

Identifikasi Risiko Dalam Tahap Pelaksanaan Proyek Green Construction

Stefani Switly Peginusa*¹, Geertje Kandiyoh², Dian Puspita Sari³, Dwars Soukotta⁴,
Olivia Moningka⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

⁵Program Studi Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

e-mail: *switly.peginusa@polimdo.ac.id, geertje.kandiyoh@sipil.polimdo.ac.id,

dianps@polimdo.ac.id, dwars.soukotta@polimdo.ac.id, olivia.moningka@polimdo.ac.id

Abstract

The low level of popularity of green building construction in Indonesia and the low environmental awareness of the general public, moreover, this development concept has the characteristics of a long construction period, large investment, large amount of human resources. Therefore, implementing green building construction on construction projects in Indonesia requires better risk management and identifying project risks among these project risks is a top priority. The aim of this research is to identify the risks that can be experienced in the construction of green construction buildings in Indonesia, determining the hierarchy of the risks experienced. The research method was carried out using a Delphi survey method and then to determine the risk hierarchy using the pair wise comparison method. The types of risks identified are 27 (twenty seven) types of risks with their respective levels. The first level contains 1 (one) type of risk, namely unexpected increases in project costs. The second level consists of 25 (twenty five types of risks). Meanwhile, the third level consists of 1 (one) type of risk, namely unclear contract provisions for claims and litigation. This risk is the source of all existing risks.

Keywords: *identification, risk, green construction*

Abstrak

Rendahnya tingkat popularitas konstruksi bangunan hijau di Indonesia dan rendahnya kesadaran lingkungan masyarakat umum, terlebih lagi konsep pembangunan ini mempunyai ciri-ciri masa pembangunan yang lama, investasi yang besar, jumlah sumber daya manusia yang besar. Karena itu, pelaksanaan konstruksi bangunan hijau pada proyek konstruksi di Indonesia, perlu melakukan manajemen risiko dengan lebih baik dan identifikasi risiko proyek di antara risiko-risiko proyek tersebut merupakan prioritas utama. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi risiko – risiko yang dapat dialami dalam konstruksi bangunan green construction di Indonesia, menentukan hirarki dari risiko – risiko yang dialami tersebut. Metode penelitian dilakukan dengan survei metode Delphi selanjutnya untuk penentuan hirarki risiko menggunakan metode pair wise comparasion. Adapun jenis risiko yang teridentifikasi adalah 27 (dua puluh tujuh) jenis risiko dengan tingkatannya masing-masing. Tingkatan pertama terdapat 1 (satu) jenis risiko yaitu biaya proyek yang tidak terduga meningkat. Tingkatan kedua terdiri dari 25 (dua puluh lima jenis risiko). Sedangkan, tingkatan ketiga terdiri dari 1 (satu) jenis risiko yaitu ketentuan kontrak yang tidak jelas untuk klaim dan litigasi, risiko ini merupakan sumber dari semua risiko yang ada.

Kata kunci: *identifikasi, risiko, green construction*

1. Pendahuluan

Perubahan iklim menimbulkan dampak yang signifikan terhadap semua negara dan wilayah, termasuk Indonesia. Perubahan iklim disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah bangunan sipil yang memiliki andil dalam menyebabkan pemanasan global. Perkembangan proyek konstruksi saat ini, dianggap memiliki peran besar terhadap perubahan lingkungan di permukaan bumi ini. Dari tahap konstruksi sampai tahap operasional tidak dapat di pisahkan dari pemanfaatan sumber daya alam yang jumlahnya semakin terbatas (Ervianto, 2010). Sedangkan, esensi dari pembangunan berkelanjutan adalah internalisasi dampak dari setiap tindakan sosial dan ekonomi terhadap lingkungan hidup. Artinya, setiap kegiatan sosial dan ekonomi perlu menghindari/mencegah atau memperhitungkan dampaknya terhadap kondisi lingkungan hidup, agar lingkungan hidup tetap dapat menjalankan fungsinya untuk menopang kehidupan saat ini dan di masa mendatang (Alisjahbana & Murniningtyas, 2018) Kerusakan lingkungan terjadi pada saat pembangunan sampai bangunan tersebut mulai digunakan. Berkurangnya ruang hijau, konsumsi energi yang berlebihan, dan bahan bangunan yang tidak ramah lingkungan berkontribusi terhadap pemanasan global (Damar et al., 2023). Dengan peningkatan pemanasan global yang semakin memprihatinkan ini sudah saatnya proyek konstruksi perlu dikelola untuk mengantisipasi situasi agar tidak terjadi kerusakan lingkungan alam yang semakin parah. Oleh karena itu, konsep pengelolaan konstruksi bangunan hijau diperkenalkan ke dalam konstruksi.

