

Analisis Faktor Penyebab dan Mitigasi Risiko pada Proyek Konstruksi dengan Metode SEM dan FTA (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu RS Sardjito)

Aribowo Martanto^{1,*}, Fitri Nugraheni¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Dominant Risk
Management Project
Risk Mitigation Plan

Corresponding Author:

Aribowo Martanto
22914007@students.uii.ac.id

Abstract

The construction industry, particularly in complex projects such as the Integrated Mother and Child Building at RS Sardjito, faces high risks that require analysis of causal factors and mitigation through innovative technology and management. The aim of this study is to analyze the influence of dominant risk factors on Risk Management in the construction of the Integrated Mother and Child Building at RS Sardjito, identify these dominant risk factors, and provide appropriate mitigation recommendations to address them, ensuring the smooth and successful execution of the project. The methods used are SEM and FTA to identify and mitigate risks. The results identify four dominant risk factors affecting risk management based on SEM analysis: Technical Risks, Human Resources, and Design, which have a positive influence, and Logistics, which has a negative influence. The Force Majeure factor has no significant effect. FTA results reveal three dominant risk categories: quality (indicators: non-compliance with construction methods, substandard material quality, inaccurate design specifications, lack of detailed drawings), cost (indicators: material price increases, delays in material procurement, changes in workforce numbers, late design approval), and time (indicators: difficult access, traffic congestion, and delayed material delivery). Mitigation plans include enhanced training, equipment maintenance, supervision of construction methods, team coordination, price surveys, transportation optimization, and traffic engineering to ensure project continuity.

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Latar Belakang

Industri konstruksi saat ini semakin kompleks, terutama dalam proyek-proyek besar seperti pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu di RS Sardjito, yang melibatkan banyak pihak dan memerlukan pendekatan manajerial khusus (Darmawan, 2023). Proyek rumah sakit, seperti yang dikaji oleh (Prasetyono & Dani, 2022), menambah tantangan karena banyaknya pihak yang terlibat, menciptakan lingkungan kerja yang berisiko dan memerlukan manajemen risiko yang cermat. Risiko yang dihadapi termasuk keterlambatan proyek dan masalah keselamatan kerja yang dapat mempengaruhi penyelesaian tepat waktu dan kualitas, seperti yang dijelaskan oleh

Nuciferani et al., (2019) dan Suraji (2022). Oleh karena itu, penggunaan teknologi dan metode manajemen yang inovatif menjadi penting, seperti yang diusulkan oleh Thaha et al., (2020) dan Andika et al., (2022), untuk mengelola risiko dan meningkatkan efisiensi dalam pelaksanaan proyek.

Pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu di RS Sardjito merupakan proyek yang sangat kompleks dengan risiko pelaksanaan yang tinggi karena melibatkan berbagai aspek teknis dan manajerial (Maulana & Santosa, 2020). Identifikasi risiko menjadi kunci utama dalam manajemen risiko proyek ini, dengan fokus pada faktor teknis, lingkungan, dan

koordinasi antara berbagai pihak (Fitriah et al., 2023). Dalam konteks ini, metode analisis seperti Structural Equation Modeling (SEM) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab risiko dan strategi mitigasi yang tepat (Jatiningsih et al., 2022). Pendekatan manajerial yang holistik dan berbasis data sangat diperlukan untuk memastikan kelancaran proyek yang berperan penting dalam meningkatkan fasilitas kesehatan di Yogyakarta.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang berkaitan dengan penelitian mengenai identifikasi dan analisis meliputi:

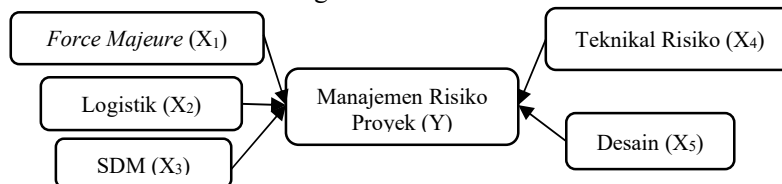
1. Bagaimana pengaruh faktor-faktor penyebab risiko dominan terhadap Manajemen Risiko Proyek pada pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu RS Sardjito?
2. Bagaimana mengidentifikasi faktor penyebab risiko dominan pada pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu RS Sardjito?
3. Bagaimana tindakan mitigasi yang tepat untuk mengatasi faktor risiko dominan pada pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu RS Sardjito?

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor risiko dominan terhadap Manajemen Risiko Proyek dalam pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu di RS Sardjito. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko dominan yang mempengaruhi jalannya pembangunan proyek tersebut. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi tindakan mitigasi

yang tepat guna mengatasi faktor risiko dominan yang teridentifikasi, dengan tujuan memastikan kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan pembangunan Gedung Ibu dan Anak Terpadu di RS Sardjito

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 pendekatan yang berbeda dalam menganalisis risiko pada proyek konstruksi yaitu SEM dan FTA dimana terdapat 5 variabel independen dan 1 variabel dependen. Variabel independen dalam penelitian ini meliputi Force Majeure, Logistik, Sumber Daya Manusia (SDM), Teknikal Risiko, dan Desain, yang masing-masing mempengaruhi pelaksanaan proyek konstruksi. Force Majeure mencakup kejadian tak terduga di luar kendali manusia, dengan tiga indikator (Maulana & Santosa, 2020), Logistik berkaitan dengan pengadaan dan pengelolaan bahan serta peralatan, yang terdiri dari sepuluh indikator (Maulana & Santosa, 2020), SDM melibatkan tenaga kerja yang terlibat, terdiri dari enam indikator (Maulana & Santosa, 2020), Teknikal Risiko mencakup faktor teknis proyek, yang terdiri dari sepuluh indikator (Oktaviani et al., 2021), dan Desain berhubungan dengan perencanaan serta pembuatan desain proyek, yang terdiri dari sembilan indikator (Maulana & Santosa, 2020). Sedangkan variabel dependen, yaitu Manajemen Risiko Proyek, mencerminkan bagaimana faktor-faktor tersebut berkontribusi terhadap kemungkinan risiko yang dapat mempengaruhi keberhasilan dan kelancaran proyek, dengan tujuh indikator (Oktaviani et al., 2021). Kerangka hipotesis pada penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan adalah:

1. H1: Terdapat pengaruh Force Majeure terhadap Manajemen Risiko Proyek
2. H2: Terdapat pengaruh Logistik terhadap Manajemen Risiko Proyek
3. H3: Terdapat pengaruh SDM terhadap Manajemen Risiko Proyek
4. H4: Terdapat pengaruh Teknikal Risiko terhadap Manajemen Risiko Proyek
5. H5: Terdapat pengaruh Desain terhadap Manajemen Risiko Proyek

Data yang digunakan dalam penelitian analisis faktor penyebab dan mitigasi risiko pada proyek konstruksi ini menggunakan metode dokumentasi, observasi langsung, penyebaran kuesioner, wawancara, studi literatur, dan *Focus Group Discussion* (FGD). Setelah mendapatkan data penelitian, peneliti melakukan analisis statistik deskriptif, uji validitas, uji reliabilitas, dan uji hipotesis melalui metode SEM.

Pada pengujian FTA, peneliti menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi tingkat risiko yang tinggi, dimana untuk mendapatkan *Risk Priority Number*.

RPN memberikan gambaran tentang seberapa tinggi risiko kegagalan. Rumus yang digunakan disajikan dalam persamaan 1:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Keterangan:

S = *Severity*

O = *Occurance*

D = *Detection*

Hasil dan Pembahasan

Demografi Responden

Kuesioner disebarkan secara langsung kepada responden melalui kunjungan lapangan. Survei berlangsung dari tanggal 2 Mei 2022 hingga 24 Maret 2023. Dari 150 kuesioner

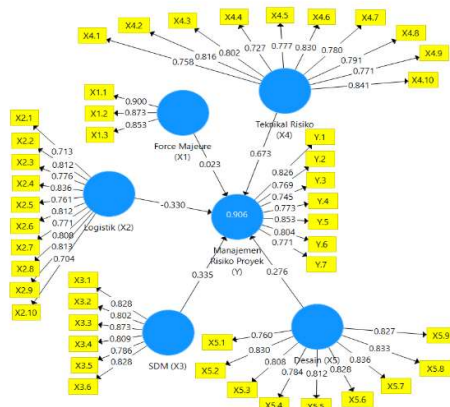
yang dibagikan, 110 kuesioner telah diisi oleh responden, namun 6 kuesioner tidak dimasukkan ke dalam analisis karena tidak terisi secara lengkap, dan 4 kuesioner lainnya rusak. Dengan demikian, total 100 respons valid diterima, yang menunjukkan tingkat pengembalian sebesar 66,67%. Sebanyak 76 responden (76%) berasal dari kontraktor/pelaksana, 14 responden (14%) dari konsultan pengawas, dan 10 responden (10%) dari pengguna jasa

Hasil Uji SEM

Hasil Uji Outer Model

Outer Model (model) pengukuran, dalam SEM menggambarkan hubungan antara variabel laten dengan indikator-indikatornya. Fungsinya adalah untuk memastikan bahwa instrumen pengukuran yang digunakan valid dan reliabel dalam merefleksikan konstruk yang diteliti. Pembuatan model ini melibatkan penentuan apakah indikator bersifat reflektif atau formatif terhadap variabel laten (Ghozali & Latan, 2015).

Menurut Ghozali & Latan (2015), terdapat dua jenis pengujian dalam *Outer Model*: validitas (validitas konvergen dan diskriminan) dan reliabilitas. Validitas konvergen dievaluasi melalui nilai *loading factor* dengan nilai ideal $> 0,7$, sedangkan validitas diskriminan dapat dilihat dari nilai *Average Variance Extracted* (AVE) yang sebaiknya $> 0,5$. Reliabilitas diukur menggunakan *Composite Reliability* dan *Cronbach's Alpha* dengan nilai yang diharapkan $> 0,7$. Pemberian nilai pada model dilakukan melalui estimasi parameter yang menunjukkan seberapa kuat indikator merefleksikan konstruksinya. Hasil uji Outer Model diukur dengan melihat nilai-nilai tersebut; jika memenuhi kriteria yang ditetapkan, model dianggap memiliki validitas dan reliabilitas yang baik. Skema Outer Model disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Outer Model

Berdasarkan gambar Outer Model, indikator-indikator pada setiap konstruk laten memiliki nilai loading factor di atas 0,7, yang menunjukkan validitas konvergen telah terpenuhi. Misalnya, pada konstruk Force Majeure (X1), semua indikator (X1.1, X1.2, X1.3) memiliki nilai loading yang tinggi (0,900; 0,873; 0,853). Untuk konstruk lainnya,

seperti Logistik (X2) dan SDM (X3), nilai-nilai loading factor juga mayoritas berada di atas kriteria minimum. Konstruk Teknikal Risiko (X4) dan Desain (X5) menunjukkan pola serupa, dengan nilai loading faktor yang kuat, misalnya 0,758–0,841 pada indikator X4 dan 0,760–0,873 pada indikator X5.

Pada variabel dependen "Manajemen Risiko Proyek (Y)", nilai-nilai loading indikator (Y1–Y7) berkisar antara 0,745 hingga 0,826, menunjukkan bahwa variabel ini juga memenuhi validitas konvergen. Validitas diskriminan dan reliabilitas dapat dievaluasi lebih lanjut melalui nilai AVE dan Composite Reliability, yang tidak dapat dilihat langsung dari gambar ini tetapi dapat dihitung dari data. Dengan hasil ini, Outer Model dapat disimpulkan valid dan reliabel untuk melanjutkan analisis pada tahap Structural Model.

