

**PEMILIHAN ALTERNATIF
PENGENDALIAN RISIKO MASA PEMELIHARAAN PROYEK
UNTUK MEMINIMALKAN PENALTI
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK KEBERLANJUTAN
MENGUNAKAN *FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS***
(Studi Kasus di Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant*
PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu (S1) dan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

Salsabila Shafia Dyaninta
122170042

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2021**

**PEMILIHAN ALTERNATIF
PENGENDALIAN RISIKO MASA PEMELIHARAAN PROYEK
UNTUK MEMINIMALKAN PENALTI
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK KEBERLANJUTAN
MENGUNAKAN *FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS***
(Studi Kasus di Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant*
PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu (S1) dan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

Salsabila Shafia Dyaninta
122170042

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PEMILIHAN ALTERNATIF
PENGENDALIAN RISIKO MASA PEMELIHARAAN PROYEK
UNTUK MEMINIMALKAN PENALTI
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK KEBERLANJUTAN
MENGUNAKAN *FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS***

(Studi Kasus di Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant*
PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi)

Oleh:

Salsabila Shafia Dyaninta
122170042

Telah disetujui dan disahkan
pada tanggal: 19 Agustus 2021

Dosen Pembimbing I



Ir. Nur Indrianti, M.T., D.Eng., IPU, ASEAN Eng.
NIK 2 6705 96 0078 1

Dosen Pembimbing II



Trismi Ristyowati, S.T., M.T.
NIK 2 7708 02 0236 1

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Fakultas Tekniks Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta



Dr. Sadi, S.T., M.T.
NIK 2 7103 98 0194 1

LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salsabila Shafia Dyaninta

NPM : 122170042

Jurusan : Teknik Industri FTI UPN "Veteran" Yogyakarta

menyatakan bahwa karya ilmiah saya dengan judul **Pemilihan Alternatif Pengendalian Risiko Masa Pemeliharaan Proyek untuk Meminimalkan Penalti dengan Mempertimbangkan Aspek Keberlanjutan Menggunakan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*** adalah hasil karya ilmiah saya dan bebas dari plagiarisme.

Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan secara pribadi tanpa melibatkan institusi dan menerima sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Yogyakarta, 16 Agustus 2021

Yang menyatakan



Salsabila Shafia Dyaninta
NPM 122170042

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pemilihan Alternatif Pengendalian Risiko Masa Pemeliharaan Proyek untuk Meminimalkan Penalti dengan Mempertimbangkan Aspek Keberlanjutan Menggunakan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*”** dengan lancar dan baik. Dalam proses menyusun Tugas Akhir ini, penulis telah mendapat banyak arahan, masukan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak yang sangat berarti dan membantu. Maka dari itu, dengan segala hormat dan rasa bersyukur perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat yakni:

1. Ibu Ir. Nur Indrianti, M.T., D.Eng., IPU, ASEAN Eng., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan waktu dan arahnya untuk membimbing, memotivasi, dan menyarankan banyak hal baik selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir.
2. Ibu Trismi Ristyowati, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan kesediaannya untuk mengarahkan serta membimbing selama penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Sadi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Bapak Edo, Bapak Hotto, dan Bapak Deni selaku penanggung jawab Proyek Tambak Lorok Combined Power Plant PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi yang telah mengizinkan dan membantu penulis dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua terkasih dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa.
6. Teman-teman Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, khususnya teman-teman “Gedung Putih”, teman “Joglosemarbin”, dan “Anak Rantau” yang selalu mendukung, memberikan semangat, hiburan, dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Semua pihak terlibat yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini karena keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kekurangan dan kesalahan yang terjadi dan sangat berkenan untuk diberikan kritik dan saran yang membangun. Sekian yang dapat penulis sampaikan, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, institusi pendidikan, dan masyarakat luas. Terima kasih.

Yogyakarta, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME KARYA ILMIAH.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Batasan dan Asumsi Penelitian.....	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
1.6 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1 Manajemen Proyek Konstruksi.....	II-1
2.2 Manajemen Risiko Proyek.....	II-3
2.2.1 Pendekatan manajemen risiko.....	II-3
2.2.2 Karakteristik risiko.....	II-5
2.2.3 Penilaian risiko.....	II-7
2.3 Konstruksi Keberlanjutan	II-9
2.3.1 Konstruksi hijau	II-9
2.3.2 Lingkungan fisik kerja	II-12
2.4 <i>Multiple Attribute Decision Making (MADM)</i>	II-14
2.4.1 Definisi.....	II-14
2.4.2 Metode <i>Multiple Attribute Decision Making</i>	II-15
2.5 <i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)</i>	II-17
2.5.1 <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	II-17
2.5.2 <i>Fuzzy Multiple Attribute Decision Making</i>	II-18
2.5.3 Langkah-langkah <i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process</i> (FAHP).....	II-20
2.6 Penelitian Terdahulu	II-24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Objek Penelitian.....	III-1

3.2	Metode yang Digunakan	III-1
3.3	Pengumpulan Data	III-2
3.4	Kerangka Penelitian	III-3
3.5	Langkah-Langkah Pengolahan Data	III-5
3.6	Analisis Hasil	III-7
3.7	Kesimpulan dan Saran	III-8
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1	Pengumpulan Data	IV-1
4.2	Pengolahan Data	IV-11
4.2.1	Menyusun struktur hierarki penelitian	IV-11
4.2.2	Membuat matriks penilaian risiko	IV-11
4.2.3	Membuat matriks perbandingan berpasangan dan pengujian konsistensi	IV-14
4.2.4	Menentukan keputusan pengendalian risiko dengan FAHP	IV-22
4.3	Analisis Hasil	IV-33
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik proyek konstruksi	II-2
Tabel 2.2	Lingkup risiko proyek	II-6
Tabel 2.3	Matriks sederahana	II-7
Tabel 2.4	<i>Risk summary chart</i>	II-8
Tabel 2.5	Matriks penilaian risiko	II-9
Tabel 2.6	Kondisi suara dan batas tingkat kebisingannya.....	II-13
Tabel 2.7	Kategorisasi metode MADM	II-16
Tabel 2.8	Skala utama model AHP	II-18
Tabel 2.9	Perbandingan berpasangan variabel linguistik bilangan <i>fuzzy</i> ..	II-19
Tabel 2.10	Definisi bilangan <i>fuzzy</i>	II-19
Tabel 2.11	Nilai Indeks <i>Random</i> (IR)	II-21
Tabel 2.12	Penelitian terdahulu	II-25
Tabel 4.1	Data risiko	IV-1
Tabel 4.2	Data limbah	IV-3
Tabel 4.3	Data biaya respon penalti	IV-5
Tabel 4.4	Data energi.....	IV-6
Tabel 4.5	Nilai performansi fuzzy bagian HSE.....	IV-8
Tabel 4.6	Nilai performansi fuzzy bagian QC.....	IV-9
Tabel 4.7	Nilai performansi fuzzy bagian PPPP	IV-9
Tabel 4.8	Tingkat keparahan risiko bagian HSE.....	IV-12
Tabel 4.9	Tingkat keparahan risiko bagian QC.....	IV-12
Tabel 4.10	Tingkat keparahan risiko bagian PPPP.....	IV-13
Tabel 4.11	Rekapitulasi tingkat keparahan risiko	IV-13
Tabel 4.12	Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek tingkat keparahan risiko	IV-14
Tabel 4.13	Matriks nilai prioritas bagian QC aspek tingkat keparahan risiko	IV-15
Tabel 4.14	Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek tingkat keparahan risiko	IV-15
Tabel 4.15	Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek biaya respon penalti	IV-16
Tabel 4.16	Matriks nilai prioritas bagian QC aspek biaya respon penalti..	IV-16
Tabel 4.17	Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek biaya respon penalti ..	IV-17
Tabel 4.18	Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek dampak lingkungan	IV-17
Tabel 4.19	Matriks nilai prioritas bagian QC aspek dampak lingkungan ..	IV-18
Tabel 4.20	Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek dampak lingkungan.....	IV-18
Tabel 4.21	Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek sosial pekerja	IV-19

Tabel 4.22	Matriks nilai prioritas bagian QC aspek sosial pekerja.....	IV-19
Tabel 4.23	Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek sosial pekerja.....	IV-20
Tabel 4.24	Rekapitulasi hasil uji konsistensi keseluruhan	IV-22
Tabel 4.25	Matriks rata-rata geometrik aspek tingkat keparahan risiko	IV-24
Tabel 4.26	Matriks rata-rata geometrik aspek biaya respon penalti.....	IV-24
Tabel 4.27	Matriks rata-rata geometrik aspek dampak lingkungan	IV-25
Tabel 4.28	Matriks rata-rata geometrik aspek sosial pekerja	IV-25
Tabel 4.29	Rekapitulasi bobot fuzzy aspek tingkat keparahan risiko	IV-26
Tabel 4.30	Rekapitulasi bobot fuzzy aspek biaya respon penalti.....	IV-27
Tabel 4.31	Rekapitulasi bobot fuzzy aspek dampak lingkungan	IV-27
Tabel 4.32	Rekapitulasi bobot fuzzy aspek sosial pekerja	IV-28
Tabel 4.33	Rekapitulasi hasil nilai BNP.....	IV-29
Tabel 4.34	Hasil nilai BNP rata-rata seluruh aspek.....	IV-29
Tabel 4.35	Hasil perhitungan estimasi performansi fuzzy	IV-30
Tabel 4.36	Hasil akhir penentuan pemilihan alternatif.....	IV-31
Tabel 4.37	Usulan penelitian untuk pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek	IV-34
Tabel 4.38	Pengendalian risiko terpilih terhadap aspek keberlanjutan	IV-36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram alir manajemen risiko	II-4
Gambar 2.2	Proses konstruksi dan daya dukung lingkungan.....	II-10
Gambar 3.1	Kerangka penelitian	III-5
Gambar 3.2	Diagram alir pengolahan data.....	III-7
Gambar 3.3	Langkah-langkah proses manajemen risiko dan FAHP	III-8
Gambar 4.1	Struktur hierarki penelitian.....	IV-15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kuesioner penilaian risiko	L-1
Lampiran 2	Kuesioner perbandingan kepentingan risiko	L-8
Lampiran 3	Kuesioner nilai alternatif terhadap risiko	L-33

ABSTRAK

PT Wijaya Karya Konstruksi & Bangunan merupakan perusahaan konstruksi yang melakukan kerja sama dengan beberapa instansi untuk membantu pada bidang proyek pembangunan. Namun, pelaksanaan dan pemeliharaan proyek tersebut belum menerapkan manajemen risiko berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk memilih alternatif pengendalian risiko masa pemeliharaan Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant* PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi guna meminimalkan penalti dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan.

Pendekatan masalah pemilihan alternatif pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek pada penelitian ini diselesaikan dengan metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP). Kriteria yang digunakan yaitu 8 risiko dan 4 aspek yang dipertimbangkan termasuk aspek keberlanjutan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alternatif yang terpilih yaitu pengendalian penanganan pada R1, R2, R3, R5, R6, dan R7 dengan masing-masing nilai BNP 39,584, 46,753, 27,424, 31,300, 23,657, dan 13,437. Pada R4 dan R8 dipilih pengendalian pencegahan dengan nilai BNP 25,492 dan 24,489. Hasil tersebut memberikan implikasi terhadap usaha penekanan biaya penalti masa pemeliharaan proyek apabila proyek terjadi. Penelitian yang dilakukan telah memberikan usulan dan kontribusi pada perancangan manajemen risiko perusahaan, akan tetapi tidak mengidentifikasi risiko secara parsial atau keseluruhan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk kejadian risiko parsial atau keseluruhan pada instalasi fabrikasi.

Kata kunci: proyek, risiko, manajemen risiko, pengambilan keputusan, keberlanjutan

ABSTRACT

PT Wijaya Karya Konstruksi & Bangunan is a construction company which cooperates with several instances to provide assistance in construction project field. However, the project has not applied sustainability risk management in its implementation and maintenance. Therefore, this study aims to find out an alternative for risk management during the maintenance of the Tambak Lorok Combined Power Plant project of PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi in order to minimize the penalties by considering the sustainability aspect.

The problem approach in determining the risk management alternative during the project maintenance of this study was figured out using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) method. The criteria used are the 8 risks and 4 aspects which are considered, including the sustainability aspect.

The results showed that the chosen alternative was handling control at R1, R2, R3, R5, R6, and R7 with BNP values of 39,584, 46,753, 27,424, 31,300, 23,657, and 13,437 respectively. In R4 and R8, preventive controls were selected with BNP values of 25,492 and 24,489. These results have implications in the efforts to reduce the penalty costs during the project maintenance when the risk occurs. This conducted research has proposed suggestion and contribution in the company's risk management planning, but this study only considered some criteria in each implemented aspect and did not identify the risk partially or completely. Therefore, further studies need to be conducted for partial or total risk events, besides more criteria of the implemented aspects have to be considered.

Key words: project, risk, risk management, decision making, sustainability

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Proyek merupakan urutan aktivitas unik, kompleks, terhubung satu sama lain, yang memiliki suatu tujuan dan capaian serta harus diselesaikan pada waktu tertentu dengan anggaran dan spesifikasi yang telah ditetapkan (Wysocki, 2019). Berdasarkan perkembangan proyek, Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019 telah melakukan pendataan jasa proyek konstruksi di Indonesia. Pendataan tersebut mencatat bahwa proyek konstruksi meningkat pertumbuhannya dari tahun 2017 hingga tahun 2018 sebesar 11,24% (BPS, 2019).

Sebuah proyek akan berjalan dengan baik sesuai harapan jika dibantu dengan manajemen yang baik. Manajemen proyek konstruksi merupakan kegiatan perencanaan, koordinasi dan kontrol proyek dari konsepsi hingga penyelesaian atas nama klien dengan tujuan utilitas, fungsi, kualitas, waktu, dan biaya (Walker, 2015). Mengelola suatu proyek dapat menimbulkan risiko yang perlu ditangani dengan manajemen yang baik. Manajemen risiko pada sebuah proyek didefinisikan sebagai kerangka kerja dan metodologi untuk mengidentifikasi, memantau dan mengelola risiko yang terkait dalam suatu proyek (Martinelli & Milosevic, 2016).

PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi adalah kontraktor proyek konstruksi yang berlokasi di Jalan D.I. Panjaitan Kav 2, Jakarta Timur. Setiap proyek konstruksi yang ditangani oleh PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi memiliki karakteristik yang berbeda, sesuai dengan sasaran yang telah ditetapkan oleh *client*. Salah satu proyek yang ditangani oleh PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi saat ini adalah Proyek Fabrikasi dan Instalasi *Steel Structure* untuk Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant* yang berlokasi di Semarang, Jawa Tengah. Proyek ini terkait dengan pembangunan konstruksi baja.

PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi mengelola proyek dengan menerapkan manajemen risiko yang disajikan dalam matriks penilaian risiko. Namun demikian, penerapan tersebut hanya mencakup masa pelaksanaan proyek, belum mempertimbangkan masa pemeliharaan. Masa pemeliharaan proyek adalah

waktu dimana proyek ditinjau dan dilakukan uji coba terhadap hasil pengerjaan proyek (Dionisio, 2018). Jika pada masa pemeliharaan, pengendalian risiko tidak direncanakan, maka dapat menimbulkan biaya penalti tinggi seperti pada pengendalian risiko serupa yang terjadi sebelumnya.

Berdasarkan kontrak proyek yang telah disepakati antara perusahaan dengan klien, dana yang tertahan pada masa pemeliharaan, sebagai jaminan risiko, adalah sebesar 5% dari nilai proyek. Hal tersebut akan merugikan perusahaan apabila dalam 360 hari masa pemeliharaan terjadi risiko. Hambatan lain yang dialami perusahaan adalah belum adanya standarisasi manajemen risiko dan keputusan pengendalian risiko yang meminimalkan penalti masa pemeliharaan. Pada contoh risiko penanganan limbah konstruksi, tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah memiliki sistem pembuangan limbah yang baik dan tidak menggunakan bahan berbahaya, sedangkan tindakan penanganan yang dapat dilakukan adalah membersihkan dan meminimalkan pembuangan limbah ke masyarakat.

