

Analisis risiko pelaksanaan proyek gedung kontrak *design and build* yang berdampak *cost overrun* di PT XYZ

Mufthi Adi Nugraha^{1,*}, Hari Nugraha Nurjaman¹, Dwi Dinariana¹

¹Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Persada Indonesia Y.A.I, Jakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Design and build,
Cost overrun,
Risk analysis,
Risk matrix,
ISO 31000:2018

Corresponding Author:

Mufthi Adi Nugraha
mufthi.adinugraha@gmail.com

Abstract

Design and Build system was introduced as an integrated solution to simplify coordination between designers and contractors. In this system, design and construction responsibilities are combined in one entity, namely the main contractor. Design and Build projects still have many differences between the initial cost plan and the realization of implementation in the field. This research was conducted at PT XYZ, a contractor company specializing in building construction services. As many as 44.44% of the total number of design and build projects that have been carried out by PT XYZ experienced cost overruns. The data collection method was carried out through literature reviews, interviews, and questionnaires distributed to respondents involved in Design and Build projects that experienced cost overruns at PT XYZ. Risk variables are divided into several categories, namely design, construction, finance, law, organizational management, and the external environment. The risk analysis method used is a Risk Matrix based on ISO 31000:2018 to determine the risk value and level of risk that occurs and impacts cost overruns. The results of risk identification based on literature studies found as many as 50 risk variables that affect cost overruns in building construction projects. Then, a risk analysis is carried out by determining the probability and impact values so that several dominant risk factors are produced that influence the cost overrun of the design and build project, including increased indirect costs due to the extension of the contract duration, construction delays on site and errors in cost estimation.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

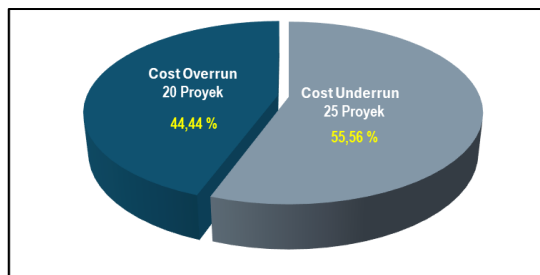
Industri konstruksi memiliki kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi di berbagai negara, termasuk Indonesia. Namun, sektor ini juga dikenal sebagai salah satu industri dengan tingkat risiko tertinggi, terutama terkait masalah pembengkakan biaya (*cost overrun*) dan keterlambatan waktu pelaksanaan. Berbagai penelitian internasional menegaskan bahwa dalam proyek konstruksi, *cost overrun* menjadi fenomena yang hampir tidak terhindarkan dalam proyek konstruksi (Abdelalim, 2024; Gómez-Cabrera, 2024). Fenomena ini menunjukkan adanya ketidakefisienan dalam

proses perencanaan, pengendalian, dan pengambilan keputusan, terutama pada proyek yang menggunakan sistem kontrak *design and build (DB)*.

Meskipun metode DB menawarkan integrasi dan efisiensi, pembengkakan biaya masih dapat muncul karena sejumlah faktor utama. El-Sayegh et al. (2025) mengidentifikasi penyebab dominan seperti estimasi biaya yang tidak realistis, perubahan ruang lingkup (*scope changes*), kesalahan desain, serta manajemen risiko yang lemah. Love et al. (2024) juga menemukan bahwa kesalahan desain yang tidak terdeteksi sejak awal sering kali menyebabkan *rework* di lapangan, yang berimplikasi pada peningkatan biaya.

PT XYZ merupakan salah satu anak perusahaan BUMN yang berdiri sejak 24 Oktober 2024 dan bergerak dalam bidang usaha jasa konstruksi yang memiliki spesialisasi pembangunan gedung. Terhitung sampai dengan saat ini PT XYZ telah mencatat sebanyak 413 perolehan proyek dengan nilai total perolehan mencapai lebih dari lima puluh triliun, yang diperoleh baik dari pasar pemerintah maupun swasta yang tersebar di seluruh Indonesia.

Jika diklasifikasi menurut jenis kontraknya, telah tercatat sebanyak 49 proyek diperoleh dengan jenis kontak *design and build*, yang mana sebanyak 45 proyek telah selesai pelaksanaannya dan terdapat 4 proyek yang masih dalam proses konstruksi. Menurut data yang diperoleh dari PT XYZ, terdapat 20 proyek selesai yang mengalami *cost overrun* atau setara dengan 44,44% dari total proyek *design and build* yang telah selesai, dalam hal ini realisasi biaya pelaksanaan lebih besar dari biaya yang direncanakan saat penyusunan rencana kerja proyek (RKP) yang mengakibatkan kinerja proyek secara biaya tidak tercapai.



Gambar 1. Evaluasi Proyek *Design and Build* PT XYZ

Melihat fenomena tersebut, penting untuk dilakukan analisis mendalam mengenai faktor-faktor penyebab *cost overrun* pada proyek pembangunan gedung dengan sistem kontrak *design and build* yang dilaksanakan oleh PT XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor risiko dominan penyebab pembengkakan biaya, serta merumuskan strategi pengendalian yang lebih

efektif pada proyek. Dengan pemahaman yang komprehensif, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengelolaan risiko pada proyek *design and build* pada umumnya, khususnya proyek *design and build* yang akan dikerjakan oleh PT XYZ di masa mendatang, karena salah satu indikator keberhasilan suatu proyek adalah tercapainya target biaya yang telah direncanakan, sehingga dapat memberikan keuntungan financial bagi pelaku penyedia jasa.

Kontrak *design and build*

Pekerjaan konstruksi rancang dan bangun (*design and build*) adalah seluruh pekerjaan pembangunan suatu bangunan atau wujud fisik lainnya, dimana pekerjaan perancangan terintegrasi dengan pelaksanaan konstruksi (Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2020). Karena adanya integrasi fungsi desain dan pelaksanaan sejak awal proyek sehingga *design and build* dinilai lebih efektif dalam mengurangi potensi konflik antar pihak (Love et al. 2024). Meskipun demikian, penelitian menunjukkan bahwa risiko *cost overrun* tetap mungkin terjadi apabila desain awal tidak matang, estimasi biaya kurang akurat, atau terdapat perubahan ruang lingkup di tengah proyek (El-Sayegh et al. 2025; Abdelalim, 2024).