Hasil uji Outer Model disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Outer Model

Variabel	Convergent Validity (Loading Factor)	Discriminant Validity		Composite Reliability (Cronbach's α)
		AVE	Cross Loading	
Force Majeure (X1)	X1.1 (0.900), X1.2 (0.873), X1.3 (0.853)	0.876	X1.1 (0.900), X1.2 (0.873), X1.3 (0.853)	0.936
Logistik (X2)	X2.1 (0.713), X2.2 (0.812), X2.3 (0.776), X2.4 (0.836), X2.5 (0.761), X2.6 (0.812), X2.7 (0.771), X2.8 (0.808), X2.9 (0.813), X2.10 (0.704)	0.782	X2.1 (0.713), X2.2 (0.812), X2.3 (0.776), X2.4 (0.836), X2.5 (0.761), X2.6 (0.812), X2.7 (0.771), X2.8 (0.808), X2.9 (0.813), X2.10 (0.704)	0.848
SDM (X3)	X3.1 (0.828), X3.2 (0.802), X3.3 (0.873), X3.4 (0.809), X3.5 (0.786), X3.6 (0.828)	0.821	X3.1 (0.828), X3.2 (0.802), X3.3 (0.873), X3.4 (0.809), X3.5 (0.786), X3.6 (0.828)	0.929
Teknikal Risiko (X4)	X4.1 (0.758), X4.2 (0.816), X4.3 (0.802), X4.4 (0.727), X4.5 (0.777), X4.6 (0.830), X4.7 (0.780), X4.8 (0.791), X4.9 (0.771), X4.10 (0.841)	0.790	X4.1 (0.758), X4.2 (0.816), X4.3 (0.802), X4.4 (0.727), X4.5 (0.777), X4.6 (0.830), X4.7 (0.780), X4.8 (0.791), X4.9 (0.771), X4.10 (0.841)	0.901
Desain (X5)	X5.1 (0.760), X5.2 (0.830), X5.3 (0.808), X5.4 (0.784), X5.5 (0.812), X5.6 (0.828), X5.7 (0.836), X5.8 (0.833), X5.9 (0.827)	0.814	X5.1 (0.760), X5.2 (0.830), X5.3 (0.808), X5.4 (0.784), X5.5 (0.812), X5.6 (0.828), X5.7 (0.836), X5.8 (0.833), X5.9 (0.827)	0.903
Manajemen Risiko Proyek (Y)	Y.1 (0.826), Y.2 (0.769), Y.3 (0.745), Y.4 (0.773), Y.5 (0.853), Y.6 (0.804), Y.7 (0.771)	0.792	Y.1 (0.826), Y.2 (0.769), Y.3 (0.745), Y.4 (0.773), Y.5 (0.853), Y.6 (0.804), Y.7 (0.771)	0.933

Berdasarkan tabel diatas, Semua variabel memiliki *loading factor* di atas 0.70, menunjukkan bahwa indikator-indikator

tersebut memiliki korelasi yang kuat dengan konstruk yang diukur. Nilai AVE untuk semua variabel juga melebihi 0.50, yang

mengindikasikan validitas konvergen yang baik. Selain itu, analisis *cross loading* menunjukkan bahwa setiap indikator memiliki loading yang lebih tinggi pada konstruksya dibandingkan dengan konstruk lain, mengonfirmasi validitas diskriminan yang memadai. Nilai *Composite Reliability* berkisar antara 0.848 hingga 0.936, dan nilai *Cronbach's Alpha* lebih besar dari 0.70 untuk semua variabel, sehingga membuktikan bahwa instrumen memiliki reliabilitas yang tinggi. Hasil uji *Inner Model* disajikan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji *Inner Model*

Inner Model	Nilai
<i>R-Square</i>	0.906
F-Square	0.001
Force Majure (X1)	0.051
Logistik (X2)	0.078
SDM (X3)	0.276
Teknikal Risiko (X4)	0.087
Desain (X5)	0.526
Q-Square	0.526

Berdasarkan hasil uji *inner model*, nilai *R-Square* sebesar 0.906 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang sangat baik, di mana 90,6% variasi variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam penelitian ini. Nilai *F-Square* menunjukkan kontribusi masing-masing variabel terhadap model. Variabel *Force Majure* (X1) memiliki kontribusi sangat kecil (0.001), sedangkan variabel Logistik (X2) (0.051) dan SDM (X3) (0.078) memberikan kontribusi yang lebih signifikan meskipun dalam kategori rendah. Variabel Teknikal Risiko (X4) memiliki kontribusi paling dominan dengan nilai *F-Square* 0.276, diikuti oleh Desain (X5) sebesar 0.087. Selanjutnya, nilai *Q-Square* sebesar 0.526 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang baik di atas ambang batas 0.5, yang berarti model ini dapat memprediksi data dengan akurasi yang memadai. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa model struktural yang dihasilkan kuat dan valid untuk menjelaskan hubungan antar variabel. Hasil uji hipotesis disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis

	Original Sample (O)	T Statistics ((O/STDEV)	P Values
X1 -> Y	0.023	0.307	0.759
X2 -> Y	-0.330	2.084	0.038
X3 -> Y	0.335	3.222	0.001
X4 -> Y	0.673	5.244	0.000
X5 -> Y	0.276	3.295	0.001

Uji Hipotesis

1. Hipotesis 1 (H1)

Berdasarkan tabel 3 diatas, diketahui bahwa Koefisien jalur untuk *Force Majure* (X1) terhadap Manajemen Risiko Proyek (Y) adalah 0.023 dengan T-statistics 0.307 dan P-value 0.759 lebih besar dari 0.05 menunjukkan bahwa tidak ada bukti yang cukup untuk menolak hipotesis nol. Dengan demikian, tidak ada pengaruh signifikan dari *Force Majure* terhadap Manajemen Risiko Proyek. Hipotesis H1 ditolak.