Konsep bangunan hijau adalah sebuah konsep pembangunan dimana perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi yang didasarkan pada dokumen kontrak untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang (Ervianto, 2012). Dengan semakin maraknya penerapan bangunan hijau di Indonesia dan dukungan pemerintah lewat peraturan – peraturan yang ditetapkan, maka pembangunan dengan konsep green construction akan terus berkembang. Namun karena rendahnya tingkat popularitas konstruksi bangunan hijau di Indonesia dan rendahnya kesadaran lingkungan masyarakat umum, terlebih lagi konsep pembangunan ini mempunyai ciri-ciri masa pembangunan yang lama, investasi yang besar, jumlah sumber daya manusia yang besar. Oleh karena itu, pelaksanaan konstruksi bangunan hijau pada proyek konstruksi di Indonesia, perlu melakukan manajemen risiko dengan lebih baik dan identifikasi risiko proyek di antara risiko-risiko proyek tersebut merupakan prioritas utama.

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak peneliti dalam dan luar negeri telah melakukan penelitian tentang identifikasi risiko proyek konstruksi hijau. Xiang dan Yuan (2018) melakukan penelitian di Tiongkok dengan studi literature dan berhasil mengidentifikasi faktor risiko proyek bangunan ramah lingkungan berdasarkan perspektif keberlanjutan. Ditemukan bahwa kurangnya pengalaman manajer dalam tahap operasional dan kepuasan masyarakat terhadap proyek sangat rendah adalah dua risiko yang paling parah. Hwang dan Shan (2017) melakukan penelitian terhadap proyek pembangunan perumahan ramah lingkungan di Singapura dengan metode survey dan ditemukan bahwa prosedur yang rumit untuk memperoleh persetujuan, biaya awal yang tinggi, persyaratan pemilik yang tidak jelas, kendala pekerjaan, dan kurangnya ketersediaan bahan dan peralatan ramah lingkungan merupakan lima kendala utama risiko dalam proyek konstruksi bangunan perumahan ramah lingkungan. Damar dan Alrizal (2023) melakukan identifikasi untuk dapat diketahui risiko apa yang menjadi dasar dalam penerapan konstruksi hijau dan bagaimana strategi untuk mengatasi dan menerapkan konstruksi hijau di industri jasa konstruksi di Indonesia. Dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) menunjukkan bahwa risiko ekonomi makro, risiko dalam aspek masalah kontrak, dan risiko dalam aspek masalah teknis adalah tiga teratas pada kriteria risiko. Nguyen dan Macchion (2022) membuat model penilaian risiko komprehensif yang mempertimbangkan tiga fitur risiko penting: tingkat dampak, kemungkinan kejadian dan

pengelolaan risiko. Dengan metode fuzzy synthetic evaluation, penelitian dilakukan terhadap 58 green building di Vietnam dan hasilnya menunjukkan bahwa kurangnya pengalaman desainer green building adalah faktor penyebab paling penting, dan risiko sumber daya manusia dalam tahap desain adalah kelompok risiko paling penting.