Pada sisi lain, pembangunan berkelanjutan telah menempatkan industri konstruksi sebagai konsumen utama sumber daya alam (Sanmi & Ayodeji, 2019). Pembangunan berkelanjutan bertumpu pada tiga aspek, yaitu sosial, ekonomi, dan lingkungan (Orkomy & Sharbatdar, 2021). PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) memiliki peran membantu pemerintah dalam mewujudkan konstruksi berkelanjutan skala nasional hingga global. Oleh karena itu, sudah seharusnya jika pelaksanaan manajemen risiko pada PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi tidak hanya memperhatikan profit tetapi juga aspek sosial dan lingkungan.

Permasalahan yang dihadapi oleh PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi adalah perusahaan harus memilih alternatif pengendalian risiko untuk meminimalkan penalti berdasarkan nilai pencegahan atau penanganannya. Penalti merupakan sanksi yang diterima oleh perusahaan apabila risiko terjadi diluar rencana awal. Dengan dipertimbangkannya aspek keberlanjutan, maka alternatif pengendalian risiko terhadap proyek-proyek PT Wijaya Karya Industri &

Konstruksi ditentukan berdasarkan aspek tingkat keparahan risiko, biaya respon penalti, sosial pekerja dan dampak lingkungan yang dihasilkan.

Penelitian tentang manajemen risiko telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain Tsaur *et al.* (1997) meneliti evaluasi risiko dengan *Analytic Hierarchy Process* dan *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making*. Tujuan penelitian tersebut adalah untuk mengestimasi pengambilan keputusan evaluasi risiko wisatawan. Penelitian menghasilkan peringkat alternatif destinasi pariwisata dengan risiko wisatawan yang minimal. Namun, penelitian ini belum mempertimbangkan perhitungan tingkat keparahan risiko dan tidak terfokus pada proyek konstruksi. Pada penelitian tersebut pengambilan keputusan juga dilakukan hanya berdasarkan penerimaan risiko, namun belum memperhatikan aspek profit dalam menilai risiko dan dampak sosial serta lingkungan yang dihasilkan belum dipertimbangkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah alternatif pengendalian risiko apakah yang sebaiknya dilakukan selama masa pemeliharaan Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant* PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi guna meminimalkan penalti dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan.

1.3 Batasan dan Asumsi Penelitian

Batasan dan asumsi diperlukan guna membentuk ruang lingkup yang tidak meluas dan terfokus pada rumusan masalah serta sasaran tujuan yang diharapkan. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Pendekatan manajemen risiko yang diteliti meliputi identifikasi, analisis dan respon risiko.
2. Pekerjaan yang diteliti adalah pada bagian Fabrikasi dan Instalasi *Steel Structure*.
3. Aspek ekonomi yang diamati adalah biaya respon penalti.
4. Aspek sosial yang diamati adalah kenyamanan pekerja terhadap lingkungan fisik kerja kebisingan dan kualitas udara.

5. Aspek lingkungan yang diamati adalah pengeluaran energi, kualitas udara, dan limbah terbuang.

Selain batasan masalah, asumsi yang dipertimbangkan pada penelitian ini yaitu:

1. Karyawan bekerja sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) dan bidang pekerjaannya.
2. Proyek yang dikerjakan sesuai dengan spesifikasi pemilik proyek.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan, penelitian ini bertujuan untuk memilih alternatif pengendalian risiko masa pemeliharaan Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant* PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi guna meminimalkan penalti dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini adalah:

1. Sebagai salah satu bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam menentukan kebijakan manajemen risiko proyek pada masa pemeliharaan untuk mengantisipasi kondisi saat ini dan yang akan datang.
2. Sebagai bahan pertimbangan perusahaan dalam menangani proyek serupa selanjutnya untuk menentukan pengendalian risiko yang tepat dan berkelanjutan.
3. Sebagai bahan pertimbangan perusahaan dalam meminimalkan penalti untuk menekan pengeluaran perusahaan pada masa pemeliharaan proyek.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun menjadi beberapa bagian dengan sistematika berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang mengapa topik penelitian tentang manajemen risiko proyek ini dibuat. Selain itu, bab ini menjelaskan tentang perumusan masalah, batasan, asumsi, tujuan, dan manfaat penelitian, serta sistematika penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas landasan tentang teori-teori yang digunakan untuk mendukung penelitian. Teori-teori tentang manajemen proyek secara umum dan manajemen risiko proyek secara khusus diuraikan pada bab ini serta diperoleh melalui studi literatur, buku, jurnal, dan penelitian sebelumnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini secara keseluruhan berisi kelengkapan penelitian dari awal hingga akhir. Bab ini berisi objek dan waktu penelitian, pengumpulan data, kerangka penelitian, serta langkah-langkah penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penjelasan data-data yang digunakan, hasil dan pembahasan, sesuai dengan metodologi penelitian. Data yang terkumpul dilakukan pengolahan dan analisis sesuai dengan sasaran yang ingin dituju.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan hasil penelitian. Selain itu, bab ini memuat saran yang ditujukan kepada perusahaan dalam pertimbangan perbaikan manajemen risiko proyek yang telah berjalan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Proyek Konstruksi

Manajemen proyek konstruksi dapat disebutkan sebagai perencanaan, koordinasi dan kontrol proyek dari konsepsi hingga penyelesaian atas nama *client*, yang tujuannya adalah dalam hal utilitas, fungsi, kualitas, waktu, dan biaya (Walker, 2015). Hubungan antar sumber daya diintegrasikan, dipantau dan dikendalikan oleh legislatif proyek konstruksi. Luaran yang dihasilkan digunakan untuk evaluasi dan memilih legislasi dalam mencapai kepuasan *client*. Elemen manajemen proyek konstruksi masih disampaikan secara dasar dan sama sesuai dengan definisi yang dirancang pada awal 1980-an yang diilustrasikan oleh *British Standards Institution* (2000) dan *Chartered Institute of Building* (2002). Definisi tersebut adalah manajemen proyek konstruksi tergantung pada sifat proyek yang harus diidentifikasi, tetapi tidak peduli terhadap struktur organisasi apa yang diadopsi.

Menurut Sears *et al.* (2015), selama proses konstruksi, bahkan proyek dengan proporsi sederhana, dapat melibatkan banyak keterampilan, bahan dan ratusan operasi. Tim konstruksi, yang mencakup arsitek, insinyur, pekerja kerajinan, kontraktor khusus, pemasok material, dan lainnya, berubah dari satu pekerjaan ke pekerjaan lain. Kegiatan-kegiatan tersebut merupakan komponen dari manajemen proyek konstruksi yang penting.

Menurut BPS (2019), pertumbuhan proyek konstruksi di Indonesia pada tahun 2017 – 2018 mengalami kenaikan sebesar 11,24%. Nilai konstruksi yang diselesaikan, tersebar pada 34 provinsi di Indonesia senilai 1.271.891.132 pada tahun 2018. Pendataan tersebut dilakukan terhadap kegiatan konstruksi yang dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Konstruksi gedung

Golongan ini mencakup konstruksi umum terhadap gedung/bangunan. Pembangunan gedung baru, perbaikan, penambahan dan renovasi, prefabrikasi, dan lain-lain masuk ke dalam cakupan ini.

2. Konstruksi bangunan sipil

Golongan ini merupakan kegiatan konstruksi umum bangunan sipil yang meliputi fasilitas, proyek infrastruktur dan sarana umum, pembangunan dan irigasi, dan lain-lain. Keseluruhan pekerjaan dapat dilakukan atas biaya sendiri, berdasarkan balas jasa/kontrak.

3. Konstruksi khusus

Golongan ini mencakup keahlian khusus. Cakupannya meliputi aspek umum untuk struktur yang berbeda, yang membutuhkan peralatan atau keterampilan khusus dan lebih banyak dilakukan berdasarkan subkontrak.

Proyek konstruksi memiliki karakteristik dan keunikan yang berbeda dengan proyek lainnya (Hansen, 2015). Karakteristik proyek konstruksi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik proyek konstruksi

Karakteristik	Deskripsi
Ukuran	Merupakan proyek yang besar, baik dilihat dari ukuran, lingkup, pembiayaannya, maupun pihak yang terlibat.
Kompleksitas	Bersifat kompleks dibandingkan proyek lainnya. Hal tersebut tercermin dalam setiap tahapan konstruksi yang memerlukan perencanaan yang matang.
Lokasi	Pemilihan lokasi berbeda dengan lainnya, pemilihan lokasi menjadi salah satu pertimbangan penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Setiap proyek selalu berada pada lokasi yang berbeda-beda.
Lingkup	Lingkup pekerjaan sangat besar karena pada setiap tahapan pekerjaan selalu melibatkan banyak pihak, baik dari industri hulu, hilir, hingga pemerintah dan masyarakat.
Inovasi	Metode dan ilmu serta material peralatan terus berkembang. Memiliki pengalaman yang unik untuk setiap proyek konstruksi.

Tabel 2.1 Karakteristik proyek konstruksi (Lanjutan)

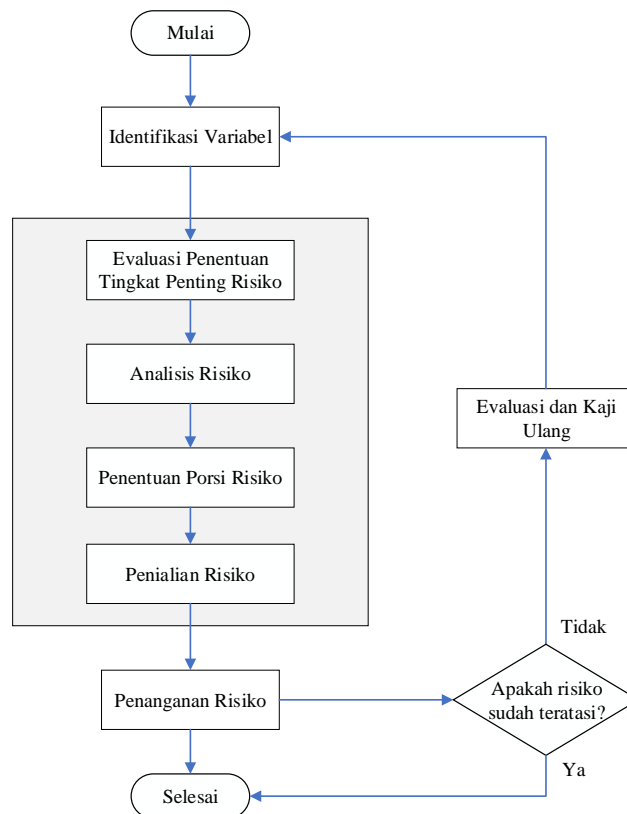
Karakteristik	Deskripsi
Prosedur	Menghadapi tender, penataan kontraktual, keselamatan, mengatasi risiko, serta prosedur-prosedur baku lainnya.
Lingkungan kerja	Perilaku anggota tim proyek, interaksi dan hubungan antar pihak yang terlibat, budaya organisasi, serta pengelolaan sumber daya manusia.
Manajemen	Penerapan strategi manajemen yang menyeluruh, meliputi: <i>planning, organizing, leading, dan controlling</i> .
Proyek <i>in situ</i>	Meskipun saat ini sudah banyak teknologi pabrikasi untuk melaksanakan proyek konstruksi, tetapi sebagian besar bagian pekerjaan masih dilakukan di lokasi proyek (<i>in situ</i>).
<i>One-off nature</i>	Dibuat hanya untuk satu kali, didesain dan dikerjakan untuk memenuhi keinginan spesifik dari <i>client</i> .
Lingkungan proyek	Kondisi fisik, ekonomi, sosial, politik, dan hubungan masyarakat.

Sumber: Hansen (2015)

2.2 Manajemen Risiko Proyek

2.2.1 Pendekatan manajemen risiko

Rencanan manajemen risiko adalah dokumen yang dikembangkan diawal proyek yang memberikan kerangka kerja untuk menangani risiko sepanjang umur proyek. Pendekatan manajemen risiko dikelola dengan baik dan digunakan disebagian besar proyek serta berfokus pada siklus sederhana identifikasi risiko, penilaian, perencanaan respons, dan pemantauan (Martinelli & Milosevic, 2016). Manajemen risiko diaplikasikan dalam rangka mitigasi dan identifikasi risiko yang tidak diinginkan dalam proyek untuk mencapai sasaran target. Hal tersebut mendukung definisi manajemen risiko sebagai identitas dalam suatu proyek untuk dapat dilakukan pemeriksaan risiko yang mungkin terjadi. Proses manajemen risiko dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Diagram alir manajemen risiko
(Sumber: UNSW, 2000)

Berdasarkan Gambar 2.1, proses manajemen risiko dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Memulai dan mengidentifikasi variabel, yaitu apa saja yang akan memengaruhi pekerjaan dan menimbulkan risiko diidentifikasi.
2. Proses selanjutnya adalah melakukan evaluasi tingkat kepentingan risiko sesuai dengan variabel yang telah ditentukan.
3. Melakukan analisis risiko yang telah diidentifikasi dan diketahui tingkat kepentingannya.
4. Penentuan porsi risiko dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh risiko terhadap pekerjaan yang dilakukan.
5. Dari bobot atau porsi yang telah ditentukan, maka dilakukan penilaian risiko untuk mengetahui tindakan apa yang tepat dalam penanganan risiko.

6. Melakukan penanganan risiko yang mungkin terjadi. Jika penanganan risiko belum mengatasi dampak yang terjadi, maka perlu dilakukan evaluasi dan kajian ulang. Namun, jika penanganan risiko sudah meminimalkan dampak risiko, maka manajemen risiko telah terlaksana dengan baik.

Menurut Bissnonette (2016), proses perencanaan manajemen risiko proyek merupakan aspek integral dari perencanaan proyek secara umum. Dalam perencanaan sebuah proyek, *Risk Management Planning* biasanya dilibatkan sebagai bagian pada perencanaan tersebut. Kegiatan mengelola, mengidentifikasi, menilai, dan memantau kejadian risiko proyek harus mencakup informasi sebagai berikut (Martinelli & Milosevic, 2016):

1. Metodologi manajemen risiko, yaitu identifikasi dan penjelasan pendekatan, alat, dan sumber data yang dapat digunakan dalam menangani risiko.
2. Peran dan tanggung jawab, meliputi siapa bertindak sebagai apa dalam memajemen risiko proyek. Tim proyek merupakan anggota hingga tim manajemen risiko perusahaan.
3. Penganggaran dan waktu merupakan anggaran dalam melaksanakan manajemen risiko beserta penaltinya. Hal tersebut berkaitan dengan frekuensi dalam manajemen risiko.
4. Alat yang digunakan khusus untuk menganalisis risiko kualitatif dan kuantitatif serta kapan saja penggunaannya.
5. Pelaporan dan pemantauan oleh tim manajemen risiko proyek bagaimana risiko akan dilaporkan dan dikomunikasikan kepada pihak berkepentingan.

2.2.2 Karakteristik risiko

Menurut Hopkin (2017), risiko dapat diklasifikasikan dalam banyak hal. Risiko yang bahaya dapat dibagi menjadi beberapa jenis risiko, termasuk risiko terhadap properti, risiko terhadap orang dan risiko terhadap kelangsungan bisnis. Klasifikasi risiko sebagai dampak jangka panjang, menengah dan jangka pendek

sangat berguna sebagai sarana menganalisis paparan risiko suatu organisasi. Risiko akan terkait strategi, taktik dan operasi organisasi. Dalam konteks ini, risiko dapat dianggap terkait dengan peristiwa, perubahan keadaan, tindakan, atau keputusan.