Sesuai Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2020, bahwa dalam pemilihan pekerjaan konstruksi terintegrasi rancang dan bangun (*design and build*) harus memperhatikan kriteria yang meliputi:

- a. Pekerjaan kompleks; atau
- b. Pekerjaan tertentu

Kriteria kompleks dalam Pekerjaan Rancang dan Bangun berdasarkan Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2020 Pasal 5 ayat (2) yang dimaksud, meliputi:

- a. Mempunyai risiko tinggi
- b. Memerlukan teknologi tinggi
- c. Menggunakan peralatan yang didesain khusus
- d. Memiliki kesulitan untuk didefinisikan secara teknis terkait cara memenuhi kebutuhab dan tujuan pengadaan; dan/atau

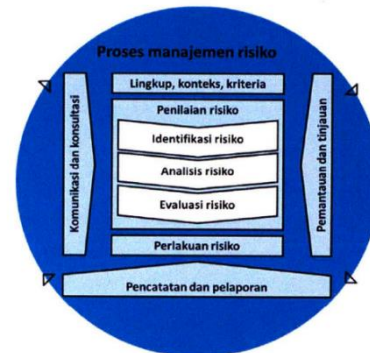
e. Memiliki kondisi ketidakpastian (*unforeseen condition*) yang tinggi Pekerjaan tertentu yang menjadi kriteria *design and build* adalah pekerjaan yang mendesak untuk segera dimanfaatkan. Menurut Turner & Simister 2021, bahwa sistem kontrak *design and build* memiliki tantangan sendiri dalam pelaksanaannya terutama dalam hal manajemen risiko, karena tanggung jawab yang terpusat pada satu pihak dapat meningkatkan eksposur terhadap risiko. Dengan kata lain, sistem kontrak *design and build* bukan hanya pilihan teknis, tetapi juga strategi kolaboratif yang menuntut sinergi antara kecepatan, kualitas, dan kontrol biaya. Kesuksesannya sangat bergantung pada kesiapan organisasi dalam mengelola risiko dan kemampuan beradaptasi terhadap kompleksitas proyek.

Manajemen risiko

Manajemen risiko adalah proses pengukuran atau penilaian risiko serta pengembangan strategi pengelolaannya dengan cara mengidentifikasi risiko, mengukur dan menentukan besarnya risiko, kemudian mencari solusi bagaimana cara menangani risiko tersebut agar tidak terjadi (Darmawi, 2000). Manajemen risiko dalam proyek konstruksi melibatkan proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan merespons risiko sepanjang siklus hidup proyek (Smith et al, 2020). Menurut ISO 31000:2018 proses manajemen risiko terdiri dari serangkaian aktivitas, antara lain:

1. Komunikasi dan Konsultasi (*Communication and Consultation*)
2. Penetapan konteks (*Scope, Context, Criteria*)
3. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)
 - Identifikasi Risiko
 - Analisis Risiko
 - Evaluasi Risiko
4. Perlakuan Risiko
 - Membagi (*Transfer*)
 - Mengurangi (*Mitigate/Treat*)
 - Menghindari (*Avoidance*)
 - Menerima (*Tolerate/Acceptance*)
5. Pemantauan dan tinjauan

6. Pencatatan dan pelaporan



Gambar 3. Proses Manajemen Risiko
(Sumber: ISO 31000:2018)

Pada ISO 31000:2018 terdapat 8 prinsip utama dalam manajemen risiko, yaitu:

1. Terintegrasi (*Integrated*)
2. Terstruktur dan Komprehensif (*Structured and Comprehensive*)
3. Disesuaikan (*Customized*)
4. Inklusif (*Inclusive*)
5. Dinamis (*Dynamic*)
6. Berbasis Informasi Terbaik (*Best Available Information*)
7. Faktor Manusia dan Budaya (*Human and Cultural Factors*)
8. Perbaikan Berkelanjutan (*Continual Improvement*)



Gambar 2. Prinsip Manajemen Risiko
(Sumber: ISO 31000:2018)

Berdasarkan ISO 31000:2018 bahwa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi analisis risiko antara lain:

- Probabilitas suatu peristiwa dan dampaknya
- Jenis dan luasan dampak yang akan timbul;
- Konektivitas dan kompleksitas
- Variabilitas dan fakto-faktor yang berhubungan dengan waktu
- Seberapa baik pengendalian risiko bekerja
- Tingkat sensitivitas serta keyakinan

Proses analisis risiko mencakup penentuan probabilitas dan dampak dari setiap risiko dengan memperhitungkan efektivitas pengendalian yang ada. Risiko dianalisis dengan memberikan skala probabilitas dan dampak pada setiap variabel risiko. Skala *likert* digunakan untuk menilai probabilitas dan dampak dengan rentang skala 1 sampai dengan 5. Penilaian berdasarkan pada pengalaman dan pengetahuan dari responden.

Metode Penelitian

Populasi dan sampel

Dalam penelitian ini populasi adalah seluruh pelaku konstruksi dalam proyek bangunan gedung dengan kontrak *design and build* yang telah selesai dikerjakan oleh PT XYZ dan mengalami *cost overrun*, dengan jumlah sebanyak 20 proyek.

Sampel merupakan bagian dari populasi atau bisa disebut sbagai wakil dari populasi yang akan diteliti dan diambil sebagai sumber data yang dapat mewakili populasi (Asrulla et al, 2023). Sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah pelaku konstruski di beberapa proyek bangunan gedung dengan kontrak *design and build* yang telah selesai dikerjakan oleh PT XYZ dan mengalami *cost overrun*, dengan jumlah sample sebanyak 11 proyek.

Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian, dimana tujuan yang diungkapkan dalam bentuk hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan penelitian, sehingga jawabannya masih perlu diuji secara

empiris, dan untuk maksud inilah dibutuhkan pengumpulan data.