Beberapa artikel menyebutkan konsep pembangunan berkelanjutan, hanya sedikit artikel yang menggunakan perspektif berkelanjutan untuk mengidentifikasi risiko pada proyek yang ada di Indonesia, dan proyek dengan konsep bangunan hijau sebenarnya menggunakan perspektif tersebut erat kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan. Identifikasi risiko merupakan salah satu proses dari manajemen risiko. Identifikasi risiko adalah proses penentuan risiko yang dapat mempengaruhi proyek dan mendokumentasikan karakteristiknya. Manfaat utama dari proses ini adalah dokumentasi risiko dan pengetahuan serta kemampuan yang ada ini diberikan kepada tim proyek untuk mengantisipasi kejadian akibat risiko tersebut (PMI, 2013). Perkembangan penerapan konstruksi hijau yang memiliki tren positif beberapa dekade ini (Damar et al., 2023), juga tidak lepas dari risiko proyek dalam pelaksanaan konstruksinya. Pengelola sebuah proyek konstruksi hijau perlu melakukan manajemen risiko dengan lebih baik, dan identifikasi risiko-risiko yang akan terjadi merupakan prioritas utama. Jika tidak menentukan terlebih dahulu risiko-risiko suatu konstruksi hijau, maka risiko-risiko tersebut mungkin mempunyai dampak yang serius bagi berjalannya proyek dan bahkan dapat menghambat pencapaian tujuan proyek. Oleh karena itu, tulisan ini akan mengadopsi perspektif berkelanjutan dan mengidentifikasi risiko-risiko utama pada proyek pembangunan bangunan hijau di Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pengelolaan manajemen risiko konstruksi bangunan hijau di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Berdasarkan studi pustaka terhadap penelitian terdahulu didapatkan 49 (empat puluh sembilan) risiko yang selanjutnya digunakan sebagai variabel penelitian pada kuisisioner. Penyebaran kuisisioner dilakukan melalui survei dengan metode delphi. Metode ini digunakan untuk membangun opini dari para ahli, dalam hal ini ahli di bidang green construction untuk tujuan mencapai konsensus atau kesepakatan (Linstone & Turoff, 2002). Pelaksanaan survei dilakukan dengan metode Delphi tidak dilakukan hanya sekali tetapi dilakukan dalam kisaran 2 (dua) sampai 10 (sepuluh) *round* sampai dicapai kesepakatan antara responden. Akan tetapi menurut Lang (2000), jika adanya keterbatasan waktu, survei bisa dihentikan sampai 2 (dua) putaran. Pertanyaan pada kuisisioner berhubungan dengan risiko dalam tahap pelaksanaan suatu proyek *green construction*. Jawaban dari pertanyaan kuisisioner ini menggunakan *skala likert* yaitu untuk mengukur sikap, persepsi dan pendapat seseorang atau kelompok terhadap suatu objek atau permasalahan yang mempunyai gradasi dari sangat positif sampai sangat negatif (Sugiyono, 2016). Bentuk *skala likert* yang digunakan adalah skala 1 sampai dengan 5, dimana 1 = 'sangat tidak setuju', 2 = 'tidak setuju', 3 = 'netral', 4 = 'setuju' dan 5 = 'sangat setuju'. Jumlah responden yang akan diambil berkisar adalah 15 sampai 30 responden yang mempunyai keahlian di bidangnya (Clayton, 1997). Responden adalah para *expert* dalam hal ini akademisi dan praktisi yang mempunyai pengetahuan di bidang konstruksi dan pernah terlibat dalam pelaksanaan proyek *green construction*.

Setelah itu dilakukan uji validitas dan reliabilitas terhadap kuisisioner yang diberikan untuk mengetahui apakah kuisisioner tersebut sudah dikatakan valid dan reliabel. Setelah uji validitas dan reliabilitas, kuisisioner kemudian disebar kepada 15 responden sebanyak 2 putaran. Selanjutnya data kuisisioner di analisa dengan analisis deskriptif dan dilanjutkan dengan penyebaran kuisisioner *pair wise comparison*, dimana responden diminta untuk memberikan hubungan antar variabel sebagai berikut :

V : risiko i menyebabkan risiko j

A : risiko j menyebabkan risiko i

X : risiko i dan j saling menyebabkan satu sama lain

O : risiko i dan j tidak berhubungan

Data dari hasil kuisioner ini kemudian akan dianalisis dengan metode *Interpretive Structural Model* (ISM).