Force majeure, meskipun berpotensi memengaruhi proyek, dapat diminimalkan dampaknya melalui pengelolaan risiko yang baik, seperti pelatihan, asuransi, pengaturan kontrak fleksibel, dan rencana darurat (Kim & Kwa, 2020; Rawat et al., 2023). Strategi mitigasi yang terencana memungkinkan proyek tetap mencapai target meskipun menghadapi keterlambatan atau gangguan. Selain itu, respons cepat, koordinasi antar pemangku kepentingan, dan komunikasi efektif menjadi kunci untuk mengurangi dampak kejadian tak terduga. Dengan pendekatan proaktif, *force majeure* dapat diatasi sehingga tidak selalu memberikan pengaruh signifikan terhadap keseluruhan manajemen risiko proyek.

2. Hipotesis 2 (H2)

Berdasarkan tabel 7 diatas, diketahui bahwa Koefisien jalur untuk Logistik (X2) terhadap Manajemen Risiko Proyek (Y) adalah -0.330 dengan T-statistics 2.084 dan P-value 0.038 lebih kecil dari 0.05 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari Logistik terhadap Manajemen Risiko Proyek. Hipotesis H2 diterima.

Logistik adalah faktor krusial dalam keberhasilan proyek, di mana kegagalan

pengelolaannya dapat menyebabkan keterlambatan, pembengkakan biaya, dan gangguan operasional (Kassem et al., 2020; Le et al., 2021). Risiko seperti ketidakpastian rantai pasokan dan kekurangan stok memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan. Penggunaan teknologi modern, seperti sistem manajemen logistik berbasis digital, dapat memastikan ketersediaan material dan peralatan tepat waktu, sehingga meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas hasil proyek serta meminimalkan dampak negatif secara keseluruhan.

3. Hipotesis 3 (H3)

Berdasarkan tabel 3 diatas, diketahui bahwa Koefisien jalur untuk SDM (X3) terhadap Manajemen Risiko Proyek (Y) adalah 0.335 dengan T-statistics 3.222 dan P-value 0.001 lebih kecil dari 0.05 menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari SDM terhadap Manajemen Risiko Proyek. Hipotesis H3 diterima.

SDM memainkan peran penting dalam efektivitas manajemen risiko proyek, di mana keahlian, pengalaman, dan pelatihan tim proyek berkontribusi pada kemampuan mereka mengidentifikasi dan mengurangi risiko (Ayuningtyas & Rarasati, 2020). Kekurangan kompetensi dapat meningkatkan risiko kegagalan proyek, terutama pada tahap perencanaan dan implementasi. Keterlibatan SDM sejak awal dalam manajemen risiko menciptakan responsivitas yang lebih baik terhadap potensi masalah (Igihozo & Irechukwu, 2022). Pelatihan berkelanjutan dan pedoman keselamatan yang jelas membantu mengurangi insiden, meningkatkan produktivitas, dan mempertahankan efisiensi proyek secara keseluruhan.

4. Hipotesis 4 (H4).

Berdasarkan tabel 3 diatas, diketahui bahwa Hasil: Koefisien jalur untuk Teknikal Risiko (X4) terhadap Manajemen Risiko Proyek (Y) adalah 0.673 dengan T-statistics 5.244 dan P-value 0.000 lebih kecil menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari Teknikal Risiko terhadap Manajemen Risiko Proyek. Hipotesis H4 diterima.

Teknikal risiko mencakup tantangan dari metode konstruksi, teknologi, atau kondisi teknis tak terduga yang dapat memengaruhi kualitas hasil akhir dan menyebabkan tambahan biaya (Fakhratov et al., 2020). Identifikasi dini terhadap masalah teknis, seperti kesalahan metode atau peralatan yang tidak sesuai spesifikasi, menjadi kunci dalam manajemen risiko. Kolaborasi tim dan perencanaan terstruktur, termasuk simulasi atau uji kelayakan teknologi sebelum implementasi, membantu mencegah kesalahan teknis, menjaga kualitas, dan memastikan proyek selesai tepat waktu (Sun et al., 2021).

5. Hipotesis 5 (H5)

Berdasarkan tabel 3 diatas, diketahui bahwa Koefisien jalur untuk Desain (X5) terhadap Manajemen Risiko Proyek (Y) adalah 0.276 dengan T-statistics 3.295 dan P-value 0.001 lebih kecil dari 0.05 menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari Desain terhadap Manajemen Risiko Proyek. Hipotesis H5 diterima.

Desain yang buruk atau tidak akurat sering menjadi sumber risiko dalam proyek konstruksi, dengan potensi dampak negatif seperti perubahan desain atau kesalahan konstruksi. Pengelolaan desain yang matang dan melibatkan semua pemangku kepentingan dapat mengurangi risiko ini secara signifikan (Hubbard & Debs, 2022). Penggunaan teknologi desain seperti BIM (Building Information Modeling) juga membantu memastikan akurasi dan mencegah kesalahan (Liang & Yturalde, 2024), dengan desain yang terperinci dan akurat mendukung kelancaran proses konstruksi serta meminimalkan keterlambatan dan pembengkakan biaya. Desain yang matang menjadi dasar penting dalam manajemen risiko proyek.

Hasil perhitungan peringkat risiko disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Peringkat Risiko

No	Kode	S	O	D	RPN	Peringkat
1	TR02	6	6	3,5	126	Tinggi
2	TR03	7	5	3,5	122,5	Tinggi
3	LG07	6	5	3,5	105	Tinggi
4	TR01	6	5	3,5	105	Tinggi
5	TR07	6	5	3,5	105	Tinggi
6	LG01	5	5	3,5	87,5	Tinggi
7	LG04	5	5	3,5	87,5	Tinggi
8	SDM01	5	5	3,5	87,5	Tinggi
9	DS01	5	5	3,5	87,5	Tinggi
10	DS08	5	5	3,5	87,5	Tinggi

Berdasarkan hasil pemeringkatan risiko, peneliti dapat mengidentifikasi awal bahwa terdapat 10 indikator yang berisiko tinggi sehingga memerlukan identifikasi lanjutan untuk mendapatkan faktor penyebab yang mendasar (dominan) dari ke-10 indikator tersebut. Untuk mendapatkan hasil yang dapat divalidasi peneliti melakukan *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan 2 expert di bidang konstruksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua risiko dalam tabel memiliki kategori Tinggi karena nilai RPN cukup besar, berkisar antara 87,5 hingga 126.