Ada dua bentuk data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Data primer

Yaitu data yang didapat langsung berdasarkan hasil survey kepada responden yang sedang diteliti dan dapat juga disebut data mentah, karena belum diolah.

2. Data sekunder

Merupakan data atau informasi yang diperoleh dari studi literatur, seperti buku-buku, jurnal, makalah, penelitian-penelitian sebelumnya, dan dapat juga disebut data yang sudah diolah.

Tahapan penelitian

1. Identifikasi Risiko

Dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber studi literatur dan penelitian sebelumnya terkait dengan faktor risiko yang menyebabkan *cost overrun*. Selain itu wawancara juga dilakukan untuk mendapatkan informasi yang mendalam dan mengkonfirmasi validasi data yang diperoleh.

2. Analisis Risiko

Pada tahap analisis risiko dilakukan dengan cara melakukan penyebaran kusioner terhadap variable risiko yang telah divalidasi oleh pakar, yang bertujuan untuk mendapatkan nilai probabilitas dan dampak pada masing-masing variabel yang sudah diidentifikasi menggunakan skala *likert* 1 sampai dengan 5. Skala tersebut dibagi ke dalam lima tingkatan yaitu sangat kecil (SK), kecil (K), sedang (S), besar (B), sangat besar (SB). Selanjutn mencari nilai Severity Index dari hasil data yang diperoleh dari jawaban responden. Indeks ini menggabungkan pandangan responden ke dalam proses analisis. Nilai probabilitas dan dampak pada setiap variabel risiko yang diperoleh dari hasil penyebaran kusioner responden kemudian dianalisis dengan mencari nilai Severity Index yang untuk mewakili hasil jawaban beberapa responden. Severity Index dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan:

$$SI(P) = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \quad (1)$$

$$SI(I) = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \quad (2)$$

Keterangan:

SI = Severity Index

ai = Konstanta penilaian

xi = Frekuensi responden

I = 0,1,2,3,4.....n

x1, x2, x3 adalah respon frekuensi responden

Hasil perhitungan Severity Index dimunculkan berupa presentase yang kemudian dikonversi menjadi skala penilaian probabilitas dan dampak seperti tabel berikut:

Tabel 1. Skala *Severity Index (SI)*

Uraian	Kode	Skala	Severity Index (%)
Sangat Kecil	SK	1	≤20
Kecil	K	2	21 - 40
Sedang	S	3	41 - 60
Besar	B	4	61 - 80
Sangat Besar	SB	5	81 - 100

Pembobotan matrix memberikan nilai atau bobot pada probabilitas dan dampak untuk menentukan tingkat risikonya. Semakin tinggi prosentase suatu variable, maka semakin besar juga pengaruhnya.

Selanjutnya perhitungan skala pembobotan probabilitas dan dampak digunakan untuk menghitung tingkat risiko. Menurut Odhy & Mahadewi (2023) Tingkat risiko dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$R = P \times I \quad (3)$$

Keterangan:

R = Tingkat Risiko

P = Probabilitas (*Probability*)

I = Dampak (*Impact*)

3. Evaluasi Risiko

Evaluasi risiko dilakukan dengan mempetakan nilai tingkat risiko dengan menggunakan matrix risiko yang diterapkan pada PT XYZ, seperti Gambar 3 dibawah.

PROBABILITY	Sangat Besar	5	5	10	15	20	25
	Besar	4	4	8	12	16	20
	Sedang	3	3	6	9	12	15
	Kecil	2	2	4	6	8	10
	Sangat Kecil	1	1	2	3	4	5
			1	2	3	4	5
			Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
			DAMPAK				

Gambar 3. Matrix Risiko

Tingkat risiko diklasifikasikan mulai dari tingkat rendah, moderat, tinggi dan ekstrem sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 2. Klasifikasi Risiko

Nilai R = P x I	Kategori Risiko	Simbol
≤ 2	Risiko Rendah	
3 – 7	Risiko Moderat	
8 – 14	Risiko Tinggi	
15 – 25	Risiko Ekstrem	

Penilaian risiko dilakukan berdasarkan peluang probabilitas dan konsekuensinya/ dampaknya (Sufa'atin, 2017). Langkah selanjutnya memetakan level risiko ke dalam matriks. Dari penilaian risiko, lalu diurutkan berdasarkan peringkat nilainya untuk mengetahui faktor dominan dari risiko tersebut

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi risiko

Dalam penelitian ini melalui studi literature dan observasi pada penelitian sebelumnya, maka dapat diidentifikasi beberapa variabel risiko yang dibagi menjadi enam kategori, yaitu desain, pelaksanaan konstruksi, keuangan, kontraktual, manajemen organisasi dan eksternal lingkungan. Kemudian data tersebut dilakukan validasi oleh pakar dengan hasil seperti table berikut.