Risiko dapat berupa dampak positif atau negatif yang tidak pasti. Risiko dapat mendatangkan keuntungan maupun kerugian dalam suatu organisasi. Berdasarkan karakteristiknya, risiko dibagi menjadi empat kategori, yaitu:

1. Risiko yang pasti terjadi
2. Risiko berbahaya (murni)
3. Risiko kontrol (tidak pasti)
4. Risiko yang mungkin terjadi (spekulatif)

Lester (2017) menerangkan bahwa risiko proyek dapat dibagi menjadi beberapa lingkup. Risiko yang mungkin terjadi, dapat diidentifikasi dan dilakukan pengendalian risiko. Lingkup risiko dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Lingkup risiko proyek

Risiko Proyek			
Organisasi	Lingkungan	Teknis	Finansial
Manajemen	Undang-undang	Teknologi	Keuangan
Sumber daya	Politik	Kontrak	Nilai tukar
Perencanaan	Tekanan kelompok	Desain	Eskalasi (penambahan)
Tenaga kerja	Bea cukai lokal	Manufaktur	
Kesehatan dan keselamatan	Cuaca	Konstruksi	Kestabilan finansial:
Klaim	Emisi	Pengawasan	a. Proyek
Kebijakan	Keamanan	Uji coba	b. <i>Client</i>
			c. Pemasok

Sumber: Lester (2017)

2.2.3 Penilaian risiko

Setelah risiko teridentifikasi, penting untuk menentukan probabilitas bahwa setiap risiko akan terjadi dan dampaknya terhadap proyek. Menentukan tingkat keparahan risiko teridentifikasi, faktor probabilitas dan dampak harus ditetapkan untuk setiap risiko. Proses ini memungkinkan manajer proyek untuk memprioritaskan risiko berdasarkan efek yang mungkin mereka miliki pada suatu proyek (Martinelli & Milosevic, 2016). Penilaian risiko dapat dibedakan menjadi dua bagian, sebagai berikut:

1. Penilaian kualitatif

Penilaian kualitatif mencakup dua atribut utama dari risiko, yaitu probabilitas dan dampak. Probabilitas ditentukan berdasarkan tingkatan *high*, *medium* atau *low*. Penyelesaian metode kualitatif dapat dilakukan dengan menggunakan matriks sederhana dan pemetaan (Lester, 2017). Contoh matriks sederhana dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Matriks sederhana

Dampak	<i>Severe</i>			
	<i>Medium</i>			
	<i>Low</i>			
	<i>Nil</i>			
		<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
		Probabilitas		

Sumber: Lester (2017)

Penilaian menggunakan matriks sederhana, dilakukan oleh pengambil keputusan atau pemilik risiko dengan mengestimasi besar kecilnya probabilitas risiko terjadi dan dampaknya. Metode ini biasanya digunakan oleh pakar yang sudah memiliki pengalaman, tetapi keakuratan dari metode ini tidak sebaik kuantitatif. Selain itu, terdapat pemetaan risiko yang dicantumkan dalam *Risk Summary Chart* yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 *Risk summary chart*

<i>Risk Summary Chart</i>				
No. risiko	Deskripsi risiko	Tingkat probabilitas	Tingkat dampak	Pemilik risiko
1	Perangkat elektronik tidak berfungsi	Rendah	Medium	Kontraktor
2	Konstruksi rusak setelah instalasi	Rendah	Tinggi	Seluruh pihak proyek
3	Biaya di luar rencana	Medium	Medium	Pemilik proyek
...

Sumber: Lester (2017)

Pemetaan atau identifikasi risiko dicatat dalam *risk summary chart* untuk memonitor dan mengatur pengendalian risiko selama proyek berlangsung. Penggunaan metode ini juga kurang akurat dikarenakan skala yang digunakan tidak dicantumkan secara numerik, tetapi hanya pada level tinggi, rendah atau medium.

2. Penilaian kuantitatif

Terdapat beberapa metode kuantitatif penilaian risiko. Metode kuantitatif memperhitungkan nilai dari suatu probabilitas dan dampak risiko. Perhitungan probabilitas didapatkan dari perkalian antara kemungkinan risiko terjadi dengan nilai dampak.




a. Matriks penilaian risiko

Matriks penilaian risiko, memberikan nilai atas probabilitas dan dampak risiko yang kemudian dari hasil penilaian dapat diketahui kategori risikonya (Martinelli & Milosevic, 2016). Matriks penilaian risiko dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Matriks penilaian risiko

Probabilitas (P)	Keparahan = P + (2 x I)				
	NC = 5	7	9	11	13
HL = 4	6	8	10	12	14
L = 3	5	7	9	11	13
LL = 2	4	6	8	10	12
VU = 1	3	5	7	9	11
	VL = 1	L = 2	M = 3	H = 4	VH = 5
	Dampak (I)				

keterangan:

	Keparahan rendah
	Keparahan medium
	Keparahan tinggi

Sumber: Martinelli & Milosevic (2016)

b. Analisis sensitivitas

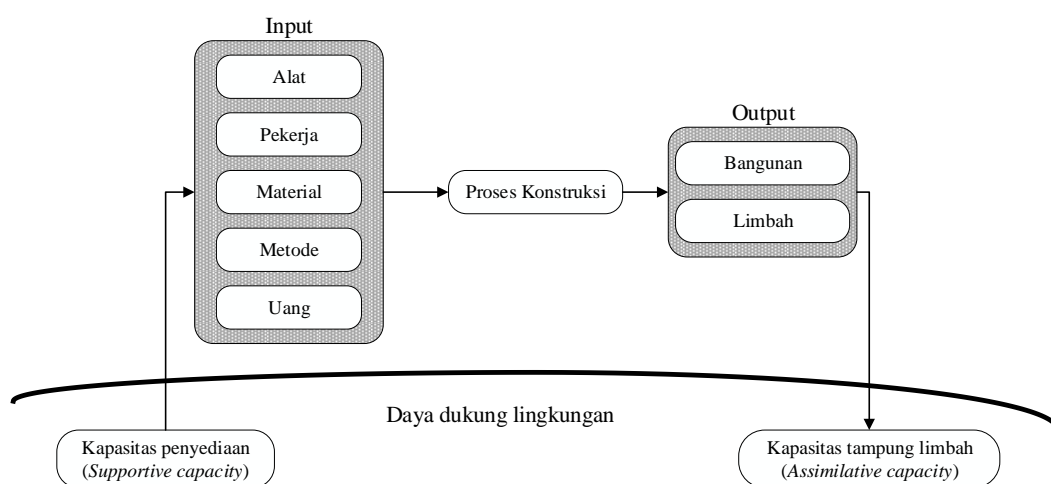
Teknik analisis sensitivitas memberikan panduan bagi pengambil keputusan tentang bagaimana pertanyaan pengandaian, seperti “Jika, maka atau bagaimana jika”. Teknik tersebut hanya mempertimbangkan pengaruh dari perubahan dalam variabel kunci pada satu waktu tertentu (Dermawan, 2009).

2.3 Konstruksi Keberlanjutan

2.3.1 Konstruksi hijau

Konstruksi keberlanjutan mempengaruhi perkembangan pesat keberlanjutan industri konstruksi. Implementasinya proyek-proyek tersebut dalam praktik secara global memungkinkan kombinasi ekonomi, sosial, dan lingkungan pembangunan. Konstruksi dan pengembangan masalah daur ulang penting dalam manajemen proyek dalam melestarikan ekosistem. Mencapai konstruksi berkelanjutan membutuhkan penggunaan metode strategis yang efektif (W. Wang, 2021). Aspek keberlanjutan yang dipertimbangkan adalah aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan atau yang biasa disebut People, Planet, and Profit (P3) (Orkomy & Sharbatdar, 2021). Konstruksi hijau merupakan istilah yang kerap dikaitkan dengan aspek lingkungan yang berkembang dalam lingkup proyek konstruksi. Definisi lain dari konstruksi hijau adalah perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi yang

didasarkan oleh kontrak yang diupayakan untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan (Ervianto, 2015). Menurut Ervianto (2012), tindakan untuk melakukan penghematan energi dan reduksi limbah sesuai dengan prinsip konstruksi hijau dan *lean construction*, yaitu meningkatkan nilai tambah dan mengurangi pemborosan. Proses konstruksi dan daya dukung lingkungan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2 Proses konstruksi dan daya dukung lingkungan
(Sumber: Ervianto, W.I., 2012)

Indikator konstruksi hijau dapat disebutkan sebagai dua kategori, yaitu *minimum waste* dan *maximum waste*. *Minimum waste* merupakan kegiatan yang tujuannya mengurangi terjadinya limbah sehingga pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dapat dikurangi bebannya. Kegiatan tersebut juga mendukung gerakan sederhana dalam memilah sampah untuk dapat dilakukan proses daur ulang. *Maximum waste* merupakan kegiatan yang tujuannya akan mencapai nilai tertentu. Nilai yang dimaksud adalah sesuatu yang penting dan berguna bagi kemanusiaan. Dewasa ini, isu penting tersebut adalah keberlanjutan kehidupan manusia dengan memuat isu lingkungan (energi, air, tanah, udara, keselamatan dan kesehatan) (Ervianto *et al.*, 2013).

Pengelompokan aspek lingkungan menurut Yaniarso (2018) dibagi menjadi beberapa poin:

1. Emisi ke udara.
2. Pembuangan limbah ke badan air.

3. Pembuangan limbah ke tanah.
4. Penggunaan bahan baku dan sumber daya alam.
5. Isu lingkungan lokal dan masyarakat sekitar.
6. Penggunaan energi.
7. Energi yang terlepas ke lingkungan (panas, radiasi, getaran, kebisingan).
8. Limbah dan produk samping.

Bagian dari aspek lingkungan yaitu energi dan limbah dapat diukur menggunakan satuan *British Thermal Unit* (BTU) yang merupakan satuan panas internasional dengan nilai setara ± 1055 Joule. Penggunaan satuan BTU masih digunakan di Amerika Serikat dan Britania Raya dalam mendefinisikan satuan dan jenis energi yang berbeda (Woledge, 1942). Suprpto & Wulandari (2009), mengatakan bahwa limbah konstruksi merupakan material atau sisa pemakaian yang sudah tidak digunakan sebagai hasil konstruksi. Limbah konstruksi secara umum dibagi menjadi empat jenis:

1. Limbah alami (*natural waste*) yaitu limbah yang pada proses pembentukannya tidak terhindarkan.
2. Limbah langsung adalah limbah yang terjadi tiap tahap pembangunan dan biasanya terjadi pada penyimpanan, pemindahan material atau pengerjaan material itu sendiri.
3. Limbah tidak langsung yaitu limbah yang terjadi akibat harga pembelian material tidak sesuai.
4. Limbah konsekuensi (*consequential waste*) merupakan limbah akibat kesalahan kerja yang menimbulkan dampak pemborosan material yang tidak sesuai spesifikasi kerja.

Menurut Yaniarso (2018), tindakan yang dapat dilakukan dalam pengelolaan limbah konstruksi adalah dengan melakukan antisipasi atau mitigasi. Pengelolaan limbah konstruksi dapat dilakukan dengan cara:

1. Rekaman material konstruksi dan bongkaran (tabel aliran limbah).
2. Pengendalian penggunaan material.
3. Pemulihan pengemasan material.

2.3.2 Lingkungan fisik kerja

Menurut Wignjosoebroto (1995), manusia dalam bekerja masih dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang berasal dari luar adalah kondisi lingkungan kerja. Lingkungan kerja yaitu keadaan yang terdapat di sekitar tempat kerja yang memengaruhi kenyamanan dan produktivitas pekerja. Beberapa faktor tersebut adalah:

1. Temperatur

Tubuh manusia berusaha menyesuaikan diri dengan suhu di luar tubuh. Kemampuan yang dimiliki manusia tidak melebihi 20% untuk kondisi panas dan 35% untuk kondisi dingin. Pengukuran temperatur dapat dilakukan dengan menggunakan alat termometer. Tingkat temperatur akan memberikan efek yang berbeda-beda seperti berikut:

- a. $\pm 49^{\circ}\text{C}$: dapat ditahan sekitar 1 jam dengan kemampuan diatas tingkat kemampuan fisik dan mental.
- b. $\pm 30^{\circ}\text{C}$: aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung membuat kesalahan.
- c. $\pm 24^{\circ}\text{C}$: kondisi optimum.
- d. $\pm 10^{\circ}\text{C}$: kelakuan fisik ekstrem mulai muncul.

2. Pencahayaan

Objek akan terlihat secara jelas dibantu dengan pencahayaan. Pencahayaan yang kurang akan mengakibatkan mata pekerja cepat lelah dan akan berusaha membuka lebar-lebar. Untuk menghindari silau karena letak sumber cahaya, maka mata tidak dapat secara langsung menerima cahaya, harus melalui pantulan objek. Pengukuran intensitas cahaya dapat dilakukan menggunakan alat *lightmeter*.

3. Kelembaban

Kelembaban merupakan kadar air dalam udara yang dinyatakan dalam (%). Udara sangat panas dan kelembaban tinggi dapat menimbulkan panas tubuh yang memengaruhi cepatnya denyut jantung. Hal tersebut

membuat peredaran darah aktif untuk memenuhi oksigen. Alat yang digunakan untuk mengukur kelembaban adalah higrometer.

4. Kebisingan

Kebisingan merupakan salah satu bentuk polusi. Kebisingan yaitu suara atau bunyi yang tidak dikehendaki oleh telinga manusia. Terdapat tiga aspek yang menentukan kualitas bunyi, yaitu lama waktu bunyi terdengar, intensitas (dB), dan frekuensi suara (Hz). Pengukuran kebisingan dapat dilakukan dengan alat *soundmeter*. Intensitas yang dapat terjadi di suatu tempat ditunjukkan pada skala yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kondisi suara dan batas tingkat kebisingannya

Kondisi suara	Desibel (dB)	Batas Dengar Tertinggi
Menulikan	120	Halilintar
	110	Meriam
	100	Mesin uap
Sangat hiruk pikuk	90	Jalan hiruk pikuk
	80	Pluit polisi
Kuat	70	Jalan pada umumnya
	60	Perusahaan

Tabel 2.6 Kondisi suara dan batas tingkat kebisingannya (Lanjutan)

Kondisi suara	Desibel (dB)	Batas Dengar Tertinggi
Sedang	50	Percakapan kuat
	40	Radio perlahan
Tenang	30	Kantor pribadi
	20	Percakapan
Sangat tenang	10	Suara daun-daunan
	0	Batas dengar terendah

Sumber: Wignjosoebroto (1995)

2.4 *Multiple Attribute Decision Making (MADM)*

2.4.1 Definisi

Beberapa masalah pengambilan keputusan multi-atribut biasanya terdiri dari seperangkat atribut yang dapat berupa kuantitatif atau kualitatif. Atribut kualitatif dapat diekspresikan oleh berbagai bentuk, seperti variabel linguistik, distribusi kepercayaan, fuzzy sets, dan sebagainya. Pendekatan ini memberikan probabilistic proses agregasi untuk masalah MADM yang berupa ketidakpastian dan ketidaklengkapan yang ditangani secara konsisten (Zhou et al., 2020). Membuat keputusan merupakan kegiatan sehari-hari dalam hidup manusia. Beberapa keputusan memiliki masalah dengan multi konflik, kriteria dan tujuan. Berdasarkan masalah yang mungkin terjadi, pengambilan keputusan multi kriteria dibagi menjadi dua kategori, yaitu *Multiple Attribute Decision Making (MADM)* dan *Multiple Objective Decision Making (MODM)* (Chen & Hwang, 1992). Metode dan aplikasi dari MADM dan MODM yang mencakup satu pengambil keputusan, telah ditinjau secara menyeluruh dan kritis serta diklasifikasikan secara lengkap oleh Hwang & Yoon (1981). Perbedaan utama antara kedua pendekatan ini yaitu pada MADM dilakukan dalam ruang keputusan diskrit dan berfokus pada cara memilih serta memberi peringkat alternatif eksplisit yang berbeda (Kahraman, 2008; Zimmermann, 2001). Sebaliknya, beberapa masalah MODM berkonsentrasi

pada ruang keputusan berkelanjutan yang bertujuan untuk menentukan tujuan yang optimal dengan mempertimbangkan beberapa fungsi objektif dalam batasan keputusan yang telah ditentukan (Tzeng & Huang, 2011; Zimmermann, 2001).