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil uji validitas menunjukkan bahwa 18 (delapan belas) variabel jenis risiko yang tidak valid karena nilai r hitung kurang dari nilai r tabel = 0,514 dan didapatkan 31 (tiga puluh satu) variabel jenis risiko yang valid dalam tahap pelaksanaan proyek *green construction*. Setelah itu, dilakukan uji reliabilitas dimana nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,965 lebih besar dari syarat minimum 0,514 yang berarti bahwa instrumen penelitian (kuisioner) adalah reliabel. Setelah uji validitas dan reliabilitas kemudian kuisioner disebarkan kepada *expert* dan dianalisis dengan analisa deskriptif. Hasil kuisioner delphi putaran pertama dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini. Dari hasil analisis deskriptif 15 (lima belas) variabel jenis risiko mempunyai peringkat yang tinggi berdasarkan nilai modus 4 sedangkan 16 (enam belas) variabel jenis risiko memiliki rating sedang dengan nilai modus 2 dan 3.

Tabel 1. Risiko dalam Tahap Pelaksanaan Proyek Green Construction
Risiko Dalam Tahap Pelaksanaan Proyek Green Construction (GC)

C1	Financial/Cost
	1. Estimasi biaya yang tidak akurat
	2. Biaya proyek yang tidak terduga meningkat
C2	Legal Risk
	1. Ketentuan kontrak yang tidak jelas untuk klaim dan litigasi
	2. Menunda pembayaran pada kontrak
	3. Kesulitan dalam memahami spesifikasi ramah lingkungan dalam rincian kontrak
	4. Kurangnya aturan kontrak yang sesuai untuk GC
	5. Klaim yang timbul dari persyaratan ramah lingkungan
	6. Keterlambatan dalam menyelesaikan perselisihan
C3	Technical/Quality
	1. Kurangnya dokumen dan informasi untuk teknologi konstruksi yang ramah lingkungan
	2. Detail desain atau spesifikasinya tidak jelas
	3. Perubahan desain selama konstruksi
	4. Ketidakakraban dengan tingkat teknologi baru
	5. Ketidaktahuan akan persyaratan pekerjaan
	6. Ketidakakraban dengan bahan ramah lingkungan
	7. Ketidaktahuan tentang proses konstruksi
C4	Management
	1. Komunikasi yang buruk antar pemangku kepentingan proyek dalam proses konstruksi proyek GC
	2. Kesulitan dalam pemilihan kontraktor/subkontraktor yang menyediakan jasa konstruksi GC
	3. Komunikasi yang buruk antar pemangku kepentingan proyek
	4. Langkah-langkah keberlanjutan tidak dipertimbangkan sejak dini oleh para pemangku kepentingan
C5	Safety and Environmental Risk
	1. Pencemaran udara, suara, dan air
	2. Tingkat kriminalitas yang tinggi
C6	Material and Equipment Problems
	1. Masalah kualitas bahan
	2. Kurangnya ketersediaan bahan dan peralatan ramah lingkungan
	3. Ketidakpastian terhadap daya tahan/keandalan bahan, teknologi, dan peralatan ramah lingkungan

4. Perubahan jenis material dan spesifikasi selama konstruksi
- C7 Human Resources**
1. Pekerja tidak terampil
 2. Kendala dalam mempekerjakan buruh
 3. Kurangnya profesional yang berkualifikasi dengan pengalaman dan keahlian untuk GC
 4. Kurangnya staf manajemen
 5. Kontraktor/subkontraktor kurang mempunyai pengetahuan dan pengalaman mengenai GC
 6. Pemilik tidak memiliki pengalaman manajemen konstruksi ramah lingkungan dengan GC