Tabel 3. Identifikasi Variabel Risiko

Kode	Variable Risiko	Referensi
Desain		
X1	Pemahaman tim desain terhadap standar regulasi yang berlaku	Ade Achmad & Manliad Ronald (2020)
X2	Kesalahan estimasi biaya	Soeharto (2001)
X3	Kesalahan desain	Soon Kim (2000)
X4	Kesalahan interpretasi data lapangan saat tender	Ferdy (2004)
X5	Kejelasan pendefinisian lingkup proyek dalam TOR	T. Alam (2011)
X6	Keinginan dari <i>owner</i> dalam memberikan masukan-masukan terhadap desain pekerjaan	Faisal, Abdullah, M. Afifuddin (2019)
X7	Perubahan desain dan spesifikasi yang sering terjadi	Omar, dkk (2024)
X8	Keterlambatan dalam persetujuan desain	Omar, dkk (2024)
X9	Kurangnya penerapan teknologi BIM	Pakar
Pelaksanaan Konstruksi		
X10	Kecelakaan kerja akibat kesalahan dalam metode konstruksi	Permen PUPR NO1 2020
X11	Perubahan lingkup pekerjaan	Soemarno (2007)
X12	Metode yang salah diterapkan pada proyek, baik metode baru maupun metode yang sudah dikenal	Hlaing, Singh, Tiong (2008)
X13	Pekerjaan yang harus diulang (<i>rework</i>) karena tidak memenuhi standar kualitas	Ritter (2009)
X14	Akurasi yang buruk dari program proyek	Flanagan, Norman (1993)
X15	Kelalaian dan keterlambatan dari sub kontraktor	Saqib et al (2008) & T. Alam (2011)
X16	Tidak diterimanya pekerjaan oleh <i>Owner</i>	Soemarno (2007)
X17	Keterlambatan konstruksi di site	He Zhi (1995)
X18	Kurangnya keahlian pekerja	Flanagan, Norman (1993)
X19	Perencanaan manajemen proyek	Soeharto (2001)
X20	Peningkatan biaya tidak langsung akibat perpanjangan durasi kontrak	Omar, dkk (2024)
X21	Tantangan lokasi dan kondisi tanah	Omar, dkk (2024)
X22	Banyaknya pekerjaan yang memiliki kondisi ketidakpastian (<i>unforeseen condition</i>)	Ade A, Manlian R. A. Simanjuntak (2020)
X23	Addendum kontrak akibat banyaknya keinginan <i>Owner</i> dalam melakukan perubahan saat proses pelaksanaan	Ade A, Manlian R. A. Simanjuntak (2020)
X24	Kurangnya kompetensi dalam implementasi value engineering saat pelaksanaan konstruksi	Pakar
Keuangan		
X25	Keterlambatan pembayaran oleh <i>Owner</i>	Hawari (2009)
X26	Pembayaran berlangsung dalam waktu yang lama	Murdoch (1992)
X27	<i>Owner</i> gagal membayar karena keterbatasan financial	Flanagan (1993)
X28	Keterbatasan anggaran biaya yang dimiliki oleh <i>Owner</i>	T. Alam (2011)
X29	Tidak stabil nilai mata uang	He Zhi (1995)
Kontraktual dan Legal		
X30	Pengertian dan definisi yang tidak jelas atau tidak ada	Murdoch (1992)
X31	Hak klaim biaya untuk seluruh pasal dihapus	Feydy (2004)
X32	Hirarki dokumen yang keliru dan tidak jelas	Feydy (2004)
X33	Dokumen yang tidak lengkap	Soeharto (2001)
X34	Kesalahan interpretasi dari kontraktor terhadap kontrak	Soeharto (2001)
X35	Denda kepada penyedia jasa tidak terbatas (<i>unlimited</i>)	Feydy (2004)
X36	Dispute masalah kontraktual	Alfata (2011)
X37	Kurang familiarnya terhadap kontrak	Hlaing, Sing, Tiong, Erhlich (2008)

Kode	Variable Risiko	Referensi
Manajemen Organisasi		
X38	Koordinasi dan komunikasi antar bagian-bagian dalam organisasi kerja kontraktor	Chan et al (2001) & T. Alam (2011)
X39	Komunikasi tim ahli yang terlibat dalam pekerjaan design and build baik proses perencanaan maupun pelaksanaan	Bambang S. & manlian Ronald (2021)
X40	Staf yang kurang berpengalaman	Soeharto (2001)
X41	Kompetensi <i>Project Manager</i> dalam melaksanakan pekerjaan <i>Design and Build</i>	Saqib et al (2008) & T. Alam (2011)
Eksternal dan Lingkungan		
X42	Pemahaman <i>Owner</i> dalam menghitung anggaran biaya pekerjaan <i>Design and Build</i> sesuai TOR	T. Alam (2011), G.A. Taurano (2013)
X43	Kondisi dan lingkungan tidak sesuai dengan dugaan semula	Faisal, Abdullah, M. Afifuddin (2019)
X44	Peraturan daerah setempat	T. Alam (2011)
X45	Perubahan situasi atau kebijakan politik dan perekonomian	T. Alam (2011)
X46	Intervensi dari Owner	Omar, dkk (2024)
X47	Fluktuasi upah pekerja dan harga material	He Zhi (1995)
X48	Pengehentian sementara pekerjaan oleh Owner	Omar, dkk (2024)
X49	Peristiwa tak terkendali: Pandemi, bencana alam, dan ketidakstabilan politik	Omar, dkk (2024)
X50	Sulitnya mendapatkan izin dan persetujuan dari pihak owner dalam berbagai proses pembangunan	Ade A., Manlian R. A. Simanjuntak (2020)

Analisis risiko

Analisis risiko ditentukan dengan cara menghitung *Severtiy Index* dengan menggunakan rumus yang terdapat pada persamaan 1 dan 2. Severity Index digunakan sebagai alat analisis sebagai pendekatan dalam memproyeksikan dampak dan probabilitas. Penilaian skala pada tingkat probabilitas dikategorikan berdasarkan tingkat kemungkinan terjadinya, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penilaian Skala Tingkat Probabilitas

Skala	Tignkat Probabilitas	Keterangan
1	Sangat Kecil	Sangat jarang atau hampir tidak pernah terjadi
2	Kecil	Jarang terjadi atau terjadi dalam waktu tertentu
3	Sedang	Kemungkinan terjadi secara berkala
4	Besar	Kemungkinan terjadi cukup besar/ sering terjadi
5	Sangat Besar	Sangat sering terjadi, atau hampir selalu terjadi

Penilaian skala pada tingkat dampak dikategorikan berdasarkan seberapa besar pengaruh terhadap *cost overrun*, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. Penilaian Skala Tingkat Dampak

Skala	Tignkat Dampak	Keterangan
1	Sangat Kecil	Dampak tidak signifikan atau tidak berpengaruh terhadap biaya proyek
2	Kecil	Dampak kecil terhadap biaya proyek (<5%)
3	Sedang	Cukup berdampak terhadap biaya proyek (5%-7%)
4	Besar	Berdampak besar terhadap biaya proyek (7%-10%)
5	Sangat Besar	Sangat berdampak besar terhadap biaya proyek (>10%)

Dari hasil kuisioner yang disebarkan ke responden, data kemudian diakumulasi seperti yang terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabulasi Jawaban Responden