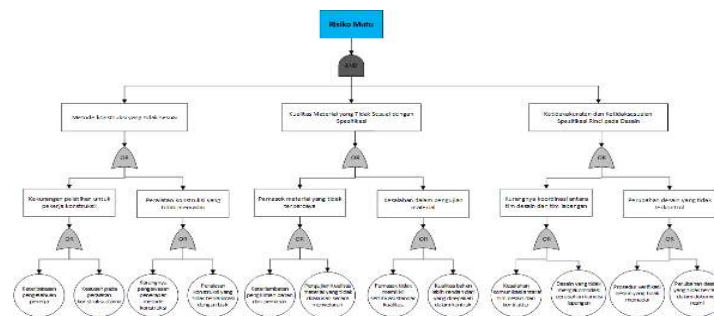
Risiko dengan RPN tertinggi adalah TR02 (Akses ke lokasi yang sulit) dengan nilai RPN 126, diikuti oleh TR03 (Metode konstruksi yang tidak sesuai) dengan RPN 122,5. Risiko lain dengan RPN 105 mencakup LG07 (Kenaikan harga material), TR01 (Kemacetan di sekitar lokasi proyek), dan TR07 (Kualitas material yang tidak sesuai dengan spesifikasi). Sedangkan risiko dengan RPN 87,5 meliputi LG01 (Pengadaan bahan dan peralatan tidak sesuai jadwal), LG04 (Keterlambatan pengiriman material dari pemasok), SDM01 (Jumlah tenaga kerja berubah), DS01 (Persiapan dan persetujuan desain terlambat), serta DS08 (Ketidakakuratan dan ketidaksesuaian spesifikasi rinci pada desain). Hasil identifikasi dampak risiko disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Identifikasi Dampak Risiko

No	Risiko	Indikator	Dampak
1	Risiko Mutu	Metode konstruksi yang tidak sesuai Kualitas material yang tidak sesuai dengan spesifikasi Ketidakakuratan dan ketidaksesuaian spesifikasi rinci pada desain Kekurangan gambar rinci	Mengakibatkan hasil pekerjaan tidak memenuhi standar, potensi pembongkaran ulang, dan biaya tambahan. Penurunan daya tahan bangunan, kegagalan fungsi, dan kemungkinan perbaikan atau penggantian material. Kesalahan konstruksi yang memerlukan revisi desain, keterlambatan, dan konflik antar pihak terkait. Penyelesaian pekerjaan menjadi tidak efektif, potensi interpretasi yang salah, dan pelaksanaan yang tidak optima
2	Risiko Biaya	Kenaikan harga material Pengadaan bahan dan peralatan tidak sesuai jadwal Jumlah tenaga kerja berubah Persiapan dan persetujuan desain terlambat	Membebani anggaran proyek akibat pengeluaran lebih besar dari estimasi awal. Mengakibatkan penundaan pekerjaan yang memerlukan biaya tambahan untuk percepatan atau penyesuaian. Meningkatkan biaya akibat kebutuhan tenaga kerja tambahan atau biaya kompensasi untuk penggantian. Penundaan jadwal menyebabkan biaya overhead meningkat
3	Risiko Waktu	Akses ke lokasi yang sulit Kemacetan di sekitar lokasi proyek Keterlambatan pengiriman material dari pemasok Akses ke lokasi yang sulit	Penundaan dalam pengangkutan material, peralatan, dan tenaga kerja, yang memperpanjang waktu pelaksanaan proyek. Mengakibatkan keterlambatan mobilisasi material dan peralatan, sehingga mengganggu jadwal proyek. Pekerjaan tertentu terhenti akibat tidak tersedianya material tepat waktu, menyebabkan gangguan jadwal keseluruhan. Penundaan dalam pengangkutan material, peralatan, dan tenaga kerja, yang memperpanjang waktu pelaksanaan proyek.

Tabel 5 ini mengidentifikasi dampak dari berbagai risiko yang berhubungan dengan mutu, biaya, dan waktu dalam proyek konstruksi. Risiko mutu, seperti metode konstruksi yang tidak sesuai atau kualitas material yang buruk, dapat menyebabkan hasil pekerjaan tidak memenuhi standar, penurunan daya tahan, atau kebutuhan pembongkaran dan revisi, yang berimplikasi pada waktu dan biaya tambahan. Risiko biaya, seperti kenaikan harga material atau pengadaan yang terlambat, membebani anggaran proyek dan

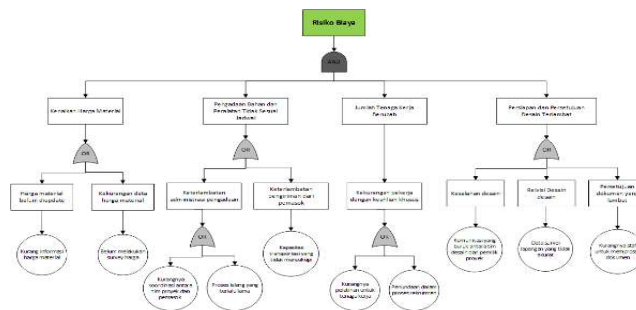
meningkatkan pengeluaran akibat penyesuaian jadwal atau tenaga kerja. Risiko waktu, seperti akses lokasi yang sulit atau keterlambatan pengiriman material, mengakibatkan gangguan jadwal, memperpanjang waktu pelaksanaan, dan menimbulkan biaya overhead tambahan. Analisis ini menyoroti pentingnya mitigasi risiko untuk menjaga keberhasilan proyek. Hasil FTA Risiko Mutu disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 2. FTA Risiko Mutu