Menurut Zhou *et al.*, (2020), beberapa masalah pengambilan keputusan atribut (MADM) biasanya terdiri dari seperangkat atribut kualitatif atau kuantitatif. Atribut kualitatif dapat diekspresikan oleh berbagai bentuk, seperti variabel linguistik, distribusi kepercayaan, *fuzzy set*, dan sebagainya. Pendekatan *Evidential Reasoning* (ER), memberikan probabilistik proses agregasi untuk masalah MADM dimana penilaian ketidakpastian, ketidaklengkapan dan *fuzzy set* seluruhnya dapat ditangani dengan cara yang konsisten. Dalam kata lain, metode MADM memerlukan informasi lebih lanjut diluar keputusan matriks tentang pentingnya atribut subjektif sebagai nilai kualitatif. Selain itu, pada beberapa kasus kinerjanya dievaluasi secara kualitatif dengan metode MADM. Ketidakpastian dan ketidaksadaran dalam metode MADM harus diukur secara kuantitatif terutama pada informasi yang diperoleh (J. Wang *et al.*, 2020).

2.4.2 Metode *Multiple Attribute Decision Making*

Tzeng & Huang (2011) menjelaskan bahwa penyelesaian masalah MADM dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori sesuai dengan metodenya. Metode penyelesaian permasalahan MADM melalui perkembangan mengikuti kompleksitas permasalahan. Beberapa metode penyelesaian masalah MADM adalah sebagai berikut:

1. *Analytic Hierarchy Process* (AHP)
2. *Analytic Network Process* (ANP)
3. *Simple Additive Weighting* (SAW)
4. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)
5. *The VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR)
6. *Elimination Et Choice Translating Reality* (ELECTRE)
7. *Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Elamination* (PROMETHEE)

8. *Weighted Product* (WP)

9. *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making* (FMADM)

Metode MADM memiliki masing-masing kriteria permasalahan dan karakteristik. Karakteristik masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kategorisasi metode MADM

Kategori	Metode MADM		Tujuan	Alternatif-alternatif Pendekatan Evaluasi	Informasi yang Dibutuhkan di Luar Matriks Keputusan Tentang Atribut
	Sub Kategori	Metode			
Outranking (mengungguli)	-	ELECTRE	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Non-kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
		PROMETHEE	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Non-kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
	Metode kompromis	TOPSIS	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
		VIKOR	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
		SAW	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
Kriteria sintesis unik	Metode Scoring (Penilaian)	WP	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
		AHP	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
		ANP	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Kompensasi	Kepentingan kardinal (bobot)
		FMADM	Penyaringan, <i>ranking</i> dan pemilihan	Kompensasi	Kepentingan linguistik (bobot)

Sumber: Chen & Hwang (1992), Hwang & Yoon (1981), Kahraman (2008), Zhou et al. (2020)

2.5 *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)*

2.5.1 *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Menurut Dermawan (2009) *Analytic Hierarchy Process (AHP)* diperkenalkan pertama kali oleh Thomas L. Saaty pada era 1970-an. Model dengan karakteristik probabilitas ini merupakan model pengambilan keputusan dan perencanaan strategis. Penentuan skala prioritas atas alternatif pilihan berdasarkan suatu proses analitis yang berjenjang, terstruktur atas variabel keputusan merupakan ciri khas dari model ini. Konsep dasar yang digunakan adalah matriks. Tzeng & Huang (2011) menerangkan bahwa atas dasar penanganan masalah MADM, AHP diusulkan untuk mendapatkan bobot relatif sesuai dengan sistem hierarki yang tepat. Beberapa teknik yang diterapkan untuk AHP yaitu teknik *eigen value*, teknik rata-rata geometrik, teknik pemrograman linier, dan teknik *lambda-max*.

Nilai bobot relatif kepentingan suatu elemen terhadap elemen lainnya dengan melihat faktor perbandingan ditunjukkan oleh nilai yang terisi pada matriks perbandingan AHP. Langkah standar untuk mendapatkan nilai skala adalah dengan melakukan penilaian secara verbal atau huruf dan mengubahnya ke dalam nilai numerik atau angka (Saaty, 1990). Skala utama model AHP dijelaskan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Skala utama model AHP

Intensitas Kepentingan/ Tingkat Preferensi	Definisi	Penjelasan
1	<i>Equal importance</i>	Dua aktivitas memberikan kontribusi sama terhadap tujuan.
3	<i>Moderate importance</i>	Pengalaman dan penilaian memberikan nilai tidak jauh berbeda antara satu aktivitas terhadap aktivitas lainnya.
5	<i>Strong importance</i>	Pengalaman dan penilaian memberikan nilai kuat berbeda antara satu aktivitas terhadap aktivitas lainnya.
7	<i>Very strong importance</i>	Satu aktivitas sangat lebih disukai dibandingkan aktivitas lain.
9	<i>Extreme importance</i>	Satu aktivitas sekara pasti menempati urutan tertinggi dalam tingkatan preferensi
2,4,6,8	Nilai kompromi atas nilai-nilai di atas	Penilaian kompromi numerik dibutuhkan semenjak tidak ada kata tepat menggambarkan tingkat preferensi

Sumber: Saaty (1990)

2.5.2 Fuzzy Multiple Attribute Decision Making

Klasifikasi metode *Fuzzy MADM* didasarkan pada empat faktor yaitu kemampuan dalam memecahkan masalah ukuran besar, jenis data, metode MADM klasik yang berkaitan pada setiap metode *Fuzzy MADM*, dan teknik yang digunakan setiap metode (Chen & Hwang, 1992). Pemberian intensitas skala *fuzzy* pada suatu permasalahan didasarkan dengan definisi variabel linguistik yang dapat ditransformasikan dalam bentuk kuantitatif. Karakteristik dari penilaian *fuzzy* adalah dengan menggunakan matriks perbandingan (Tzeng & Huang, 2011). Perbandingan berpasangan variabel linguistik menggunakan bilangan *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Perbandingan berpasangan variabel linguistik bilangan *fuzzy*

Intensitas skala <i>fuzzy</i>	Definisi variabel linguistik	Bilangan <i>fuzzy</i>	User-defined
$\tilde{1}$	Kepentingan serupa (SI)	(L,M,U)	= (,1,)_
$\tilde{3}$	Tingkat kepentingan sedang (MI)	(L,M,U)	= (,3,)_
$\tilde{5}$	Kepentingan intensif (II)	(L,M,U)	= (,5,)_
$\tilde{7}$	Kepentingan yang dibuktikan (DI)	(L,M,U)	= (,7,)_
$\tilde{9}$	Kepentingan ekstrem (EI)	(L,M,U)	= (,9,)_
$\tilde{2}, \tilde{4}, \tilde{6}, \tilde{8}$	Nilai menengah	(L,M,U)	= (,_,)_

Sumber: Tzeng & Huang (2011)

Intensitas skala *fuzzy* perbandingan berpasangan variabel linguistik ditranslasikan menjadi bilangan *fuzzy* (Tzeng & Huang, 2011). Tabel definisi bilangan *fuzzy* untuk mentranslasikan skala *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Definisi bilangan *fuzzy*

	LEI	LDI	LII	LMI	SI	MI	II	DI	EI
Bilangan <i>fuzzy</i>	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$
	$\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{7}\right)$	$\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\right)$	$\left(\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\right)$	$\left(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\right)$	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,9)

Sumber: Tzeng & Huang (2011)

keterangan:

L : less

SI : kepentingan serupa

MI : tingkat kepentingan sedang

II : kepentingan intensif

DI : kepentingan yang dibuktikan

EI : kepentingan ekstrem

2.5.3 Langkah-langkah *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP)

Beberapa tahap yang dilalui untuk pendekatan solusi FAHP dijelaskan sebagai berikut:

1. Matriks perbandingan berpasangan

Proses penilaian skala matriks perbandingan berpasangan dilakukan oleh pihak berkepentingan yang mengambil keputusan dengan membandingkan kepentingan kriteria satu dengan lainnya. Perbandingan dilakukan pada setiap aspek yang dinilai. Perbandingan berpasangan didasarkan oleh variabel linguistik bilangan *fuzzy* yang disimbolkan dan dengan nilai seperti pada Tabel 2.10. Jumlah matriks akan sama dengan jumlah pengambil keputusan (Tzeng & Huang, 2011). Matriks perbandingan berpasangan dirumuskan pada Persamaan (2.1).

$$\begin{array}{cccc}
 & D_1 & D_2 & \cdots & D_n \\
 \begin{array}{c} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{array} & \left[\begin{array}{cccc} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & 1 \end{array} \right] & & & (2.1)
 \end{array}$$

dengan:

D : *dimension*/kriteria

n : jumlah kriteria

2. Pengujian konsistensi

Pengujian konsistensi nilai pengambil keputusan dilakukan untuk mengetahui apakah nilai tersebut layak dan konsisten. Hasil dari matriks perbandingan diuji kelayakannya untuk mengetahui tingkat konsistensi (Buckley, 1985). Hasil matriks perbandingan ditranslasikan ke dalam skala utama AHP sesuai dengan Tabel 2.8. Keterangan oleh Saaty (1980), penilaian akan konsisten jika *Consistency Ratio* (CR) \leq 0,1. Tahapan perhitungan CR sebagai berikut:

- a. Menentukan bobot prioritas matriks perbandingan.
- b. Mengalikan matriks perbandingan dengan bobot prioritas.

- c. Membagi setiap elemen matriks perbandingan dengan bobot prioritas.

$$D = \left[\frac{\text{Vektor}}{\text{Bobot prioritas}} \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

- d. Menghitung nilai *Maksimum Eigenvalue* (ME), dengan formulasi:

$$ME = \frac{\text{Jumlah elemen matriks perbandingan}}{\text{jumlah data}} \dots\dots\dots (2.3)$$

- e. Menghitung nilai *Consistency Index* (CI), formulasi sebagai berikut:

$$CI = \frac{ME - \text{jumlah data}}{\text{jumlah data} - 1} \dots\dots\dots (2.4)$$

- f. Menghitung nilai CR, dengan formulasi:

$$CR = \frac{CI}{\text{Indeks Random (IR)}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Nilai Indeks *Random* (IR) dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Nilai Indeks *Random* (IR)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56

Sumber: Saaty, 1980

3. Aplikasi bilangan *fuzzy*

Berdasarkan hasil dari matriks perbandingan berpasangan yang dinilai dan telah dilakukan uji konsistensi, skala *fuzzy* ditranslasikan menjadi bilangan *fuzzy* sesuai dengan matriks yang diperoleh. Proses aplikasi bilangan *fuzzy* mengacu pada Tabel 2.10. Proses ini dilakukan pada setiap matriks pengambil keputusan untuk setiap aspek yang dinilai.

4. Rata-rata geometrik

Proses menghitung rata-rata geometrik tiap elemen dari matriks perbandingan berpasangan diinisiasi oleh Bukkley (1985). Formulasi rata-rata geometrik tiap elemen yaitu:

$$\tilde{a}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \tilde{a}_{ij}^2 \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij}^n)^{1/n} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

- \tilde{a} : nilai *fuzzy* elemen
- i : baris matriks
- j : kolom matriks
- n : jumlah pengambil keputusan

Hasil perhitungan rata-rata geometrik dapat membentuk matriks elemen yang mencakup seluruh data dari pengambil keputusan untuk seluruh kriteria. Pembuatan matriks elemen dilakukan pada setiap aspek yang dinilai.

5. Bobot *fuzzy*

Proses bobot *fuzzy* menentukan bobot dari perhitungan rata-rata geometrik tiap elemen untuk masing-masing perbandingan. Bobot *fuzzy* akan digunakan sebagai data perhitungan *Best non-fuzzy performance* (BNP). Bobot *fuzzy* dikategorikan menjadi tiga yaitu *upper*, *middle* dan *low* (Khen & Hwang, 1992). Perhitungan bobot *fuzzy* diformulasikan sebagai berikut:

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{dimana } \tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n} \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan:

- \tilde{w} : nilai bobot *fuzzy*
- \tilde{r} : nilai bobot tiap kriteria
- \tilde{a}_{in} : nilai *fuzzy* elemen
- n : jumlah kriteria
- i : kriteria

6. *Best non-fuzzy performance* (BNP)

Proses menghitung BNP pada setiap aspek dilakukan untuk mengetahui nilai akhir dari bobot *fuzzy* untuk setiap kriteria. Perhitungan BNP akan memberikan nilai yang kemudian akan dipilih sebagai data peringkat alternatif. Setelah diperoleh perhitungan BNP pada setiap aspek, selanjutnya dilakukan proses perhitungan BNP rata-rata untuk seluruh aspek (Tzeng & Huang, 2011). BNP rata-rata diformulasikan sebagai berikut:

$$BNP = (BNP_{w1} + BNP_{w2} + \dots + BNP_{wn})/n \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana $BNP_{wi} = [(U_{wi} - L_{wi}) + (M_{wi} - L_{wi})]/3 + L_{wi} \dots\dots\dots (2.10)$

dengan:

- \tilde{w}_i : nilai bobot *fuzzy* kriteria
- U_{wi} : nilai tertinggi bobot *fuzzy* kriteria
- M_{wi} : nilai tengah bobot *fuzzy* kriteria
- L_{wi} : nilai terendah bobot *fuzzy* kriteria
- n : jumlah aspek

7. Estimasi performansi *fuzzy*

Pengambil keputusan dapat mendefinisikan variabel linguistiknya sendiri dengan penilaian subjektif dalam skala 0-100. Proses estimasi performansi *fuzzy* dilakukan pada setiap alternatif untuk setiap kriteria yang ditentukan (Tzeng & Huang, 2011). Hasil dari perhitungan tersebut akan membentuk matriks performansi *fuzzy* dengan formulasi perhitungan sebagai berikut:

$$\tilde{E}_{ij} = ((\sum_{k=1}^n LE_{ij}^k)/n, (\sum_{k=1}^n ME_{ij}^k)/n, (\sum_{k=1}^n UE_{ij}^k)/n) \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan:

- \tilde{E}_{ij} : rata-rata performansi *fuzzy* tiap alternatif terhadap tiap kriteria
- LE_{ij}^k : nilai terendah performansi *fuzzy*
- ME_{ij}^k : nilai tengah performansi *fuzzy*
- UE_{ij}^k : nilai tertinggi performansi *fuzzy*
- n : jumlah pengambil keputusan

8. Peringkat alternatif

Menentukan peringkat alternatif yang akan dipilih merupakan tujuan dari proses peringkat alternatif. Alternatif yang telah dihitung performansinya, akan dihitung secara keseluruhan dengan formulasi sebagai berikut:

$$\tilde{R}_i = (\sum_{j=1}^n LE_{ij} \times LW_j, \sum_{j=1}^n ME_{ij} \times MW_j, \sum_{j=1}^n UE_{ij} \times UW_j) \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan:

\tilde{R}_i : nilai keputusan *fuzzy*

i : alternatif

j : kriteria

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan manajemen risiko dan MADM dijabarkan berdasarkan tujuan, metode dan hasil yang dicapai. Penelitian tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Penelitian terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil yang Diharapkan
1.	Tsaur <i>et al.</i> (1997)	<i>Evaluating Tourist Risks from Fuzzy Perspective</i>	Mengukur evaluasi risiko wisatawan dan menentukan alternatif destinasi wisata terbaik.	AHP dan <i>Fuzzy</i> MCDM	Terdapat 16 kriteria risiko yang dievaluasi sebagai dasar pemilihan alternatif. Alternatif wisata dengan urutan risiko tertinggi hingga terendah adalah Three Gorges and Hwang-Shan China, <i>East-China</i> , <i>Bangkok and Phuket</i> , <i>Singapore</i> , <i>West Coast US</i> , dan <i>Japan</i> .
2.	Yasa dkk. (2013)	Manajemen Risiko Operasional dan Pemeliharaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Regional Bangli di Kabupaten Bangli	Mengidentifikasi risiko, menentukan mitigasi risiko dan menentukan kepemilikan risiko pada masa operasional dan pemeliharaan.	Manajemen Risiko	Terdapat 9 risiko teridentifikasi dengan masing-masing kategori penerimaan risiko. Analisis mitigasi risiko yang dihasilkan adalah menghindari risiko, mengurangi risiko dan memindahkan risiko. kepemilikan risiko didistribusikan kepada para pihak berkepentingan

Tabel 2.12 Penelitian terdahulu (Lanjutan)

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil yang Diharapkan
3.	Ridwan dkk. (2019)	Simulasi Sistem Dinamis dalam Perancangan Mitigasi Risiko Pengadaan Material Alat <i>Excavator</i> dengan Metode FMEA dan <i>Fuzzy</i> AHP	Merancang simulasi sistem dinamis dalam mitigasi risiko.	FMEA dan <i>Fuzzy</i> AHP	Terdapat 12 risiko dengan risiko yang diprioritaskan memiliki nilai WRPN tertinggi sebesar 6,124. Rancangan mitigasi risiko yang diusulkan adalah memperbaiki koordinasi perusahaan dengan <i>supplier</i> . Hasil simulasi skenario terbaik adalah persediaan 50 pcs per bulan dan <i>lead time</i> 1 bulan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah proyek Fabrikasi dan Instalasi *Steel Structure* untuk Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant* yang sedang dikerjakan oleh PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi yang berkedudukan di Semarang, Jawa Tengah. Penelitian dilaksanakan pada Januari – Juli 2021.