Kode	Variable Risiko	Probabilitas					Probabilitas				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Desain											
X1	Pemahaman tim desain terhadap standar regulasi yang berlaku	0	5	3	2	1	0	0	5	5	1
X2	Kesalahan estimasi biaya	2	4	2	1	0	0	0	0	1	8
X3	Kesalahan desain	0	2	5	2	0	0	0	3	3	3
X4	Kesalahan interpretasi data lapangan saat tender	0	3	3	3	0	0	0	4	3	2
X5	Kejelasan pendefinisian lingkup proyek dalam TOR	0	0	2	5	2	0	2	5	2	0
X6	Keinginan dari <i>owner</i> dalam memberikan masukan-masukan terhadap desain pekerjaan	2	3	3	1	0	3	4	2	0	0
X7	Perubahan desain dan spesifikasi yang sering terjadi	0	2	3	3	1	2	4	3	0	0
X8	Keterlambatan dalam persetujuan desain	0	0	2	5	2	0	4	2	2	1
X9	Kurangnya penerapan teknologi BIM	3	5	1	0	0	7	2	0	0	0
Pelaksanaan Konstruksi											
X10	Kecelakaan kerja akibat kesalahan dalam metode konstruksi	1	5	3	0	0	8	1	0	0	0
X11	Perubahan lingkup pekerjaan	0	2	4	2	1	3	2	3	1	0
X12	Metode yang salah diterapkan pada proyek, baik metode baru maupun metode yang sudah dikenal	0	4	5	0	0	2	3	2	1	1
X13	Pekerjaan yang harus diulang (<i>rework</i>) karena tidak memenuhi standar kualitas	2	2	3	2	0	0	1	2	4	2
X14	Akurasi yang buruk dari program proyek	0	2	3	4	0	2	2	3	2	0
X15	Kelalaian dan keterlambatan dari sub kontraktor	1	4	4	0	0	2	4	2	1	0
X16	Tidak diterimanya pekerjaan oleh <i>Owner</i>	0	4	2	2	1	0	0	2	5	2
X17	Keterlambatan konstruksi di site	0	0	3	5	1	0	0	4	4	1
X18	Kurangnya keahlian pekerja	2	4	3	0	0	2	4	2	1	0
X19	Perencanaan manajemen proyek	0	3	5	3	0	0	1	3	4	3
X20	Peningkatan biaya tidak langsung akibat perpanjangan durasi kontrak	0	0	1	2	6	0	0	1	3	5
X21	Tantangan lokasi dan kondisi tanah	2	3	3	1	0	2	3	3	1	0
X22	Banyaknya pekerjaan yang memiliki kondisi ketidakpastian (<i>unforeseen condition</i>)	0	3	3	3	0	0	1	1	4	3
X23	Addendum kontrak akibat banyaknya keinginan <i>Owner</i> dalam melakukan perubahan saat proses pelaksanaan	1	2	4	3	1	0	3	6	2	0
X24	Kurangnya kompetensi dalam implementasi value engineering saat pelaksanaan konstruksi	2	3	3	1	0	5	2	2	0	0
Keuangan											
X25	Keterlambatan pembayaran oleh <i>Owner</i>	2	3	2	2	0	0	1	3	3	2
X26	Pembayaran berlangsung dalam waktu yang lama	1	3	5	0	0	2	3	3	1	0
X27	<i>Owner</i> gagal membayar karena keterbatasan financial	2	5	1	1	0	0	1	4	4	0
X28	Keterbatasan anggaran biaya yang dimiliki oleh <i>Owner</i>	2	4	3	0	0	2	4	2	1	0
X29	Tidak stabil nilai mata uang	6	1	2	0	0	6	2	1	0	0
Kontraktual dan Legal											
X30	Pengertian dan definisi yang tidak jelas atau tidak ada	0	0	5	2	2	2	4	2	1	0
X31	Hak klaim biaya untuk seluruh pasal dihapus	4	5	0	0	0	0	1	4	1	3
X32	Hirarki dokumen yang keliru dan tidak jelas	0	5	4	0	0	1	4	4	0	0
X33	Dokumen yang tidak lengkap	0	2	4	3	0	2	3	2	1	1
X34	Kesalahan interpretasi dari kontraktor terhadap kontrak	1	5	2	1	0	0	3	2	2	2
X35	Denda kepada penyedia jasa tidak terbatas (<i>unlimited</i>)	5	3	1	0	0	0	1	3	3	2
X36	Dispute masalah kontraktual	0	3	5	1	0	3	0	2	4	0
X37	Kurang familiarnya terhadap kontrak	8	1	0	0	0	5	4	0	0	0

Kode	Variable Risiko	Probabilitas					Probabilitas				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Manajemen Organisasi										
X38	Koordinasi dan komunikasi antar bagian-bagian dalam organisasi kerja kontraktor	0	2	5	4	0	2	3	3	3	0
X39	Komunikasi tim ahli yang terlibat dalam pekerjaan design and build baik proses perencanaan maupun pelaksanaan	0	2	3	5	1	0	4	3	4	0
X40	Staf yang kurang berpengalaman	5	3	1	2	0	2	4	5	0	0
X41	Kompetensi <i>Project Manager</i> dalam melaksanakan pekerjaan <i>Design and Build</i>	9	2	0	0	0	0	2	5	3	1
	Eksternal dan Lingkungan										
X42	Pemahaman <i>Owner</i> dalam menghitung anggaran biaya pekerjaan	3	6	1	1	0	5	4	2	0	0
X43	Kondisi dan lingkungan tidak sesuai dengan dugaan semula	1	2	5	2	1	0	4	4	3	0
X44	Peraturan daerah setempat	5	3	1	2	0	4	5	2	0	0
X45	Perubahan situasi atau kebijakan politik dan perekonomian pemerintah	5	5	1	0	0	3	6	1	1	0
X46	Intervensi dari Owner	1	2	5	2	1	4	4	3	0	0
X47	Fluktuasi upah pekerja dan harga material	1	5	4	1	0	3	4	2	2	0
X48	Pengehentian sementara pekerjaan oleh Owner	2	4	3	1	1	0	4	5	2	0
X49	Peristiwa tak terkendali: Pandemi, bencana alam, dan ketidakstabilan politik	7	3	1	0	0	0	6	4	1	0
X50	Sulitnya mendapatkan izin dan persetujuan dari pihak owner	0	0	7	3	1	1	5	4	1	0

Tabel di atas merupakan hasil akumulasi jawaban dari seluruh responden terkait penilaian terhadap probabilitas maupun dampak. Selanjutnya adalah menentukan *Severity Index* untuk masing-masing variabel yang telah diketahui penilaian hasil dari

jawaban responden. Kemudian nilai probabilitas (P) dan dampak (I) yang telah dikonversi menjadi skala *likert*, lalu dicari nilai tingkat risikonya dengan mengkalikan nilai probabilitas (P) dengan nilai dampak (I) sesuai dengan persamaan 3.