Diagram FTA risiko mutu ini menggambarkan tiga akar penyebab utama kegagalan mutu dalam konstruksi: metode konstruksi yang tidak sesuai, kualitas material yang tidak memenuhi spesifikasi, dan ketidakakuratan atau ketidaksesuaian spesifikasi desain. Metode konstruksi yang tidak sesuai dapat disebabkan oleh kurangnya pelatihan pekerja dan peralatan yang tidak memadai. Kualitas material yang buruk dapat berasal dari pemasok yang tidak terpercaya

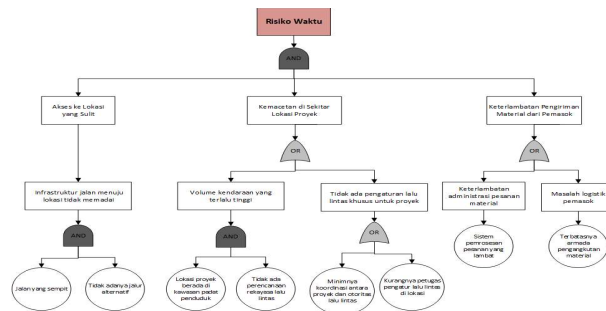
atau kesalahan dalam pengujian material. Sementara itu, ketidaksesuaian desain dapat terjadi akibat kurangnya koordinasi antara tim desain dan lapangan atau perubahan desain yang tidak terkontrol. Diagram ini menyoroti pentingnya pengelolaan aspek teknis, komunikasi, dan manajemen untuk mencegah risiko mutu dalam proyek konstruksi. Hasil FTA Risiko Biaya disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 3. FTA Risiko Biaya

Diagram FTA risiko biaya ini menggambarkan empat akar penyebab utama yang dapat meningkatkan biaya proyek, yaitu kenaikan harga material, pengadaan bahan dan peralatan yang tidak sesuai jadwal, perubahan jumlah tenaga kerja, serta keterlambatan persiapan dan persetujuan desain. Kenaikan harga material terjadi karena data harga yang tidak terbaru atau kurangnya survei harga. Pengadaan bahan yang terlambat disebabkan oleh administrasi yang lambat atau keterlambatan pengiriman dari pemasok.

Perubahan jumlah tenaga kerja disebabkan oleh kekurangan pekerja dengan keahlian khusus akibat minimnya pelatihan atau proses rekrutmen yang lambat. Keterlambatan persiapan desain disebabkan oleh revisi desain, kesalahan desain, atau lambatnya persetujuan dokumen. Diagram ini menyoroti pentingnya perencanaan, koordinasi, dan pengawasan untuk mengelola risiko biaya proyek. Hasil FTA Risiko Biaya disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 4. FTA Risiko Waktu

Diagram FTA risiko waktu ini mengidentifikasi tiga akar penyebab utama keterlambatan proyek: akses lokasi yang sulit, kemacetan di sekitar lokasi proyek, dan keterlambatan pengiriman material dari pemasok. Akses lokasi yang sulit disebabkan oleh infrastruktur jalan yang tidak memadai, seperti jalan yang sempit dan ketiadaan jalur alternatif. Kemacetan di lokasi proyek terjadi akibat volume kendaraan yang tinggi atau kurangnya pengaturan lalu lintas khusus, yang dipengaruhi oleh minimnya koordinasi dengan otoritas atau kurangnya petugas lalu

lintas. Keterlambatan pengiriman material berasal dari administrasi pesanan yang lambat atau masalah logistik pemasok, seperti terbatasnya armada pengangkutan. Diagram ini menunjukkan pentingnya perencanaan transportasi, pengaturan lalu lintas, dan efisiensi logistik untuk menghindari risiko waktu.

Perencanaan dan respon mitigasi risiko mutu disajikan dalam Tabel 6

Tabel 6. Perencanaan dan Respon Mitigasi Risiko Mutu

No.	Basic Event	Rencana Mitigasi	Respon Mitigasi
1	Keterbatasan Pengetahuan Pekerja	Memberikan pelatihan khusus kepada pekerja	Meningkatkan keterampilan pekerja di lapangan
2	Keausan pada peralatan konstruksi utama	Melakukan inspeksi rutin dan perawatan peralatan	Mengurangi risiko kerusakan selama pelaksanaan
3	Kurangnya pengawasan penerapan metode konstruksi	Menambah frekuensi inspeksi oleh supervisor	Menjamin penerapan metode sesuai prosedur
4	Peralatan konstruksi tidak terkalibrasi	Mengatur jadwal kalibrasi rutin	Meningkatkan akurasi penggunaan peralatan

5	Keterlambatan pengiriman bahan dari pemasok	Menetapkan kontrak dengan pemasok alternatif	Memastikan ketersediaan bahan sesuai jadwal
6	Pengujian kualitas material tidak menyeluruh	Melakukan pengujian tambahan dengan standar yang lebih ketat	Menjamin kualitas material sesuai spesifikasi
7	Pemasok tidak memiliki sertifikasi kualitas	Memilih pemasok yang tersertifikasi standar mutu	Mengurangi risiko kualitas material rendah
8	Kualitas bahan lebih rendah dari kontrak	Melakukan inspeksi material saat pengiriman	Menghindari penerimaan bahan yang tidak sesuai
9	Kesalahan komunikasi antara tim desain dan kontraktor	Mengadakan rapat koordinasi rutin	Menghindari kesalahan informasi teknis
10	Desain tidak mengakomodasi perubahan kondisi lapangan	Mengupdate desain berdasarkan survei terkini	Menjamin desain relevan dengan kondisi nyata
11	Prosedur verifikasi desain tidak memadai	Menyusun prosedur verifikasi yang lebih detail	Mengurangi kesalahan desain
12	Perubahan desain tidak tercatat dalam dokumen resmi	Membuat sistem pencatatan otomatis untuk revisi desain	Menghindari ketidaksesuaian antara desain dan pelaksanaan

Tabel 6 tersebut menjelaskan rencana dan respons mitigasi untuk mengatasi berbagai risiko mutu dalam proyek konstruksi. Misalnya, keterbatasan pengetahuan pekerja diatasi dengan memberikan pelatihan khusus untuk meningkatkan keterampilan, sedangkan keausan peralatan ditangani dengan inspeksi rutin untuk mencegah kerusakan. Selain itu, risiko seperti keterlambatan bahan diatasi

dengan kontrak pemasok alternatif, dan kesalahan desain ditangani melalui prosedur verifikasi yang lebih detail serta sistem pencatatan otomatis.