3.2 Metode yang Digunakan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah manajemen risiko dan FAHP. FAHP dipilih sesuai dengan karakteristik risiko yang dihadapi. Karakteristik pada penelitian ini yaitu memilih alternatif pengendalian risiko pada proyek konstruksi. Selain itu, penentuan keputusan alternatif juga didasari oleh beberapa aspek yaitu tingkat keparahan risiko, biaya respon penalti dampak lingkungan, dan sosial pekerja yang teridentifikasi.

3.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini terdapat dua jenis data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data atau informasi yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti terhadap objek penelitian (Rabianski, 2003). Data primer yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Data risiko

Data risiko digunakan untuk menentukan risiko teridentifikasi yang akan menjadi kriteria dari pemilihan alternatif penelitian. Data ini didapatkan dari data historis perusahaan, studi literatur dan pendapat kontraktor perusahaan.

2. Data penilaian risiko

Data penilaian risiko merupakan nilai probabilitas dan dampak risiko yang diperoleh dari hasil kuesioner yang telah dinilai oleh pengambil keputusan. Hasil perhitungan digunakan untuk menentukan tingkat keparahan risiko.

3. Data limbah

Data limbah digunakan untuk menentukan dampak lingkungan yang dihasilkan berdasarkan kegiatan proyek. Data ini akan dijadikan pertimbangan dalam penentuan keputusan alternatif. Data ini diperoleh dari dokumen perusahaan dan pengamatan langsung.

4. Data nilai perbandingan risiko

Data nilai risiko digunakan mengetahui nilai risiko dan sebagai masukan pengolahan data dalam memilih alternatif pengambilan keputusan pengendalian risiko. Data ini diperoleh dengan melakukan pengisian kuesioner oleh kontraktor perusahaan.

5. Data performansi *fuzzy*

Data performansi *fuzzy* digunakan untuk menentukan nilai bobot performansi *fuzzy* pada setiap alternatif terhadap kriteria dalam pengolahan data. Data ini didapatkan dari penilaian kontraktor perusahaan dan studi literatur tentang bilangan *fuzzy*.

Data sekunder merupakan data yang tidak secara langsung dikumpulkan, dapat melalui dokumen atau penelitian yang mengandalkan data primer serta studi literatur (Rabianski, 2003). Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data biaya respon penalti

Data biaya respon penalti digunakan untuk mengetahui biaya respon jika risiko terjadi dan sebagai pertimbangan dalam pemilihan alternatif penelitian ini. Data ini diperoleh dari dokumen perusahaan.

2. Data energi

Data energi digunakan untuk mengetahui seberapa besar nilai energi yang diperlukan saat dilakukan pengendalian risiko. Data ini digunakan untuk pertimbangan dalam pemilihan alternatif dari segi dampak lingkungan. Data ini diperoleh dari dokumen perusahaan.

3.4 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian digunakan untuk menjelaskan bagaimana suatu permasalahan hingga solusinya dilakukan. Penelitian dikerjakan secara terstruktur dan sistematis melalui kerangka yang disusun. Menentukan latar belakang masalah merupakan awal dari penelitian yang dijadikan sebagai acuan dalam merumuskan suatu masalah. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian selanjutnya ditentukan berdasarkan perumusan masalah. Dalam rangka mencapai tujuan penelitian, dilakukan studi literatur untuk mendapatkan kajian pustaka pendukung penelitian. Pengumpulan data dilakukan setelah teori acuan disusun. Data yang diperoleh dari pengumpulan data akan diolah kemudian dilakukan analisis terhadap hasil yang diperoleh. Dari hasil yang diperoleh ditarik kesimpulan penelitian dan memberikan saran. Kerangka penelitian dijelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka penelitian

3.5 Langkah-Langkah Pengolahan Data

Langkah pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memenuhi tujuan penelitian. Diagram alir pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 3.2. Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Menyusun struktur hierarki penelitian

Struktur hierarki atau kerangka penelitian digunakan untuk mempermudah langkah penyelesaian dan saat akan melakukan analisis hasil. Penyusunan struktur tersebut didasarkan pada tujuan penelitian, kriteria yang digunakan dalam permasalahan, aspek yang dipertimbangkan dalam menyelesaikan masalah, dan alternatif yang akan dipilih. Selanjutnya, hasil dari struktur dalam digunakan untuk dasar pengolahan data dengan metode FAHP.

2. Membuat matriks penilaian risiko

Matriks penilaian risiko digunakan untuk menentukan skala probabilitas dan dampak risiko dalam menentukan tingkat keparahan risiko. Skala tersebut diperoleh dari hasil pengisian kuesioner oleh pengambil keputusan. Data nilai risiko digunakan untuk menentukan tingkat keparahan dan klasifikasi risiko. Pembuatan matriks penilaian risiko sesuai dengan Tabel 2.5.

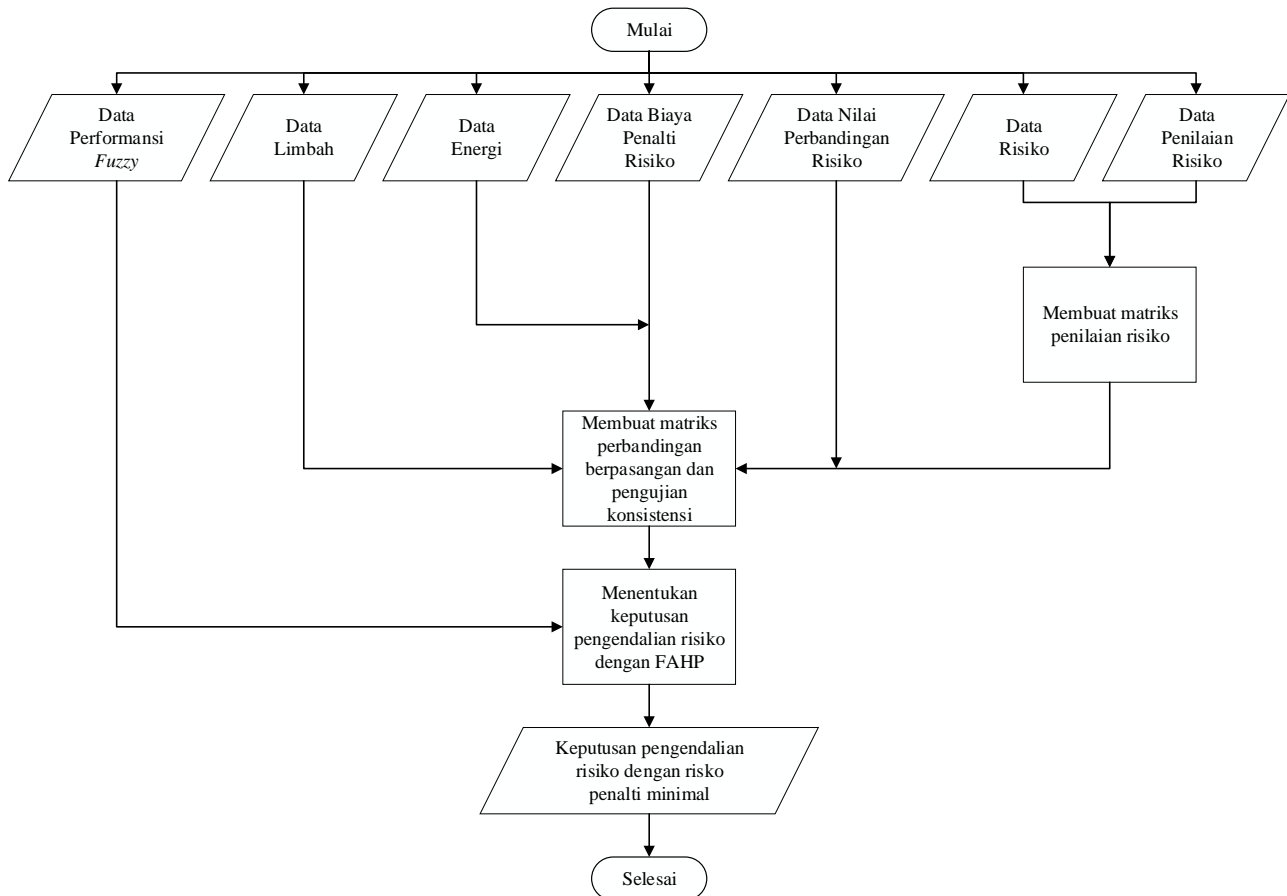
3. Membuat matriks perbandingan berpasangan dan pengujian konsistensi

Matriks perbandingan berpasangan ditentukan oleh pengambil keputusan dengan melakukan perbandingan kepentingan kriteria satu dengan lainnya. Matriks dibuat sesuai dengan Persamaan (2.1). Hasil dari perbandingan berpasangan masing-masing kriteria oleh seluruh pengambil keputusan dilakukan pengujian konsistensi jawaban dan akan ditranslasikan menjadi matriks *fuzzy*.

4. Menentukan keputusan pengendalian risiko dengan FAHP

Penentuan alternatif keputusan pengendalian risiko menggunakan metode FAHP. Pada langkah ini, terdapat beberapa proses yang dilakukan untuk memperoleh keputusan pengendalian risiko yang optimal pada masing-masing risiko. Alternatif yang terpilih adalah

alternatif dengan nilai BNP akhir terbesar. Langkah-langkah proses Manajemen Risiko dan FAHP ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data



Gambar 3.3 Langkah-langkah proses manajemen risiko dan FAHP

3.6 Analisis Hasil

Analisis hasil yang akan dihasilkan berfokus pada solusi dengan nilai BNP terbesar dari alternatif masing-masing risiko. Hasil nilai tersebut diperoleh dari

pengolahan data dengan menggunakan FAHP. Solusi yang diperoleh merupakan usulan keputusan pengendalian risiko yang meminimalkan total biaya respon penalti masa pemeliharaan proyek. Selanjutnya, usulan keputusan ini akan diserahkan sebagai kebijakan perusahaan.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang akan dijelaskan pada penelitian ini merupakan hasil dari pengolahan data dan analisis hasil yang mengacu pada tujuan penelitian. Hasil tersebut akan mencakup keputusan pengendalian risiko masa pemeliharaan Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant* PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi untuk meminimalkan penalti. Saran yang akan disajikan berfokus pada perbaikan dari kekurangan dalam penelitian ini dan masukan untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini membahas pengambilan keputusan pengendalian risiko masa pemeliharaan Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant* PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi sebagai kontraktor bidang konstruksi baja. Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Data risiko

Data risiko merupakan data mengenai jenis risiko yang memungkinkan terjadi pada masa pemeliharaan proyek. Data tersebut mencakup jenis risiko, deskripsi risiko, dan dampak risiko. Data risiko selanjutnya akan menjadi kriteria pada kuesioner penilaian risiko. Penentuan data/kriteria ini dilakukan berdasarkan wawancara dan diskusi dengan pihak proyek. Wawancara penentuan kriteria didasari dengan data historis pada proyek serupa perusahaan berupa tingginya frekuensi kejadian dan dana penalti yang dikeluarkan perusahaan dalam menangani risiko. Data risiko yang digunakan sebagai kriteria penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data risiko

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Dampak Risiko
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	Melakukan pengulangan pemasangan material yang menyebabkan kelebihan biaya dan waktu.
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	Kelebihan biaya dan waktu dalam modifikasi ulang.
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	Mendatangkan material baru dan memperbaiki sehingga kelebihan biaya dan waktu.

Tabel 4.1 Data risiko (Lanjutan)

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Dampak Risiko
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	Melakukan perbaikan pada konstruksi yang tidak sesuai standar.
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	Kerugian perusahaan dalam biaya.
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	Terjadi kesalahan akibat kurangnya koordinasi dan berakibat tidak efisiennya sumber daya.
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	Penumpukan limbah pada lingkungan.
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	Jadwal selesai proyek tidak sesuai dan menambah pengeluaran biaya serta waktu.

2. Data penilaian risiko

Data penilaian risiko merupakan nilai probabilitas dan dampak risiko yang diperoleh dari kuesioner penilaian risiko oleh pengambil keputusan. Data ini digunakan untuk menentukan tingkat keparahan risiko. Data ini terdiri dari penilaian dengan skala terhadap probabilitas kejadian risiko dan dampak terjadinya risiko. Data penilaian risiko dapat dilihat pada Lampiran 1.

3. Data limbah

Data limbah merupakan informasi mengenai hasil limbah yang dihasilkan pada masa pemeliharaan proyek. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup alternatif yang tersedia, risiko, kualitas udara, kebisingan, dan jenis limbah terbuang. Data ini digunakan

sebagai salah pertimbangan pengambilan keputusan Data limbah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data limbah

Alternatif	Risiko	Kualitas Udara Emisi (BTU)	Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
PENCEGAHAN	Kesalahan pemasangan material	1276000 + 191925 + 10236 = 1478161	77	-
	Modifikasi material	1276000 + 191925 + 81683,28 = 1549608,28	78	-
	Kerusakan material	1276000 + 191925 + 20472 + 81683.28 = 1570080,28	80,3	-
	Kualitas konstruksi	-	-	-
	Biaya perawatan melonjak	-	-	-
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-
	Penanganan limbah konstruksi	-	-	-
Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-	
PENANGANAN	Kesalahan pemasangan material	1276000 + 1637130 + 20472 + 191925 + 30537,4 = 3156064,4	85,1	Kawat

Tabel 4.2 Data limbah (Lanjutan)

Alternatif	Risiko	Kualitas Udara Emisi (BTU)	Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
	Modifikasi material	1637130 + 1276000 + 27227.76 + 10236 + 191925 = 3142518,76	77,9	Cat
	Kerusakan material	1637130 + 1276000 + 191925 + 3309,64 = 3108364,64	81,2	Besi karat
	Kualitas konstruksi	1637130 + 1276000 + 20472 + 191925 + 30537,4 = 3156064,4	85,1	-
PENANGANAN				
	Biaya perawatan melonjak	-	-	-
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-
	Penanganan limbah konstruksi	2784000 + 191925 = 2975925	83	Besi karat, cat, oli
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-

4. Data biaya respon penalti

Data biaya respon penalti menunjukkan biaya yang akan dikeluarkan pada alternatif pengendalian masing-masing risiko. Alternatif yang akan dipilih adalah pencegahan dan penanganan risiko. Biaya ini digunakan sebagai salah satu aspek yang digunakan dalam

pertimbangan pengambilan keputusan. Data biaya respon penalti ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data biaya respon penalti

No. Risiko	Risiko	Biaya Respon Penalti (% dari margin)	
		Pencegahan	Penanganan
1	Kesalahan pemasangan material	13,7%	10,3%
2	Modifikasi material	11,8%	5,6%
3	Kerusakan material	15,17%	5,2%
4	Kualitas konstruksi	9,14%	18,14%
5	Biaya perawatan melonjak	7,3%	2,4%
6	Pengelolaan sumber daya manusia	7,15%	3,13%
7	Penanganan limbah konstruksi	15%	5%
8	Estimasi waktu pemeliharaan	0%	10,61%