Tabel 7. Analisis Tingkat Risiko

Kode	Variable Risiko	Probabilitas		Dampak		Tingkat Risiko (R)	Level Risiko
		SI (P)	Skala	SI (I)	Skala		
	Desain						
X1	Pemahaman tim desain terhadap standar regulasi yang	58,2%	3	72,7%	4	12	Tinggi
X2	Kesalahan estimasi biaya	41,8%	3	92,7%	5	15	Ekstrem
X3	Kesalahan desain	58,2%	3	78,2%	4	12	Tinggi
X4	Kesalahan interpretasi data lapangan saat tender	56,4%	3	69,1%	4	12	Tinggi
X5	Kejelasan pendefinisian lingkup proyek dalam TOR	69,1%	4	56,4%	3	12	Tinggi
X6	Keinginan dari <i>owner</i> dalam memberikan masukan-masukan terhadap desain pekerjaan	50,9%	3	36,4%	2	6	Moderat
X7	Perubahan desain dan spesifikasi yang sering terjadi	67,3%	4	43,6%	3	12	Tinggi
X8	Keterlambatan dalam persetujuan desain	78,2%	4	58,2%	3	12	Tinggi
X9	Kurangnya penerapan teknologi BIM	34,5%	2	25,5%	2	4	Moderat

Kode	Variable Risiko	Probabilitas		Dampak		Tingkat Risiko (R)	Level Risiko
		SI (P)	Skala	SI (I)	Skala		
	Pelaksanaan Konstruksi						
X10	Kecelakaan kerja akibat kesalahan dalam metode	41,8%	3	25,5%	2	6	Moderat
X11	Perubahan lingkup pekerjaan	63,6%	4	41,8%	3	12	Tinggi
X12	Metode yang salah diterapkan pada proyek, baik metode baru maupun metode yang sudah dikenal	47,3%	3	45,5%	3	9	Tinggi
X13	Pekerjaan yang harus diulang (<i>rework</i>) karena tidak memenuhi standar kualitas	50,9%	3	70,9%	4	12	Tinggi
X14	Akurasi yang buruk dari program proyek	63,6%	4	50,9%	3	12	Tinggi
X15	Kelalaian dan keterlambatan dari sub kontraktor	50,9%	3	49,1%	3	9	Tinggi
X16	Tidak diterimanya pekerjaan oleh <i>Owner</i>	54,5%	3	78,2%	4	12	Tinggi
X17	Keterlambatan konstruksi di site	74,5%	4	76,4%	4	16	Ekstrem
X18	Kurangnya keahlian pekerja	40,0%	2	43,6%	3	6	Moderat
X19	Perencanaan manajemen proyek	60,0%	3	76,4%	4	12	Tinggi
X20	Peningkatan biaya tidak langsung akibat perpanjangan durasi kontrak	90,9%	5	80,0%	4	20	Ekstrem
X21	Tantangan lokasi dan kondisi tanah	50,9%	3	43,6%	3	9	Tinggi
X22	Banyaknya pekerjaan yang memiliki kondisi ketidakpastian (<i>unforeseen condition</i>)	60,0%	3	70,9%	4	12	Tinggi
X23	Addendum kontrak akibat banyaknya keinginan <i>Owner</i> dalam melakukan perubahan saat proses	61,8%	4	58,18%	3	12	Tinggi
X24	Kurangnya kompetensi dalam implementasi value engineering saat pelaksanaan konstruksi	41,8%	3	32,7%	2	6	Moderat
	Keuangan						
X25	Keterlambatan pembayaran oleh <i>Owner</i>	49,1%	3	69,1%	4	12	Tinggi
X26	Pembayaran berlangsung dalam waktu yang lama	47,3%	3	49,1%	3	9	Tinggi
X27	<i>Owner</i> gagal membayar karena keterbatasan financial	47,3%	3	67,3%	4	12	Tinggi
X28	Keterbatasan anggaran biaya yang dimiliki oleh	41,8%	3	47,3%	3	9	Tinggi
X29	Tidak stabil nilai mata uang	30,9%	2	29,1%	2	4	Moderat
	Kontraktual dan Legal						
X30	Pengertian dan definisi yang tidak jelas atau tidak ada	69,1%	4	41,8%	3	12	Tinggi
X31	Hak klaim biaya untuk seluruh pasal dihapus	29,1%	2	76,4%	4	8	Tinggi
X32	Hirarki dokumen yang keliru dan tidak jelas	43,6%	3	43,6%	3	9	Tinggi
X33	Dokumen yang tidak lengkap	63,6%	4	50,9%	3	12	Tinggi
X34	Kesalahan interpretasi dari kontraktor terhadap	43,6%	3	67,3%	4	12	Tinggi
X35	Denda kepada penyedia jasa tidak terbatas (<i>unlimited</i>)	29,1%	2	76,4%	4	8	Tinggi
X36	Dispute masalah kontraktual	52,7%	3	56,4%	3	9	Tinggi
X37	Kurang familiarnya terhadap kontrak	21,8%	2	29,1%	2	4	Moderat
	Manajemen Organisasi						
X38	Koordinasi dan komunikasi antar bagian-bagian dalam organisasi kerja kontraktor	63,6%	4	52,7%	3	12	Tinggi
X39	Komunikasi tim ahli yang terlibat dalam pekerjaan design and build baik proses perencanaan maupun pelaksanaan	69,1%	4	60,0%	3	12	Tinggi
X40	Staf yang kurang berpengalaman	40,0%	2	45,5%	3	6	Moderat
X41	Kompetensi <i>Project Manager</i> dalam melaksanakan pekerjaan <i>Design and Build</i>	23,6%	2	65,5%	4	8	Tinggi
	Eksternal dan Lingkungan						
X42	Pemahaman <i>Owner</i> dalam menghitung anggaran biaya	40,0%	2	34,5%	2	4	Moderat
X43	Kondisi dan lingkungan tidak sesuai dengan dugaan semula	60,0%	3	58,2%	3	9	Tinggi