Sumber : (Nguyen & Macchion, 2022) (Hwang et al., 2017) (Tao & Xiang-Yuan, 2018) (Damar et al., 2023) (Dewi & Diputra, 2015) (Parami Dewi, 2015) (Mustofa et al., 2023)

Setelah mendapatkan rating tersebut, kuisisioner putaran kedua disebarakan lagi kepada responden yang sama untuk mendapatkan kosensus atau kesepakatan diantara para *expert*. Kuisisioner putaran kedua ini bertujuan untuk mengkonfirmasi apakah rating hasil analisis sebelumnya sesuai dengan pendapat para *expert*. Kuisisioner ini kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif dan dalam menganalisis tingkat kesepakatan dari responden menggunakan skor hipotetik dengan menggunakan alat ukur sebagai acuan. Tinggi rendahnya skor subjek tergantung dari posisinya pada rentang skor yang memungkinkan diperoleh pada sebuah alat ukur (Widhiarso, 2014). Variabel dengan kategori tinggi menyatakan bahwa sudah terjadi kesepakatan mengenai jenis risiko dalam tahap pelaksanaan proyek *green construction* diantara para *expert*. Selanjutnya, jenis risiko yang mempunyai rating tertinggi akan dijadikan variabel (dapat dilihat pada tabel 2) untuk kuisisioner *pair wise comparison* atau matriks berpasangan. Kuisisioner ini juga diberikan kepada para *expert* yang terlibat dalam kuisisioner sebelumnya.

Tabel 2. Jenis Risiko Hasil Analisis Kuisisioner Tahap 2

Kode	Jenis Risiko	Kode	Jenis Risiko
C1_1	Estimasi biaya yang tidak akurat	C4_2	Kesulitan dalam pemilihan kontraktor/subkontraktor yang menyediakan jasa konstruksi GC
C1_2	Biaya proyek yang tidak terduga meningkat	C4_3	Komunikasi yang buruk antar pemangku kepentingan proyek
C2_1	Ketentuan kontrak yang tidak jelas untuk klaim dan litigasi	C4_4	Langkah-langkah keberlanjutan tidak dipertimbangkan sejak dini oleh para pemangku kepentingan
C2_3	Kesulitan dalam memahami spesifikasi ramah lingkungan dalam rincian kontrak	C5_1	Pencemaran udara, suara, dan air
C2_4	Kurangnya aturan kontrak yang sesuai untuk Konstruksi Ramah Lingkungan	C6_1	Masalah kualitas bahan
C2_5	Klaim yang timbul dari persyaratan ramah lingkungan	C6_2	Kurangnya ketersediaan bahan dan peralatan ramah lingkungan
C2_6	Keterlambatan dalam menyelesaikan perselisihan	C6_3	Ketidakpastian terhadap daya tahan/keandalan bahan, teknologi, dan peralatan ramah lingkungan
C3_1	Kurangnya dokumen dan informasi untuk teknologi konstruksi yang ramah lingkungan	C6_4	Perubahan jenis material dan spesifikasi selama konstruksi
C3_2	Detail desain atau spesifikasinya tidak jelas	C7_1	Pekerja tidak terampil
C3_3	Perubahan desain selama konstruksi	C7_2	Kendala dalam mempekerjakan buruh
C3_4	Ketidakakraban dengan tingkat teknologi baru	C7_3	Kurangnya profesional yang berkualifikasi dengan pengalaman dan keahlian untuk Konstruksi Ramah Lingkungan / GC
C3_5	Ketidaktahuan akan persyaratan pekerjaan	C7_5	Kontraktor/subkontraktor kurang mempunyai pengetahuan dan pengalaman

Kode	Jenis Risiko	Kode	Jenis Risiko
C3_6	Ketidakkakraban dengan bahan ramah lingkungan	C7_6	mengenai Konstruksi Ramah Lingkungan/GC Pemilik tidak memiliki pengalaman manajemen konstruksi ramah lingkungan dengan Konstruksi Ramah Lingkungan/GC
C4_1	Komunikasi yang buruk antar pemangku kepentingan proyek dalam proses konstruksi proyek GC		