Perencanaan dan respon mitigasi risiko biaya disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Perencanaan dan Respon Mitigasi Risiko Biaya

No.	Basic Event	Rencana Mitigasi	Respon Mitigasi
1	Kurang informasi harga material	Melakukan survei harga secara berkala	Memperoleh data harga yang lebih akurat
2	Belum melakukan survei harga	Menetapkan prosedur survei rutin	Menyesuaikan anggaran dengan kondisi pasar
3	Kurangnya koordinasi antara tim proyek dan pemasok	Membentuk tim koordinasi khusus	Memastikan komunikasi berjalan lancar
4	Proses lelang terlalu lama	Menyederhanakan proses administrasi lelang	Mempercepat pengadaan bahan
5	Kapasitas transportasi tidak mencukupi	Menyewa armada tambahan atau vendor transportasi alternatif	Memastikan bahan tiba tepat waktu
6	Kurangnya pelatihan untuk tenaga kerja	Menyusun program pelatihan secara berkala	Meningkatkan produktivitas pekerja
7	Penundaan dalam proses rekrutmen	Membuat sistem rekrutmen yang lebih efisien	Mempercepat pemenuhan kebutuhan tenaga kerja
8	Komunikasi buruk antara tim desain dan pemilik proyek	Mengadakan pertemuan koordinasi secara reguler	Menghindari miskomunikasi teknis atau administratif
9	Data survei lapangan tidak akurat	Melakukan survei ulang menggunakan metode yang lebih presisi	Memastikan data akurat untuk perencanaan
10	Kurangnya staf untuk memproses dokumen	Merekrut staf tambahan atau menyewa jasa pihak ketiga	Mempercepat proses dokumentasi proyek

Tabel 7 diatas memaparkan rencana dan respons mitigasi untuk mengatasi berbagai risiko biaya dalam proyek konstruksi. Setiap risiko (Basic Event) diberikan rencana mitigasi spesifik untuk mencegah atau meminimalkan dampaknya terhadap anggaran

proyek. Contohnya, risiko kurangnya informasi harga material diatasi melalui survei harga berkala untuk memperoleh data yang akurat, sedangkan keterbatasan kapasitas transportasi ditangani dengan menyewa armada tambahan guna memastikan bahan

tiba tepat waktu. Risiko lain, seperti proses lelang yang terlalu lama, diatasi dengan menyederhanakan administrasi, sementara

kurangnya staf untuk dokumentasi diatasi dengan merekrut tambahan tenaga kerja. Perencanaan dan respon mitigasi risiko waktu disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Perencanaan dan Respon Mitigasi Risiko Waktu

No.	Basic Event	Rencana Mitigasi	Respon Mitigasi
1	Jalan yang sempit	Mengajukan izin pelebaran jalan atau rekayasa lalu lintas	Mempermudah akses logistik ke lokasi proyek
2	Tidak adanya jalur alternatif	Membuat rencana jalur alternatif melalui koordinasi dengan otoritas	Memastikan kontinuitas akses
3	Lokasi proyek di kawasan padat penduduk	Menetapkan jam kerja yang tidak mengganggu lalu lintas umum	Mengurangi konflik dengan penduduk sekitar
4	Tidak ada perencanaan rekayasa lalu lintas	Menyusun rencana rekayasa lalu lintas bersama otoritas terkait	Mempercepat akses ke lokasi
5	Minimnya koordinasi antara proyek dan otoritas	Membentuk tim koordinasi khusus dengan pihak berwenang	Mengurangi hambatan dalam pelaksanaan proyek
6	Kurangnya petugas pengatur lalu lintas di lokasi	Menyediakan petugas tambahan di titik-titik rawan	Memperlancar arus lalu lintas di sekitar proyek
7	Sistem pemrosesan pesanan yang lambat	Meningkatkan otomatisasi dalam sistem pengadaan	Mempercepat proses pemesanan
8	Terbatasnya armada pengangkutan material	Menyewa armada tambahan dari vendor terpercaya	Menjamin pengiriman tepat waktu

Tabel 8 diatas menjelaskan perencanaan dan respons mitigasi untuk risiko waktu dalam proyek konstruksi. Setiap risiko diatasi dengan langkah-langkah strategis untuk memastikan kelancaran pelaksanaan proyek. Misalnya, jalan sempit diatasi dengan izin pelebaran atau rekayasa lalu lintas untuk mempermudah logistik, dan ketiadaan jalur alternatif diatasi melalui rencana jalur alternatif dengan otoritas. Risiko lain, seperti lokasi proyek di kawasan padat penduduk, diatasi dengan penyesuaian jam kerja untuk mengurangi konflik. Sementara itu, masalah seperti terbatasnya armada pengangkutan material diatasi dengan menyewa armada tambahan guna memastikan pengiriman tepat waktu. Upaya ini bertujuan menjaga proyek tetap sesuai jadwal.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian adalah empat faktor risiko dominan yang memengaruhi manajemen risiko berdasarkan analisis SEM: Risiko Teknis, Sumber Daya Manusia, dan Desain memiliki pengaruh positif, sedangkan Logistik memiliki pengaruh negatif. Faktor Force Majeure tidak memiliki pengaruh

signifikan. Hasil FTA mengungkap tiga kategori risiko dominan: mutu (indikator: ketidaksesuaian metode konstruksi, kualitas material yang tidak memenuhi standar, spesifikasi desain yang tidak akurat, kekurangan gambar rinci), biaya (indikator: kenaikan harga material, keterlambatan pengadaan material, perubahan jumlah tenaga kerja, persetujuan desain yang terlambat), dan waktu (indikator: akses yang sulit, kemacetan lalu lintas, dan keterlambatan pengiriman material). Rencana mitigasi mencakup peningkatan pelatihan, pemeliharaan peralatan, pengawasan metode konstruksi, koordinasi tim, survei harga, optimalisasi transportasi, dan rekayasa lalu lintas untuk memastikan kelangsungan proyek.