Kode	Variable Risiko	Probabilitas		Dampak		Tingkat Risiko (R)	Level Risiko
		SI(P)	Skala	SI(I)	Skala		
X44	Peraturan daerah setempat	40,0%	2	36,4%	2	4	Moderat
X45	Perubahan situasi atau kebijakan politik dan perekonomian pemerintah	32,7%	2	40,0%	2	4	Moderat
X46	Intervensi dari Owner	60,0%	3	38,2%	2	6	Moderat
X47	Fluktuasi upah pekerja dan harga material	49,1%	3	45,5%	3	9	Tinggi
X48	Pengehentian sementara pekerjaan oleh Owner	50,9%	3	56,4%	3	9	Tinggi
X49	Peristiwa tak terkendali: Pandemi, bencana alam, dan ketidakstabilan politik	29,1%	2	50,9%	3	6	Moderat
X50	Sulitnya mendapatkan izin dan persetujuan dari pihak owner dalam berbagai proses pembangunan	69,1%	4	49,1%	3	12	Tinggi

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa level risiko pada masing-masing variabel dengan rincian terdapat 13 variabel dengan

level risiko moderat, 34 variabel dengan level risiko tinggi, dan 3 variabel dengan level risiko ekstrem.

PROBABILITY	Sangat Besar	5				X20	
	Besar	4			X5,X7,X8,X11,X14,X23,X30,X33,X38,X39,X50	X17	
	Sedang	3		X6,X10,X24,X46	X12,X15,X21,X26,X28,X32,X36,X43,X47,X48	X1,X3,X4,X13,X16,X17,X22,X25,X27,X34	X2
	Kecil	2	X9,X29,X37,X42,X44,X45		X18,X40,X49	X31,X35,X41	10
	Sangat Kecil	1				4	5
			1	2	3	4	5
			Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
			DAMPAK				

Gambar 4. Pemetaan Risiko

Berdasarkan Gambar 4, dapat dipetakan bahwa nilai risiko dominan dengan level risiko ekstrem terdapat pada variabel X2, X17, dan X20 dengan rincian peringkat dapat dilihat seperti Tabel 8.

Tabel 8. Variabel Risiko Domina

Peringkat	Kode	Tingkat Risiko (R)	Level Risiko
1	X20	20	Ekstrem
2	X17	16	Ekstrem
3	X2	15	Ekstrem

Kesimpulan

1. Berdasarkan identifikasi risiko terhadap studi literatur dan validasi pakar, ditemukan sebanyak 50 variabel risiko yang berpengaruh terhadap *cost overrun* pada proyek bangunan gedung dengan kontrak *design and build*.
2. Dari hasil Analisa risiko dapat ditentukan 13 variabel dengan level risiko moderat, 34 variabel dengan level risiko tinggi, dan 3 variabel dengan level risiko ekstrem

3. Variable risiko yang memiliki probabilitas terjadi paling tinggi dalam pengaruhnya ke *cost overrun* pada PT XYZ untuk proyek bangunan gedung dengan kontrak *design and build* adalah peningkatan biaya tidak langsung akibat perpanjangan durasi kontrak.
4. Variable risiko yang memiliki dampak paling tinggi dalam pengaruhnya ke *cost overrun* pada PT XYZ untuk proyek bangunan gedung dengan kontrak *design and build* adalah kesalan estimasi biaya dan peningkatan biaya tidak langsung akibat perpanjangan durasi kontrak.
5. Faktor risiko dominan yang paling mempengaruhi terjadinya *cost overrun* pada proyek bangunan gedung dengan kontrak *design and build* di PT XYZ antara lain: peningkatan biaya tidak langsung akibat perpanjangan durasi kontrak, keterlambatan konstruksi di site, dan kesalahan estimasi biaya.

Daftar Pustaka

- Abdelalim, A. M., Salem, M., Salem, M., Al-Adwani, M., & Tantawy, M. (2024). "An analysis of factors contributing to cost overruns in the global construction industry". *Buildings*, 15(1), 18. <https://doi.org/10.3390/buildings15010018>
- Aladayleh, K. J., & Aladaileh, M. J. (2024). "Applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to BIM-Based Risk Management for Optimal Performance in Construction Projects." *Buildings*, 14(11), 3632. <https://doi.org/10.3390/buildings14113632>
- Algahtany, M., Alharthi, A., & Aljuaid, A. (2023). "The effectiveness of design-build delivery method in mitigating cost overrun: Evidence from public construction projects". *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(7), 04023067. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002467](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002467)
- Alnaser, A., Al-Gahtani, K., & Alsanabani, M. (2024). *Building information modeling impact on cost overrun risk factors and interrelationships*. *Applied Sciences*, 14(22), 10711. <https://doi.org/10.3390/app142210711>
- Alsulami, B. T. (2025). "Change orders and their domino effect: Insights from public construction projects in the Kingdom of Saudi Arabia (includes comparative GBK case)". *Buildings*, 15(2), 87. <https://doi.org/10.3390/buildings15010087>
- Ashtari, M. A., Ansari, R., Hassannayebi, E., & Jeong, J. (2022). "Cost overrun risk assessment and prediction in construction projects: A Bayesian network classifier approach." *Buildings*, 12(10), 1660. <https://doi.org/10.3390/buildings12101660>
- Chatterjee, P., & Bose, G. (2020). "Risk assessment in construction projects using AHP and PIM methods." *International Journal of Construction Management*, 20(5), 421–432. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1511481>
- Dong, S., Ahmed, M., & Chatpattananan, V. (2025). "Analysis of key factors of cost overrun in construction projects based on structural equation modelling". *Sustainability*, 17(5), 2119. <https://doi.org/10.3390/su17052119>
- Duijm, N. J. (2015). "Recommendations on the use and design of risk matrices." *Safety Science*, 76, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.014>
- El-Sayegh, S., Al-Soliman, H., & Shiyam, M. (2023). "A framework for managing risks in design-build projects". *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(8), 2387–2406. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2022-0971>
- El-Sayegh, S., Manjikian, S., & Abbas, A. (2025). *Factors contributing to cost overruns in design-build construction projects: A system dynamics approach*. *Sustainability*, 17(5), 2119. <https://doi.org/10.3390/su17052119>
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). "Comparison of convenience sampling and purposive sampling." *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Fassa, F., & Wibowo, A. (2024). "Issues and challenges of employing the design-build contract system in government construction projects: Lessons learned from the Gelora Bung Karno Project". *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction (ASCE)*. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1114>
- Gómez-Cabrera, A. (2024). "Causes of time and cost overruns in construction projects: A scoping review". *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2252288>
- Ho, W. (2008). "Integrated analytic hierarchy process and its applications—A literature review." *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211–228. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>

- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). "Review of the main developments in the Analytic Hierarchy Process." *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336–14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Jensen, R. C., Bird, R. L., & Nichols, B. W. (2022). "Risk assessment matrices for workplace hazards: Design for usability." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2763. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052763>
- Lemmens, S. M. P., Lopes van Balen, V. A., Röselaers, Y. C. M., Scheepers, H. C. J., & Spaanderman, M. E. A. (2022). "The risk matrix approach: A helpful tool weighing probability and impact when deciding on preventive and diagnostic interventions." *BMC Health Services Research*, 22, Article (see DOI). <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07484-7>
- Liu, J., Xie, Q., Xia, B., & Bridge, A. J. (2017). "Impact of design risk on the performance of design-build projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(6), 04017010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001299](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001299)
- Love, P. E. D., Liu, J., Matthews, J., Sing, M. C. P., & Smith, J. (2019). "Future proofing capital projects: Life cycle thinking and cost overruns." *Sustainability*, 11(15), 4135. <https://doi.org/10.3390/su11154135>
- Love, P. E. D., Matthews, J., & Olatunji, O. A. (2024). "Design errors and cost overruns: Exploring the role of design-build procurement." *Journal of Management in Engineering*, 40(3), 04024020. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0001279](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0001279)
- Marzouk, M., & El-Rasas, T. (2014). "Analyzing delay causes in Egyptian construction projects." *Journal of Advanced Research*, 5(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2012.11.005>
- MDPI. (2023). "Research design and methodology in engineering management." *MDPI Journals*. <https://doi.org/10.3390>
- Miftakhathun (2020). "Analisis Manajemen Risiko Teknologi Informasi pada Website Ecofo Menggunakan ISO 31000." *JCSE*, 1(2), 129–146. <https://icsejournal.com/index.php/JCSE>
- Nugroho, Heru P. (2024). "Analisis Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Pada Proyek Pembangunan Jembatan Berdasarkan ISO 31000:2018." *Jurnal Sains Student Research*, 2(5), 194–206. <https://doi.org/10.61722/jssr.v2i5.2632>
- Pham, D. H., Ly, D. H., Tran, N. K., Ahn, Y. H., & Jang, H. (2021). "Developing a risk management process for general contractors in the bidding stage for design-build projects in Vietnam." *Buildings*, 11(11), 542. <https://doi.org/10.3390/buildings11110542>
- Pratama, R., Jayady, A., & Suryani, F. (2023). "Implementation of construction phase risk management on fire station project in Kepulauan Seribu Regency." *Asian Journal of Engineering, Social and Health (AJESH)*, 2(8). <https://doi.org/10.46799/ajesh.v2i8.86>
- Project Management Institute (PMI). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*, Seventh edition and the standard for project management. Project Management Institute.
- Qazi, A., & Dikmen, I. (2021). "From risk matrices to risk networks in construction projects." *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(5), 1449–1460. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2907787>
- Rezaian, A. (2011). *Time-cost-quality-risk of construction and development projects or investment*. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 10(2), 218–223. Retrieved from [http://idosi.org/mejsr/mejsr10\(2\)11/15.pdf](http://idosi.org/mejsr/mejsr10(2)11/15.pdf)
- Ryandika, R., Meifrialdi, M., Pribadi, K. S., Martek, I., & Chan, T. K. (2022). "Impact of the COVID-19 pandemic on construction workers in West Java." *Journal of Construction in Developing Countries*, (Early view). <https://doi.org/10.21315/jcdc-02-22-0029>
- Saaty, T. L. (2008). "Decision making with the analytic hierarchy process." *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- SNI (2018). "SNI ISO 31000:2018 Manajemen Risiko." Badan Standardisasi Nasional.
- Sebayang, E. M., Rahardjo, H. A., & Dinarian, D. (2018). "Pengelolaan risiko proyek gedung bertingkat pada PT. XYZ di Jakarta terhadap kinerja waktu." *Jurnal Teknik Sipil*, 25(3). <https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.3.8>
- Syahrul, S., Nurjaman, H. N., & Suryani, F. (2016). "Analisis teknis dan evaluasi kelayakan pembangunan jalan penghubung Kabupaten Kaur — Provinsi Bengkulu (ruas Tanjung Kemuning)." *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 25–40. <https://doi.org/10.33369/ijts.8.2.25-40>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). "Analytic hierarchy process: An overview of applications." *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Yousri, E., Sayed, A. E. B., Farag, M. A. M., & Abdelalim, A. M. (2023). "Risk identification of building construction projects in Egypt." *Buildings*, 13(4), 1084. <https://doi.org/10.3390/buildings13041084>