Setelah didapatkan hasil dari kuisisioner *pair wise comparison*, maka dilakukan analisis dengan metode *Interpretive Structural Model (ISM)* menggunakan bantuan aplikasi *Exsimpro*. Dengan aplikasi ini akan didapatkan *Structural Self Interaction Matrix (SSIM)* dimana masing-masing sel matrik dibuat hubungannya dengan notasi sebagai berikut :

- V = jika risiko i menyebabkan risiko j
 - A = jika risiko j menyebabkan risiko i
 - X = jika risiko i dan j saling menyebabkan satu sama lain
 - O = jika risiko i dan j tidak ada hubungan.
- Matriks SSIM dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.

NO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	
A1		X																										
A2			A																									
A3				V																								
A4					V																							
A5						V																						
A6							V																					
A7								V																				
A8									V																			
A9										V																		
A10											V																	
A11												V																
A12													V															
A13														V														
A14															V													
A15																V												
A16																	V											
A17																		V										
A18																			V									
A19																				V								
A20																					V							
A21																						V						
A22																							V					
A23																								V				
A24																									V			
A25																										V		
A26																											V	
A27																												V

Gambar 1. Matriks SSIM

Selanjutnya dengan aplikasi *exsimpro* didapat juga *reachibility matriks* dengan mensubtitusi isian matriks SSIM sebagai berikut :

- Jika (i, j) adalah V maka (i, j) adalah 1 dan (j, i) adalah 0.
- Jika (i, j) adalah A maka (i, j) adalah 0 dan (j, i) adalah 0.
- Jika (i, j) adalah X maka (i, j) adalah 1 dan (j, i) adalah 1
- Jika (i, j) adalah O maka (i, j) adalah 0 dan (j, i) adalah 0

NO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27
A1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
A4	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
A5	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
A6	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
A7	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
A8	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A9	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A10	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
A11	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
A12	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
A13	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
A14	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A15	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
A16	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
A17	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
A18	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
A19	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A20	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
A21	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
A22	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
A23	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
A24	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
A25	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A26	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A27	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Gambar 2. Matriks *Initial Reachability*

Tahap selanjutnya adalah membentuk matrik *final reachability*. Isian dari matrik ini diperuntukkan untuk mengontrol isian matrik dengan notasi O dimana sel (i, j) dan (j, i) masing-masing isinya adalah 0. Misalnya tidak ada hubungan antara risiko A2 dan A8, dalam matrik *initial reachability* maka isian (A2, A8) adalah 0 dan (A8, A2) adalah 0. Akan tetapi dalam matrik *structural self interaction*, ditemukan bahwa jenis risiko A2 menyebabkan risiko A5 dan jenis risiko A5 menyebabkan jenis risiko A8. Jadi berdasarkan aturan analisis *interpretive structural model*, maka dapat dikatakan bahwa jenis risiko A2 menyebakan risiko A8. Sehingga matrik *final reachability* untuk sel (A2, A8) adalah 1.