5. Data energi

Data energi merupakan besaran nilai energi yang diperlukan saat dilakukan pengendalian risiko. Data ini digunakan untuk pertimbangan pemilihan alternatif berdasarkan penggunaan energinya. Data ini meliputi alternatif yang tersedia, risiko, energi, dan bahan bakar yang digunakan. Data energi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data energi

Alternatif	Risiko	Energi	
		Listrik	Bahan Bakar
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	1. Kunci <i>impact</i> listrik (3000 watt) 2. Genset (450 kVA)	Solar (35 l)
	Modifikasi material	1. <i>Shear range</i> (23940 watt) 2. Genset (450 kVA)	Solar (35 l)
	Kerusakan material	1. <i>Shear range</i> (23940 watt) 2. Kunci <i>impact</i> (6000 watt) 3. Genset (450 kVA)	Solar (35 l)
Pencegahan	Kualitas konstruksi	-	-
	Biaya perawatan melonjak	-	-
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-
	Penanganan limbah konstruksi	-	-
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	1. Mesin gerinda (570 A) 2. Las (400 A) 3. Kunci <i>impact</i> listrik (6000 watt) 4. <i>Shear range</i> (7980 watt) 5. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 l) 2. Oksigen (60 kg)
	Modifikasi material	1. Kunci <i>impact</i> listrik (3000 watt) 2. <i>Shear range</i> (7980 watt) 3. Las (400 A) 4. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 l) 2. Oksigen (60 kg)
	Kerusakan material	1. Las (400 A) 2. Mesin gerinda (570 A) 3. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 l) 2. Oksigen (60 kg)

Tabel 4.4 Data energi (Lanjutan)

Alternatif	Risiko	Energi	
		Listrik	Bahan Bakar
Penanganan	Kualitas konstruksi	1. Mesin gerinda (570 A) 2. Las (400 A) 3. Kunci <i>impact</i> listrik (6000 watt) 4. <i>Shear range</i> (7980 watt) 5. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 l) 2. Oksigen (60 kg)
	Biaya perawatan melonjak	-	-
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-
	Penanganan limbah konstruksi	1. <i>Crane</i> 2. Genset (450 kVA)	Solar (75 l)
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-

6. Data nilai perbandingan risiko

Data ini merupakan data yang membandingkan dua risiko berdasarkan aspek tingkat keparahan risiko, biaya respon penalti risiko, dampak lingkungan, dan sosial pekerja. Data ini digunakan untuk perhitungan menggunakan FAHP. Pemberian nilai pada data ini mengacu pada Tabel 2.9. Data ini mencakup tiga pengambil keputusan yaitu bagian *Healthy, Safety, and Environment* (HSE) yang merupakan pengelola manajemen risiko, bagian *Quality Control* (QC) yang bertugas menentukan kelayakan proyek sehingga tidak terjadi risiko, dan bagian *Comercial Project* (PPPP) yang merupakan penghubung antara pihak proyek dengan klien. Data nilai perbandingan risiko dapat dilihat pada kuesioner nilai perbandingan risiko yang dicantumkan pada Lampiran 2.

7. Data performansi *fuzzy*

Data performansi *fuzzy* merupakan nilai dari suatu alternatif terhadap risiko. Data ini digunakan untuk menentukan nilai bobot performansi *fuzzy*. Data ini mencakup tiga pengambil keputusan yaitu bagian HSE yang merupakan pengelola manajemen risiko, bagian QC yang bertugas menentukan kelayakan proyek sehingga tidak terjadi risiko, dan bagian PPPP yang merupakan penghubung antara pihak proyek dengan klien. Data nilai perbandingan risiko dapat dilihat pada Tabel 4.5 hingga Tabel 4.7. Pengambilan data menggunakan kuesioner nilai performansi *fuzzy* yang terlampir pada Lampiran 3.

Tabel 4.5 Nilai performansi *fuzzy* bagian HSE

Alternatif	Risiko	Nilai (0-100)		
		L	M	U
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	5	10	15
	Modifikasi material	10	12	15
	Kerusakan material	0	2	5
	Kualitas konstruksi	10	15	30
	Biaya perawatan melonjak	15	20	25
	Pengelolaan sumber daya manusia	5	10	20
	Penanganan limbah konstruksi	5	15	20
	Estimasi waktu pemeliharaan	40	70	75
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	20	30	80
	Modifikasi material	30	50	80
	Kerusakan material	5	10	25
	Kualitas konstruksi	10	15	20
	Biaya perawatan melonjak	20	25	40
	Pengelolaan sumber daya manusia	40	50	80
	Penanganan limbah konstruksi	50	70	80
	Estimasi waktu pemeliharaan	50	70	80

Tabel 4.6 Nilai performansi *fuzzy* bagian QC

Alternatif	Risiko	Nilai (0-100)		
		L	M	U
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	10	40	70
	Modifikasi material	15	50	80
	Kerusakan material	5	30	60
	Kualitas konstruksi	15	50	80
	Biaya perawatan melonjak	5	25	50
	Pengelolaan sumber daya manusia	10	35	65
	Penanganan limbah konstruksi	10	35	70
	Estimasi waktu pemeliharaan	15	50	75
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	10	50	75
	Modifikasi material	10	45	75
	Kerusakan material	15	50	70
	Kualitas konstruksi	15	45	75
	Biaya perawatan melonjak	10	50	75
	Pengelolaan sumber daya manusia	10	45	70
	Penanganan limbah konstruksi	15	50	75
	Estimasi waktu pemeliharaan	10	45	75

Tabel 4.7 Nilai performansi *fuzzy* bagian PPPP

Alternatif	Risiko	Nilai (0-100)		
		L	M	U
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	5	10	15
	Modifikasi material	10	20	30
	Kerusakan material	0	2	4
	Kualitas konstruksi	0	2	4
	Biaya perawatan melonjak	20	30	40
	Pengelolaan sumber daya manusia	10	20	30
	Penanganan limbah konstruksi	2	5	8

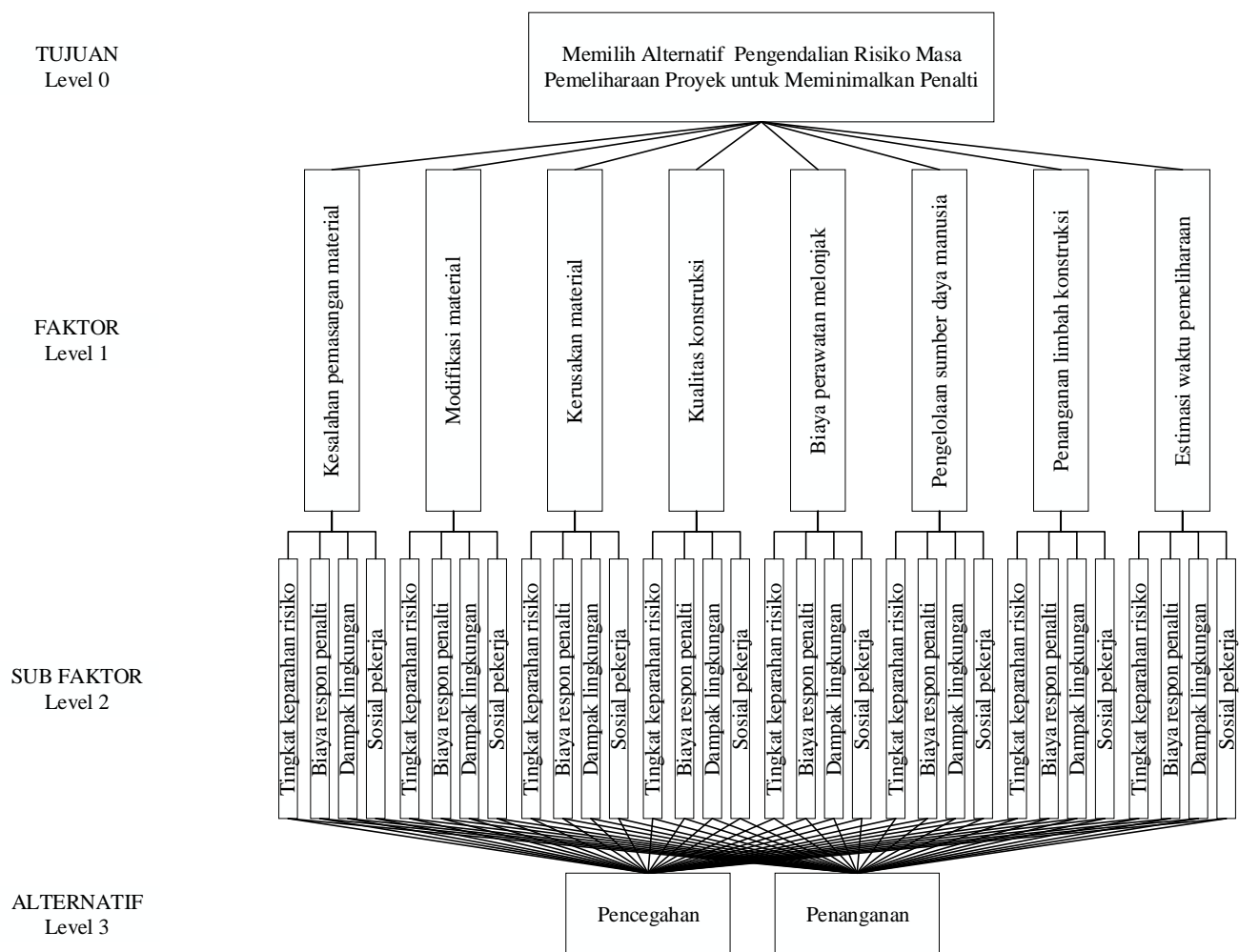
Tabel 4.7 Nilai performansi *fuzzy* bagian PPPP (Lanjutan)

Alternatif	Risiko	Nilai (0-100)		
		L	M	U
Penanganan	Estimasi waktu pemeliharaan	20	30	40
	Kesalahan pemasangan material	10	12	17
	Modifikasi material	15	25	35
	Kerusakan material	0	1	2
	Kualitas konstruksi	0	1	2
	Biaya perawatan melonjak	10	20	30
	Pengelolaan sumber daya manusia	5	10	20
	Penanganan limbah konstruksi	1	2	3
	Estimasi waktu pemeliharaan	10	20	30

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Menyusun struktur hierarki penelitian

Berdasarkan pengumpulan data yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, maka dapat disusun struktur hierarki penelitian guna mempermudah langkah penyelesaian dan analisis hasil. Struktur tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur hierarki penelitian

4.2.2 Membuat matriks penilaian risiko

Matriks penilaian risiko digunakan sebagai penentuan tingkat keparahan risiko. Tingkat keparahan risiko menunjukkan seberapa besar urgensi dari masing-masing risiko. Penilaian risiko dilakukan oleh tiga pengambil keputusan. Matriks penilaian risiko yang digunakan berdasarkan pada Tabel 2.5. Hasil perhitungan

tingkat keparahan risiko dapat dilihat pada Tabel 4.8, Tabel 4.9, Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

1. Hasil perhitungan tingkat keparahan oleh bagian *Health, Safety, and Environment* (HSE)

Tabel 4.8 Tingkat keparahan risiko bagian HSE

No. Risiko	Risiko	Nilai Keparahahan	Tingkat Keparahahan
R1	Kesalahan pemasangan material	9	Medium
R2	Modifikasi material	9	Medium
R3	Kerusakan material	6	Rendah
R4	Kualitas konstruksi	8	Rendah
R5	Biaya perawatan melonjak	8	Rendah
R6	Pengelolaan sumber daya manusia	9	Rendah
R7	Penanganan limbah konstruksi	4	Rendah
R8	Estimasi waktu pemeliharaan	6	Rendah

2. Hasil perhitungan tingkat keparahan oleh bagian *Quality Control* (QC)

Tabel 4.9 Tingkat keparahan risiko bagian QC

No. Risiko	Risiko	Nilai Keparahahan	Tingkat Keparahahan
R1	Kesalahan pemasangan material	6	Rendah
R2	Modifikasi material	7	Rendah
R3	Kerusakan material	7	Rendah
R4	Kualitas konstruksi	13	Tinggi
R5	Biaya perawatan melonjak	8	Rendah
R6	Pengelolaan sumber daya manusia	5	Rendah
R7	Penanganan limbah konstruksi	5	Rendah

Tabel 4.9 Tingkat keparahan risiko bagian QC (Lanjutan)

No. Risiko	Risiko	Nilai Keparahan	Tingkat Keparahan
R8	Estimasi waktu pemeliharaan	9	Medium

3. Hasil perhitungan tingkat keparahan oleh bagian *Commercial Project* (PPPP)

Tabel 4.10 Tingkat keparahan risiko bagian PPPP

No. Risiko	Risiko	Nilai Keparahan	Tingkat Keparahan
R1	Kesalahan pemasangan material	6	Rendah
R2	Modifikasi material	7	Rendah
R3	Kerusakan material	9	Medium
R4	Kualitas konstruksi	5	Rendah
R5	Biaya perawatan melonjak	11	Medium
R6	Pengelolaan sumber daya manusia	9	Medium
R7	Penanganan limbah konstruksi	4	Rendah
R8	Estimasi waktu pemeliharaan	8	Rendah

4. Rekapitulasi hasil perhitungan tingkat keparahan risiko

Tabel 4.11 Rekapitulasi tingkat keparahan risiko

Risiko	Probabilitas		Dampak		Indeks Risiko	Tingkat Keparahan
	Jumlah	Rata-rata	Jumlah	Rata-rata		
R1	7	2,333	7	2,333	7	Rendah
R2	9	3	7	2,333	7,667	Rendah
R3	4	1,333	7	2,333	6	Rendah
R4	8	2,667	9	3	8,667	Medium

Tabel 4.11 Rekapitulasi tingkat keparahan risiko (Lanjutan)

Risiko	Probabilitas		Dampak		Indeks Risiko	Tingkat Keparahan
	Jumlah	Rata-rata	Jumlah	Rata-rata		
R5	11	3,667	8	2,667	9	Medium
R6	7	2,333	8	2,667	7,667	Rendah
R7	5	1,667	4	1,333	4,333	Rendah
R8	5	1,667	9	3	7,667	Rendah

4.2.3 Membuat matriks perbandingan berpasangan dan pengujian konsistensi

Matriks perbandingan berpasangan merupakan hasil penilaian tingkat prioritas antar risiko berdasarkan aspek yang telah ditentukan. Matriks dinilai berdasarkan Persamaan (2.1) dengan nilai yang mengacu pada Tabel 2.10. Penilaian berdasarkan data nilai perbandingan risiko. Matriks tersebut selanjutnya dilakukan pengujian konsistensi.

1. Penialain prioritas berpasangan aspek tingkat keparahan risiko dapat dilihat pada Tabel 4.12, Tabel 4.13, dan Tabel 4.14.

