Saptadi, S. (2018).** Identifikasi Dan Analisis Risiko Terhadap Kinerja Perusahaan Dengan Metode Risk Matrix (Pt. Kernel Indonesia Potential). 1–14.
- Siahaan, S. B., & Simanjuntak, M. R. A. (2022).** Kajian Identifikasi Risiko Pada Tahap Pelaksanaan Proyek Konstruksi: Studi Kasus Multiple Project Management. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*.
<https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i1.1996>
- Sugiyono. (2016).** Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. *Bandung: PT Alfabet*
- Sugiyono. (2022).** Metode Penulisan Kualitatif. *Metode Penelitian Kualitatif*, 1–274.
- Tatimu, E. R., & Simanjuntak, M. R. A. (2020).** The identification of risk factors of quality that affecting contractors' performance at XYZ company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 852(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012113>
- Wibowo, I. A. (2024).** Penerapan Building Information Modeling (Bim) Pada Tahap Kesiapsiagaan Bencana Alam. 11(2).