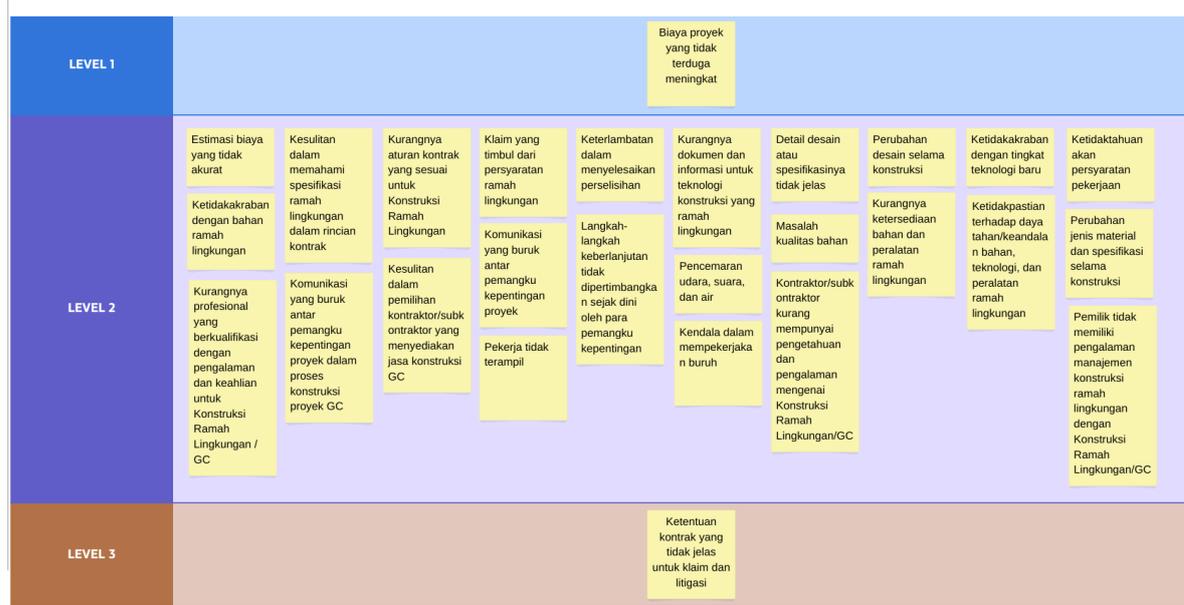
NO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	DP	R
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	2	
A3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
A27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	1	
D	27	27	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
L	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Gambar 3. Matriks *Final Reachability*

Beberapa sel matrik ada yang berubah menjadi 1 dan ada yang tidak berubah, seperti diperlihatkan pada gambar 3. Semua isian matrik dijumlahkan kesamping yang disebut dengan *driving power* (DP) dan dijumlahkan ke bawah yang disebut dependensi. Selanjutnya akan dilakukan pembagian level. Pada tahap ini dilakukan iterasi dengan aplikasi exsimpro untuk menentukan level dari masing-masing risiko. Dalam hal ini *reachability* adalah elemen yang bisa dicapai oleh dari p (i), sedangkan *antecedent* adalah elemen yang mencapai p (j). Dari matriks *final reachability* kemudian bisa ditentukan level masing-masing risiko dengan mencari irisan antara *reachability* dan *antecedent*. *Matrix of Cross Impact Multiplication* (MICMAC) juga dibuat dengan menggunakan nilai *driven power* dan nilai ketergantungan untuk setiap subkriteria. Tujuan dibuatnya MICMAC adalah untuk menentukan subkriteria mana yang termasuk dalam setiap sektor atau kuadran (gambar 4). Hasil dari analisis setiap level dari masing masing risiko dengan aplikasi exsimpro dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 4. *Matrix of Cross Impact Multiplication*



Gambar 5. *Structural Model Risiko Pada Tahap Pelaksanaan Proyek Green Construction*

Pada gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa dalam tahap pelaksanaan proyek *green construction* terdiri dari tiga tingkatan, dimana ketentuan kontrak yang tidak jelas untuk klaim dan litigasi merupakan sumber dari semua risiko yang ada, sedangkan dua puluh lima risiko selanjutnya berada pada tingkatan kedua dan satu risiko yaitu biaya proyek yang tidak terduga meningkat berada pada tingkatan pertama. Tentunya semua risiko yang ada dapat diatasi dengan merencanakan cara mitigasi yang tepat.

4. Kesimpulan

Dalam tahapan pelaksanaan suatu proyek *green construction* memiliki risiko yang akan dihadapi seperti pada suatu proyek konstruksi umumnya. Adapun jenis risiko yang teridentifikasi adalah 27 (dua puluh tujuh) jenis risiko dengan tingkatannya masing-masing. Tingkatan pertama terdapat 1 (satu) jenis risiko yaitu biaya proyek yang tidak terduga meningkat. Tingkatan kedua terdiri dari 25 (dua puluh lima jenis risiko) diantaranya estimasi biaya yang tidak akurat, ketidakakraban dengan abahan ramah lingkungan, perubahan jenis material dan spesifikasi selama konstruksi dan lainnya. Sedangkan, tingkatan ketiga terdiri dari 1 (satu) jenis risiko yaitu ketentuan kontrak yang tidak jelas untuk klaim dan litigasi, risiko ini merupakan sumber dari semua risiko yang ada.