Tabel 4.12 Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek tingkat keparahan risiko

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	1,000	3,000	0,200	0,200	1,000	5,000	1,000	0,714	0,089
R2	1,000	1,000	3,000	0,333	0,200	1,000	5,000	1,000	0,751	0,094
R3	0,333	0,333	1,000	0,200	0,200	0,333	3,000	0,333	0,350	0,044
R4	5,000	3,000	5,000	1,000	1,000	3,000	7,000	3,000	2,127	0,266
R5	5,000	5,000	5,000	1,000	1,000	3,000	7,000	3,000	2,287	0,286
R6	1,000	1,000	3,000	0,333	0,333	1,000	5,000	1,000	0,790	0,099
R7	0,200	0,200	0,333	0,143	0,143	0,200	1,000	0,200	0,191	0,024
R8	1,000	1,000	3,000	0,333	0,333	1,000	5,000	1,000	0,790	0,099
Total	14,533	12,533	23,333	3,543	3,410	10,533	38,000	10,533		1,000

Tabel 4.13 Matriks nilai prioritas bagian QC aspek tingkat keparahan risiko

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	0,333	3,000	0,333	0,200	1,000	7,000	1,000	0,697	0,087
R2	3,000	1,000	3,000	0,200	0,200	1,000	7,000	1,000	0,845	0,106
R3	0,333	0,333	1,000	0,333	0,200	0,333	5,000	0,333	0,408	0,051
R4	3,000	5,000	3,000	1,000	1,000	5,000	9,000	3,000	2,130	0,266
R5	5,000	5,000	5,000	1,000	1,000	3,000	9,000	5,000	2,362	0,295
R6	1,000	1,000	3,000	0,200	0,333	1,000	5,000	1,000	0,706	0,088
R7	0,143	0,143	0,200	0,111	0,111	0,200	1,000	0,200	0,148	0,019
R8	1,000	1,000	3,000	0,333	0,200	1,000	5,000	1,000	0,703	0,088
Total	14,476	13,810	21,200	3,511	3,244	12,533	48,000	12,533		1,000

Tabel 4.14 Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek tingkat keparahan risiko

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	1,000	3,000	0,200	0,200	1,000	5,000	1,000	0,695	0,087
R2	1,000	1,000	3,000	0,200	0,200	1,000	7,000	1,000	0,745	0,093
R3	0,333	0,333	1,000	0,333	0,200	0,333	5,000	0,333	0,431	0,054
R4	5,000	5,000	3,000	1,000	1,000	3,000	7,000	3,000	2,115	0,264
R5	5,000	5,000	5,000	1,000	1,000	3,000	9,000	5,000	2,417	0,302
R6	1,000	1,000	3,000	0,333	0,333	1,000	3,000	1,000	0,724	0,090
R7	0,200	0,143	0,200	0,143	0,111	0,333	1,000	0,333	0,190	0,024
R8	1,000	1,000	3,000	0,333	0,200	1,000	3,000	1,000	0,683	0,085
Total	14,533	14,476	21,200	3,543	3,244	10,667	40,000	12,667		1,000

2. Penilaian prioritas berpasangan aspek biaya respon penalti dapat dilihat pada Tabel 4.15, Tabel 4.16, dan Tabel 4.17.

Tabel 4.15 Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek biaya respon penalti

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	0,333	0,200	0,333	1,000	0,200	1,000	3,000	0,410	0,051
R2	3,000	1,000	0,143	3,000	5,000	3,000	5,000	7,000	1,521	0,190
R3	5,000	7,000	1,000	5,000	7,000	5,000	9,000	9,000	3,339	0,417
R4	3,000	0,333	0,200	1,000	3,000	1,000	3,000	5,000	0,882	0,110
R5	1,000	0,200	0,143	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	0,319	0,040
R6	5,000	0,333	0,200	1,000	3,000	1,000	3,000	5,000	0,986	0,123
R7	1,000	0,200	0,111	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	0,304	0,038
R8	0,333	0,143	0,111	0,200	1,000	0,200	1,000	1,000	0,239	0,030
Total	19,333	9,543	2,108	11,200	22,000	11,067	24,000	32,000		1,000

Tabel 4.16 Matriks nilai prioritas bagian QC aspek biaya respon penalti

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	3,000	3,000	5,000	1,000	5,000	5,000	9,000	2,357	0,295
R2	0,333	1,000	1,000	3,000	1,000	3,000	5,000	3,000	1,133	0,142
R3	0,333	1,000	1,000	5,000	7,000	5,000	3,000	7,000	1,896	0,237
R4	0,200	0,333	0,200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,408	0,051
R5	1,000	1,000	0,143	1,000	1,000	5,000	5,000	3,000	1,168	0,146
R6	0,200	0,333	0,200	1,000	0,200	1,000	1,000	1,000	0,339	0,042
R7	0,200	0,200	0,333	1,000	0,200	1,000	1,000	3,000	0,414	0,052
R8	0,111	0,333	0,143	1,000	0,333	1,000	0,333	1,000	0,284	0,035
Total	3,378	7,200	6,019	18,000	11,733	22,000	21,333	28,000		1,000

Tabel 4.17 Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek biaya respon penalti

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	0,200	0,200	0,333	1,000	0,333	3,000	1,000	0,426	0,053
R2	5,000	1,000	0,143	3,000	3,000	1,000	7,000	3,000	1,343	0,168
R3	5,000	7,000	1,000	5,000	7,000	3,000	9,000	7,000	3,171	0,396
R4	3,000	0,333	0,200	1,000	3,000	3,000	5,000	3,000	1,158	0,145
R5	1,000	0,333	0,143	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	0,347	0,043
R6	3,000	1,000	0,333	0,333	3,000	1,000	3,000	3,000	0,937	0,117
R7	0,333	0,143	0,111	0,200	1,000	0,333	1,000	1,000	0,268	0,033
R8	1,000	0,333	0,143	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	0,347	0,043
Total	19,333	10,343	2,273	10,533	20,000	9,333	30,000	20,000		1,000

3. Penilaian prioritas berpasangan aspek dampak lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4.18, Tabel 4.19, dan Tabel 4.20.

Tabel 4.18 Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek dampak lingkungan

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	3,000	1,000	3,000	3,000	3,000	5,000	3,000	1,966	0,246
R2	0,333	1,000	1,000	1,000	5,000	3,000	3,000	3,000	1,354	0,169
R3	1,000	1,000	1,000	5,000	3,000	3,000	5,000	1,000	1,704	0,213
R4	0,333	1,000	0,200	1,000	1,000	3,000	1,000	3,000	0,859	0,107
R5	0,333	0,200	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000	0,467	0,058
R6	0,333	0,333	0,333	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	0,472	0,059
R7	0,200	0,333	0,200	1,000	3,000	1,000	1,000	1,000	0,575	0,072
R8	0,333	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	0,603	0,075
Total	3,867	7,200	5,067	12,667	18,000	16,000	17,333	14,000		1,000

Tabel 4.19 Matriks nilai prioritas bagian QC aspek dampak lingkungan

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	1,000	1,000	3,000	3,000	3,000	5,000	1,000	1,540	0,193
R2	1,000	1,000	1,000	3,000	3,000	3,000	5,000	5,000	1,790	0,224
R3	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000	1,000	5,000	3,000	1,490	0,186
R4	0,333	0,333	0,200	1,000	3,000	1,000	3,000	3,000	0,860	0,107
R5	0,333	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	5,000	1,000	0,752	0,094
R6	0,333	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,646	0,081
R7	0,200	0,200	0,200	0,333	0,200	1,000	1,000	1,000	0,342	0,043
R8	1,000	0,200	0,333	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	0,580	0,072
Total	5,200	4,400	5,733	14,000	13,200	12,000	26,000	16,000		1,000

Tabel 4.20 Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek dampak lingkungan

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	3,000	0,333	3,000	7,000	5,000	3,000	5,000	2,062	0,258
R2	0,333	1,000	3,000	1,000	5,000	5,000	3,000	5,000	1,698	0,212
R3	3,000	0,333	1,000	1,000	3,000	3,000	3,000	5,000	1,592	0,199
R4	0,333	1,000	1,000	1,000	3,000	3,000	1,000	3,000	0,967	0,121
R5	0,143	0,200	0,333	0,333	1,000	1,000	0,333	1,000	0,307	0,038
R6	0,200	0,200	0,333	0,333	1,000	1,000	0,333	1,000	0,317	0,040
R7	0,333	0,333	0,333	1,000	3,000	3,000	1,000	3,000	0,759	0,095
R8	0,200	0,200	0,200	0,333	1,000	1,000	0,333	1,000	0,297	0,037
Total	5,543	6,267	6,533	8,000	24,000	22,000	12,000	24,000		1,000

4. Penilaian prioritas berpasangan aspek sosial pekerja dapat dilihat pada Tabel 4.21, Tabel 4.22, dan Tabel 4.23.

Tabel 4.21 Matriks nilai prioritas bagian HSE aspek sosial pekerja

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	1,000	3,000	1,000	5,000	5,000	5,000	5,000	2,037	0,255
R2	1,000	1,000	1,000	3,000	5,000	5,000	3,000	5,000	1,775	0,222
R3	0,333	1,000	1,000	3,000	5,000	5,000	3,000	5,000	1,614	0,202
R4	1,000	0,333	0,333	1,000	3,000	3,000	1,000	3,000	0,920	0,115
R5	0,200	0,200	0,200	0,333	1,000	1,000	0,333	1,000	0,309	0,039
R6	0,200	0,200	0,200	0,333	1,000	1,000	0,333	1,000	0,309	0,039
R7	0,200	0,333	0,333	1,000	3,000	3,000	1,000	3,000	0,726	0,091
R8	0,200	0,200	0,200	0,333	1,000	1,000	0,333	1,000	0,309	0,039
Total	4,133	4,267	6,267	10,000	24,000	24,000	14,000	24,000		1,000

Tabel 4.22 Matriks nilai prioritas bagian QC aspek sosial pekerja

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	3,000	1,000	3,000	1,000	3,000	5,000	1,000	1,659	0,207
R2	0,333	1,000	1,000	1,000	3,000	0,333	1,000	0,333	0,741	0,093
R3	1,000	1,000	1,000	3,000	3,000	1,000	5,000	1,000	1,402	0,175
R4	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	0,333	3,000	1,000	0,684	0,086
R5	1,000	0,333	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	0,333	0,646	0,081
R6	0,333	3,000	1,000	3,000	1,000	1,000	3,000	1,000	1,181	0,148
R7	0,200	1,000	0,200	0,333	1,000	0,333	1,000	1,000	0,486	0,061
R8	1,000	3,000	1,000	1,000	3,000	1,000	1,000	1,000	1,202	0,150
Total	5,200	13,333	5,867	13,333	14,000	8,000	20,000	6,667		1,000

Tabel 4.23 Matriks nilai prioritas bagian PPPP aspek sosial pekerja

Risiko	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Jumlah	Prioritas
R1	1,000	1,000	3,000	3,000	7,000	7,000	7,000	5,000	2,382	0,298
R2	1,000	1,000	1,000	3,000	3,000	3,000	5,000	5,000	1,643	0,205
R3	0,333	1,000	1,000	3,000	5,000	7,000	5,000	3,000	1,580	0,197
R4	0,333	0,333	0,333	1,000	1,000	3,000	3,000	3,000	0,738	0,092
R5	0,143	0,333	0,200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,409	0,051
R6	0,143	0,333	0,143	0,333	1,000	1,000	0,200	1,000	0,315	0,039
R7	0,143	0,200	0,200	0,333	1,000	5,000	1,000	0,200	0,425	0,053
R8	0,200	0,200	0,333	0,333	1,000	1,000	5,000	1,000	0,509	0,064
Total	3,295	4,400	6,210	12,000	20,000	28,000	27,200	19,200		1,000

5. Contoh perhitungan uji konsistensi penilaian bagian HSE aspek tingkat keparahan risiko pada Tabel 4.24.

a. Contoh perhitungan bobot prioritas risiko 1.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah} &= \frac{1,000}{14,533} + \frac{1,000}{12,533} + \frac{3,000}{23,333} + \frac{0,200}{3,543} + \frac{0,200}{3,410} + \frac{1,000}{10,533} + \frac{5,000}{38,000} + \frac{1,000}{10,533} \\ &= 0,714 \end{aligned}$$

$$\text{Prioritas} = \frac{0,714}{8} = 0,089$$

b. Mengalikan matriks perbandingan dengan bobot prioritas.

Matriks		Prioritas		Vektor
1,000 1,000 3,000 0,200 0,200 1,000 5,000 1,000	×	0,089	=	0,741
1,000 1,000 3,000 0,333 0,200 1,000 5,000 1,000		0,094		0,777
0,333 0,333 1,000 0,200 0,200 0,333 3,000 0,333		0,044		0,352
5,000 3,000 5,000 1,000 1,000 3,000 7,000 3,000		0,266		2,258
5,000 5,000 5,000 1,000 1,000 3,000 7,000 3,000		0,286		2,446
1,000 1,000 3,000 0,333 0,333 1,000 5,000 1,000		0,099		0,815
0,200 0,200 0,333 0,143 0,143 0,200 1,000 0,200		0,024		0,193
1,000 1,000 3,000 0,333 0,333 1,000 5,000 1,000		0,099		0,815

- c. Membagi setiap elemen matriks perbandingan dengan bobot prioritas berdasarkan Persamaan (2.2).

$$D = \left[\frac{0,741}{0,089}; \frac{0,777}{0,094}; \frac{0,352}{0,044}; \frac{2,258}{0,266}; \frac{2,446}{0,286}; \frac{0,815}{0,099}; \frac{0,193}{0,024}; \frac{0,815}{0,099} \right]$$

$$D = 8,309; 8,271; 8,061; 8,491; 8,556; 6,247; 8,119; 8,247$$

- d. Menghitung nilai ME berdasarkan Persamaan (2.3).

$$ME = \frac{8,309 + 8,271 + 8,061 + 8,491 + 8,556 + 6,247 + 8,119 + 8,247}{8}$$

$$ME = 8,288$$

- e. Menghitung nilai CI dengan Persamaan (2.4).

$$CI = \frac{8,288 - 8}{8 - 1}$$

$$CI = 0,041$$

- f. Menghitung nilai CR dengan Persamaan (2.5) dan nilai Indeks *Random* berdasarkan Tabel 2.11.

$$CR = \frac{0,041}{1,41}$$

$$CR = 0,029$$

Berdasarkan hasil uji konsistensi di atas, dapat dilihat bahwa bagian HSE untuk penilaian aspek tingkat keparahan konsisten karena $CR \leq 0,1$. Jawaban bagian HSE terhadap aspek tingkat keparahan diterima dan dapat dilakukan untuk perhitungan selanjutnya. Uji konsistensi dilakukan terhadap seluruh pengambil keputusan pada seluruh aspek yang dipertimbangkan. Rekapitulasi hasil uji konsistensi untuk seluruh pengambil keputusan terhadap seluruh aspek dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Rekapitulasi hasil uji konsistensi keseluruhan

Pengambil Keputusan	Aspek								Keterangan
	Tingkat Keparahan Risiko		Biaya Respon Penalti		Dampak Lingkungan		Sosial Pekerja		
	CI	CR	CI	CR	CI	CR	CI	CR	
HSE	0,041	0,029	0,083	0,059	0,118	0,083	0,053	0,038	Diterima
QC	0,088	0,063	0,137	0,098	0,137	0,097	0,140	0,099	Diterima
PPPP	0,078	0,055	0,095	0,067	0,109	0,077	0,141	0,100	Diterima

4.2.4 Menentukan keputusan pengendalian risiko dengan FAHP

1. Mengaplikasikan bilangan *fuzzy*.

Matriks perbandingan berpasangan yang telah dinilai oleh pengambil keputusan dan telah diterima melalui uji konsistensi kemudian ditranslasikan menjadi bilangan *fuzzy*. Translasi bilangan *fuzzy* berdasarkan Tabel 2.10. Perubahan bilangan tersebut dilakukan kepada seluruh hasil pengambil keputusan untuk seluruh aspek. Penggunaan bilangan *fuzzy* pada penelitian ini karena pada risiko teridentifikasi yang mungkin terjadi pada proyek, risiko dapat terjadi secara parsial atau keseluruhan, maka diperlukan estimasi dengan nilai-nilai *fuzzy* untuk mempertimbangkan berbagai kemungkinan pada risiko proyek.

2. Menghitung rata-rata geometrik.

Menggunakan Persamaan (2.6) perhitungan rata-rata geometrik dilakukan pada setiap perbandingan risiko untuk seluruh aspek. Contoh perhitungan rata-rata geometrik \tilde{a}_{12} oleh bagian HSE pada aspek tingkat keparahan risiko adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \tilde{a}_{12} &= ((1,1,3) \otimes (\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1) \otimes (1,1,3))^{1/3} \\
 &= \left(\left(1 \times \frac{1}{5} \times 1\right)^{1/3}, \left(1 \times \frac{1}{3} \times 1\right)^{1/3}, (3 \times 1 \times 3)^{1/3} \right) \\
 &= (0,585; 0,693; 2,080)
 \end{aligned}$$

Dari seluruh perhitungan yang dilakukan pada keseluruhan matriks perbandingan berpasangan untuk seluruh aspek, maka diperoleh hasil matriks rata-rata geometrik bilangan *fuzzy* yang dapat dilihat pada Tabel 4.25, Tabel 4.26, Tabel 4.27, dan Tabel 4.28.