Daftar Pustaka

- A Kassem, Mukhtar, Khoiry, Muhamad Azry, & Hamzah, Noraini. (2020). Assessment of the effect of external risk factors on the success of an oil and gas construction project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(9), 2767–2793. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2019-0573>
- Andika, Z., Hasan, M., & Abdullah, A. (2022). Analisis faktor-faktor penerapan lean construction pada proyek konstruksi gedung di kota banda aceh. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil*

- Dan Perencanaan, 5(2), 77–86.
<https://doi.org/10.24815/jarsp.v5i2.25478>
- Ayuningtyas, D., & Rarasati, A. D. (2020). Work Acceleration Strategy Development On Design-Build Project To Improve Risk Based Quality Performance. *Global Journal of Science & Engineering*, 10–15.
<https://doi.org/10.37516/global.j.sci.eng.2020.07>
- Darmawan, D. (2023). Dampak stres, supervisi dan k3 terhadap produktivitas pekerja proyek konstruksi. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 7(1), 138–145.
<https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.8967>
- Fakhratov, M., Chulkov, V., Kuzhin, M., & Akbari, M. .. (2020). Risk Management implementation and presenting the applicable methodology for its implementation in construction projects. *E3s Web of Conferences*, 1–9.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016410014>
- Fitriah, R., Murtinugraha, R. Eka, & Widiasanti, Irika. (2023). Analisis kompetensi ahli keselamatan konstruksi guna mengurangi angka kecelakaan kerja konstruksi. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3), 6521–6565.
<https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.6419>
- Ghozali, I., & Latan, H. (2015). *Konsep, Teknik, Aplikasi Menggunakan. Smart PLS 3.0 Untuk Penelitian Empiris*. Semarang: BP UNDIP.
- Hubbard, B., & Debs, L. (2022). Development of an Introductory Course in Design Phase Management for Constructors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1101(3), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/3/032030>
- Igihozo, L., & Irechukwu, E. N. (2022). Igihozo, L., & Irechukwu, E. N. (2022). Project Risk Management Process and Performance of Mpazi Channel Construction Project in Nyabugogo, Kigali-Rwanda. *Journal of Strategic Management*, 6(2), 31–44.
<https://doi.org/10.53819/81018102t2047>
- Jatiningsih, Maria Gratiana Dian, Rosid, Ibnu Abdul, & Rysmawaty, Imelda. (2022). Pengaruh Pengalaman Kerja Dan Risk Attitude Pemimpin Proyek Terhadap Proyek Pengembangan Software. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 134–141.
<https://doi.org/10.36040/industri.v12i2.4629>
- Kim, Soojin, & Kwa, Kai Xiang. (2020). A closer look at risk factors for public-private partnerships in Singapore: six case studies. *Asian Journal of Political Science*, 28(2), 142–163.
<https://doi.org/10.1080/02185377.2020.1780142>
- Le, Phuong Thi, Chileshe, Nicholas, Kirytopoulos, Konstantinos, & Rameezdeen, Raufdeen. (2021). Exploring the underlying relationship among risks in BOT transportation projects in developing countries: the case of Vietnam. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 26(1), 103–125.
<https://doi.org/10.1108/JFMPC-12-2019-0091>
- Liang, Donghe, & Yturalde, Chere'. (2024). Project Management Performance in China: A Review. *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)*, 6(3), 1–11.
<https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i03.23166>
- Maulana, Ahmad Waris, & Santosa, Budi. (2020). Risk Management Analysis of Building Construction Project in the Jakarta City. *Jurnal Fondasi2*, 9(1), 1–10.
<https://doi.org/10.36055/jft.v9i1.7199>
- Nuciferani, Felicia T., Mohamad F.N. Aulady, & Putut A. Wibowo. (2019). Pengurangan Risiko Pinalti Dengan Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Qua Teknika*, 9(2), 1–11.
<https://doi.org/10.35457/quateknika.v9i2.786>
- Prasetyono, Puguh Novi, & Dani, Hasan. (2022). Identifikasi Risiko Pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Sebagai Tempat Tinggal. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 42–47.
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p42-47>
- Rawat, Atul, Gupta, Sumeet, & Rao, T. Joji. (2023). A review on prospective risks and mitigation for oil and gas projects: implication for Indian CGD companies. *International Journal of Energy Sector Management*, 17(1), 41–62.
<https://doi.org/10.1108/IJESM-01-2021-0016>
- Sun, Chengshuang, Wang, Min, & Zhai, Fengyong. (2021). Research on the Collaborative Application of BIM in EPC Projects: The Perspective of Cooperation between Owners and General Contractors. *Advances in Civil Engineering*, 2021(1), 1–14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/4720900>
- Suraji, A. (2022). Studi Penerapan Kebijakan Keselamatan pada Proyek Gedung di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 18(3), 230–243.
<https://doi.org/10.25077/jrs.18.3.230-243.2022>
- Thaha, Putranesia, Ophiyandri, Taufika, Hidayat, Benny, & Meilizar. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Cerdas Pada Model Rantai Pasok Industri Konstruksi Berkelanjutan: Studi Literature. *Jurnal Rekayasa*, 9(2 SE-Articles), 111–120.
<https://doi.org/10.37037/jrftsp.v9i2.42>