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini merupakan bagian dari laporan penelitian Skema Penelitian Dasar Produk Vokasi (PDPV) Tahun 2024 yang didanai oleh Politeknik Negeri Manado. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dan secara khusus kepada Politeknik Negeri Manado yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Alisjahbana, A. S., & Murniningtyas, E. (2018). *Tujuan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia* (Vol. 3, Issue 2).
- Clayton, M. J. (1997). Delphi: A technique to harness expert opinion for critical decision-making tasks in education. *Educational Psychology*, 17(4), 373–386. <https://doi.org/10.1080/0144341970170401>
- Damar, M. S., Alrizal, F. F., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Teknologi, I. (2023). Identifikasi Risiko Dari Penerapan Konstruksi Hijau Dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi Dari Perspektif Kontraktor. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan XI 2023*, 1–6.
- Dewi, A. A. D. P., & Diputra, G. A. (2015). Analisis Kendala Dalam Penerapan Green Construction dan Strategi Untuk Mengatasinya. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*.
- Ervianto, W. I. (2012). *Selamatkan Bumi Melalui Konstruksi Hijau*. CV.Andi Offset.
- Hwang, B. G., Shan, M., Phua, H., & Chi, S. (2017). An exploratory analysis of risks in green residential building construction projects: The case of Singapore. *Sustainability (Switzerland)*, 9(7), 9–11. <https://doi.org/10.3390/su9071116>
- Lang, T. (2000). An Overview of Four Futures Methodologies (Delphi, environmental scanning, issues management and emerging issue analysis). *Manoa Journal of Fried and Half-Fried Ideas (about the Future)*, 7(Woudenberg 1991), 1–28. <http://www.futures.hawaii.edu/publications/half-fried-ideas/J7/LANG.pdf>
- Linstone, H., & Turoff, M. (2002). Introduction. In *The Delphi Method - Techniques and Applications*.
- Mustofa, I., Azhari, F. M., Rahmawaty, F., & Rahmahima, B. A. (2023). Permodelan Hubungan Antar Risiko Pada Proyek Konstruksi Berkelanjutan Perumahan Satria Residen Tulungagung. *Engineering and Technology International Journal*, 5(02), 162–171. <https://doi.org/10.55642/eatij.v5i02.321>
- Nguyen, H. D., & Macchion, L. (2022). A comprehensive risk assessment model based on a fuzzy synthetic evaluation approach for green building projects: the case of Vietnam. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(7), 2837–2861. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2021-0824>
- Parami Dewi, D. (2015). Analisis Kendala dalam Penerapan Green Construction. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*.
- PMI. (2013). PMBOK Guide 5th Edition. In *Choice Reviews Online* (Vol. 34, Issue 03).
- Sugiyono. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R & D. Bandung: Alfabeta. *Bandung: Alfabeta*.
- Tao, X., & Xiang-Yuan, S. (2018). Identification of Risk in Green Building Projects based on the Perspective of Sustainability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 439(3), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/439/3/032053>
- Widhiarso, W. (2014). Pengategorian data dengan menggunakan statistik hipotetik dan statistik empirik. *Fakultas Psikologi . Universitas Gajah Mada.*, 1–3. <http://widhiarso.staff.ugm.ac.id/wp/wp-content/uploads/Widhiarso-Pengategorian-Data-dengan-Menggunakan-Statistik-Hipotetik-dan-Statistik-Empirik.pdf>
- Wulfram I. Ervianto. (2010). Implementasi Pembangunan Berkelanjutan Tinjauan Pada Tahap Konstruksi. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 4.