Tabel 4.25 Matriks rata-rata geometrik aspek tingkat keparahan risiko

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
R1	1	(0,585;0,693;2,080)	(1,000;3,000;5,000)	(0,160;0,237;0,481)	(0,143;0,200;0,333)	(1,000;1,000;3,000)	(3,557;5,594;7,612)	(1,000;1,000;3,000)
R2	(1,000;1,442;3,557)	1	(1,000;3,000;5,000)	(0,160;0,237;0,481)	(0,143;0,200;0,333)	(1,000;1,000;3,000)	(4,217;6;257;8,277)	(1,000;2,080;4,217)
R3	(0,200;0,333;1,000)	(0,200;0,333;1,000)	1	(0,179;0,281;0,693)	(0,143;0,200;0,333)	(0,200;0,333;1,000)	(2,080;3,557;6,257)	(0,200;0,333;1,000)
R4	(2,080;3,557;6,257)	(2,080;3,557;6,257)	(1,442;3,557;5,594)	1	(1,000;1,000;3,000)	(1,442;3,557;5,594)	(5,594;7,612;9,000)	(1,000;3,000;5,000)
R5	(3,000;5,000;7,000)	(3,000;5,000;7,000)	(3,000;5,000;7,000)	(1,000;1,000;3,000)	1	(1,000;3,000;5,000)	(6,257;8,277;9,000)	(2,080;4,217;6,257)
R6	(1,000;1,000;3,000)	(1,000;1,000;3,000)	(1,000;3,000;5,000)	(0,179;0,281;0,693)	(0,200;0,333;1,000)	1	(2,080;3,557;6,257)	(1,000;1,000;3,000)
R7	(0,131;0,179;0,281)	(0,121;0,160;0,237)	(0,160;0,237;0,481)	(0,111;0,131;0,179)	(0,111;0,121;0,160)	(0,160;0,237;0,481)	1	(0,160;0,237;0,481)
R8	(1,000;1,000;3,000)	(1,000;1,000;3,000)	(1,000;3,000;5,000)	(0,200;0,333;1,000)	(0,160;0,237;0,481)	(1,000;1,000;3,000)	(2,080;4,217;6,257)	1

Tabel 4.26 Matriks rata-rata geometrik aspek biaya respon penalti

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
R1	1	(0,306;0,585;1,186)	(0,273;0,493;0,822)	(0,493;0,822;1,193)	(1,000;1,000;3,000)	(0,441;0,693;1,326)	(1,442;2,466;4,718)	(1,913;3,000;5,130)
R2	(0,843;1,710;3,271)	1	(0,231;0,273;0,493)	(1,000;3,000;5,000)	(1,442;2,466;4,718)	(1,000;2,080;4,217)	(3,557;5,594;7,612)	(1,710;3,979;6,082)
R3	(1,216;2,027;3,659)	(2,924;3,659;6,240)	1	(3,000;5,000;7,000)	(5,000;7,000;9,000)	(2,080;4,217;6,257)	(3,659;6,240;7,399)	(5,594;7,612;9,000)
R4	(0,523;1,216;2,027)	(0,200;0,333;1,000)	(0,143;0,200;0,333)	1	(1,000;2,080;4,217)	(1,000;1,442;3,557)	(1,442;2,466;4,718)	(1,442;2,466;4,718)
R5	(1,000; 1,000;3,000)	(0,306;0,406;1,000)	(0,111;0,143;0,200)	(0,342;0,481;1,442)	1	(0,493;0,822;1,710)	(1,442;1,710;3,979)	(1,000;1,442;3,557)
R6	(0,754;1,442;2,268)	(1,000;1,000;3,000)	(0,342;0,481;1,442)	(0,585;0,693;2,080)	(0,523;1,216;2,027)	1	(1,000;2,080;4,217)	(1,442;2,466;4,718)
R7	(0,306;0,406;1,000)	(0,131;0,179;0,281)	(0,135;0,160;0,273)	(0,306;0,406;1,000)	(0,523;0,585;1,442)	(0,342;0,481;1,442)	1	(1,000;1,442;3,557)
R8	(0,281;0,333;0,754)	(0,164;0,251;0,585)	(0,111;0,131;0,179)	(0,306;0,406;1,000)	(0,585;0,693;2,080)	(0,306;0,406;1,000)	(0,585;0,693;2,080)	1

Tabel 4.27 Matriks rata-rata geometrik aspek dampak lingkungan

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
R1	1	(1,000;2,080;4,217)	(0,585;0,693;2,080)	(1,000;3,000;5,000)	(1,710;3,979;6,082)	(1,442;3,557;5,594)	(2,080;4,217;6,257)	(1,442;2,466;4,718)
R2	(0,342;0,481;1,442)	1	(1,000;1,442;3,557)	(1,000;1,442;3,557)	(2,080;4,217;6,257)	(1,442;3,557;5,594)	(1,442;3,557;5,594)	(2,080;4,217;6,257)
R3	(1,000;1,442;3,557)	(0,585;0,694;2,080)	1	(2,080;2,294;5,278)	(1,000;2,080;4,217)	(1,000;2,080;4,217)	(2,080;4,217;6,257)	(1,442;2,466;4,718)
R4	(0,200;0,333;1,000)	(0,585;0,693;2,080)	(0,273;0,342;1,442)	1	(1,000;2,080;4,217)	(1,442;2,466;4,718)	(1,000;1,442;4,217)	(1,000;3,000;5,000)
R5	(0,164;0,251;0,585)	(0,160;0,237;0,481)	(0,342;0,481;1,442)	(0,342;0,481;1,442)	1	(1,000;1,000;3,000)	(0,493;0,822;1,913)	(1,000;1,000;3,000)
R6	(0,179;0,281;0,693)	(0,179;0,281;0,693)	(0,342;0,481;1,442)	(0,342;0,481;1,442)	(1,000;1,000;3,000)	1	(0,585;0,693;2,080)	(1,000;1,000;3,000)
R7	(0,160;0,237;0,481)	(0,179;0,281;0,693)	(0,160;0,237;0,481)	(0,585;0,693;2,080)	(0,523;1,216;1,406)	(1,000;1,442;3,557)	1	(1,000;1,442;3,557)
R8	(0,306;0,406;1,000)	(0,160;0,237;0,481)	(0,306;0,406;1,000)	(0,200;0,333;1,000)	(1,000;1,000;3,000)	(1,000;1,000;3,000)	(0,585;0,693;2,080)	1

Tabel 4.28 Matriks rata-rata geometrik aspek sosial pekerja

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
R1	1	(1,000;1,442;3,557)	(1,000;2,080;4,217)	(1,000;2,080;4,217)	(2,466;3,271;5,739)	(2,466;4,718;6,804)	(3,557;5,594;7,612)	(2,080;2,924;5,278)
R2	(0,585;0,693;2,080)	1	(1,000;1,000;3,000)	(1,000;2,080;4,217)	(1,442;3,557;5,594)	(0,843;1,710;3,271)	(1,442;2,080;4,718)	(1,216;2,027;3,659)
R3	(0,342;0,481;1,442)	(1,000;1,000;3,000)	1	(1,000;3,000;5,000)	(2,080;4,217;6,257)	(2,466;3,271;5,739)	(2,080;3,557;6,257)	(1,442;2,466;4,718)
R4	(0,342;0,481;1,442)	(0,342;0,481;1,442)	(0,200;0,333;1,000)	1	(1,000;1,442;3,557)	(0,585;1,442;2,924)	(1,000;2,080;4,217)	(1,000;2,080;4,217)
R5	(0,251;0,306;0,585)	(0,179;0,281;0,693)	(0,160;0,237;0,481)	(0,585;0,693;2,080)	1	(1,000;1,000;3,000)	(0,585;0,693;2,080)	(0,585;0,693;2,080)
R6	(0,147;0,212;0,406)	(0,306;0,585;1,186)	(0,251;0,306;0,585)	(0,342;0,693;1,710)	(1,000;1,000;3,000)	1	(0,306;0,585;1,186)	(1,000;1,000;3,000)
R7	(0,131;0,179;0,281)	(0,306;0,406;1,000)	(0,160;0,237;0,481)	(0,342;0,481;1,442)	(1,000;1,442;3,557)	(0,843;1,710;3,271)	1	(0,523;2,466;3,271)
R8	(0,273;0,342;1,442)	(0,273;0,493;0,822)	(0,523;0,843;1,710)	(0,342;0,481;1,442)	(1,000;1,442;3,557)	(1,000;1,000;3,000)	(0,843;1,186;2,759)	1

3. Menghitung bobot *fuzzy*.

Setelah diperoleh hasil rata-rata geometrik dari seluruh pengambil keputusan terhadap seluruh aspek, selanjutnya menghitung nilai bobot tiap kriteria. Perhitungan nilai bobot kriteria menggunakan Persamaan (2.8). Hasil dari perhitungan tersebut kemudian digunakan sebagai data perhitungan nilai bobot *fuzzy* yang didasarkan pada Persamaan (2.7). Contoh perhitungan nilai bobot tiap kriteria dan nilai bobot *fuzzy* untuk \tilde{r}_1 dan \tilde{w}_1 pada aspek tingkat keparahan risiko adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tilde{r}_1 &= ((1,000 \times 0,585 \times 1,000 \times 0,160 \times 0,143 \times 1,000 \times 3,557 \times 1,000)^{1/8}; \\ &\quad (1,000 \times 0,693 \times 3,000 \times 0,237 \times 0,200 \times 1,000 \times 5,594 \times 1,000)^{1/8}; \\ &\quad (1,000 \times 2,080 \times 5,000 \times 0,481 \times 0,333 \times 3,000 \times 7,612 \times 3,000)^{1/8}) \\ &= (0,684; 0,928; 1,808)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{w}_1 &= (0,684; 0,928; 1,808) \otimes \\ &\quad \left(\left(\frac{1}{1,808+2,039+1,047+4,618+4,817+2,218+0,347+2,119} \right); \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{1}{0,928+1,131+0,472+2,789+3,271+1,000+0,223+1,000} \right); \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{1}{0,684+0,747+0,310+1,632+2,081+0,723+0,173+0,713} \right) \right) \\ &= (0,036; 0,086; 0,256)\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai bobot tiap kriteria dan nilai bobot *fuzzy* keseluruhan untuk masing-masing aspek dapat dilihat pada Tabel 4.29, Tabel 4.30, Tabel 4.31, dan Tabel 4.32.

Tabel 4.29 Rekapitulasi bobot *fuzzy* aspek tingkat keparahan risiko

Risiko (n)	Nilai \tilde{r}_n	Nilai \tilde{w}_n
R1	(0,684; 0,928; 1,808)	(0,036; 0,086; 0,256)
R2	(0,747; 1,131; 2,039)	(0,039; 0,105; 0,289)
R3	(0,310; 0,472; 1,047)	(0,016; 0,044; 0,148)

Tabel 4.29 Rekapitulasi bobot *fuzzy* aspek tingkat keparahan risiko (Lanjutan)

Risiko (n)	Nilai \tilde{r}_n	Nilai \tilde{w}_n
R4	(1,632;2,789;4,618)	(0,086;0,258;0,654)
R5	(2,081;3,271;4,817)	(0,110;0,303;0,682)
R6	(0,723;1,000;2,218)	(0,038;0,093;0,314)
R7	(0,173;0,223;0,347)	(0,009;0,021;0,049)
R8	(0,713;1,000;2,119)	(0,038;0,093;0,300)

Tabel 4.30 Rekapitulasi bobot *fuzzy* aspek biaya respon penalti

Risiko (n)	Nilai \tilde{r}_n	Nilai \tilde{w}_n
R1	(0,688;1,025;1,804)	(0,038;0,095;0,155)
R2	(1,020;1,798;3,047)	(0,058;0,167;0,436)
R3	(2,627;3,886;5,275)	(0,149;0,361;0,754)
R4	(0,648;1,100;1,986)	(0,037;0,102;0,284)
R5	(0,549;0,929;1,463)	(0,031;0,086;0,209)
R6	(0,762;1,147;2,314)	(0,043;0,107;0,331)
R7	(0,362;0,457;0,932)	(0,021;0,043;0,133)
R8	(0,336;0,414;0,874)	(0,019;0,039;0,125)

Tabel 4.31 Rekapitulasi bobot *fuzzy* aspek dampak lingkungan

Risiko (n)	Nilai \tilde{r}_n	Nilai \tilde{w}_n
R1	(1,201;2,241;3,806)	(0,060;0,218;0,590)
R2	(1,151;1,968;3,497)	(0,058;0,191;0,542)
R3	(1,176;1,786;3,459)	(0,060;0,174;0,536)
R4	(0,681;1,073;2,441)	(0,034;0,104;0,378)

Tabel 4.31 Rekapitulasi bobot *fuzzy* aspek dampak lingkungan (Lanjutan)

Risiko (n)	Nilai \tilde{r}_n	Nilai \tilde{w}_n
R5	(0,890;1,447;2,675)	(0,045;0,141;0,414)
R6	(0,465;0,579;1,442)	(0,023;0,056;0,223)
R7	(0,440;0,639;1,249)	(0,023;0,062;0,194)
R8	(0,452;0,555;1,316)	(0,023;0,054;0,204)

Tabel 4.32 Rekapitulasi bobot *fuzzy* aspek sosial pekerja

Risiko (n)	Nilai \tilde{r}_n	Nilai \tilde{w}_n
R1	(1,609;2,435;4,213)	(0,057;0,166;0,489)
R2	(1,028;1,570;3,090)	(0,068;0,202;0,555)
R3	(1,231;1,907;3,508)	(0,149;0,361;0,754)
R4	(0,585;0,955;2,042)	(0,032;0,101;0,323)
R5	(0,441;0,536;1,231)	(0,025;0,057;0,195)
R6	(0,431;0,594;0,920)	(0,024;0,063;0,146)
R7	(0,420;0,688;1,285)	(0,023;0,073;0,204)
R8	(0,571;0,765;1,745)	(0,032;0,081;0,276)

4. Menghitung nilai BNP.

Nilai BNP dan BNP rata-rata dihitung untuk mengetahui nilai akhir pada setiap risiko untuk kemudian dapat diketahui peringkat risiko. Nilai BNP pada masing-masing risiko dan aspek dihitung berdasarkan Persamaan (2.10). Setelah diperoleh nilai BNP seluruh aspek, maka dilakukan perhitungan BNP rata-rata dengan menggunakan Persamaan (2.9). Contoh perhitungan nilai BNP_{w1} aspek tingkat keparahan risiko dan nilai BNP_{w1} seluruh aspek adalah sebagai berikut:

$$BNP_{w1} = [(0,256 - 0,036) + (0,086 - 0,036)] / 3 + 0,036$$

$$= 0,126$$

$$BNP_{\overline{w1}} = \frac{0,126 + 0,096 + 0,289 + 0,338}{4}$$

$$= 0,212$$

Perhitungan BNP_{wn} dilakukan untuk seluruh kriteria dan aspek yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.33 dan hasil perhitungan $BNP_{\overline{wn}}$ dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.33 Rekapitulasi hasil nilai BNP

BNP_{wn}	Nilai BNP			
	Tingkat Keparahan Risiko	Biaya respon penalti	Dampak Lingkungan	Sosial Pekerja
BNP_{w1}	0,126	0,096	0,289	0,338
BNP_{w2}	0,144	0,220	0,264	0,237
BNP_{w3}	0,069	0,421	0,256	0,275
BNP_{w4}	0,333	0,141	0,172	0,152
BNP_{w5}	0,365	0,109	0,200	0,092
BNP_{w6}	0,148	0,160	0,101	0,078
BNP_{w7}	0,026	0,066	0,093	0,100
BNP_{w8}	0,144	0,061	0,094	0,130

Tabel 4.34 Hasil nilai BNP rata-rata seluruh aspek

$BNP_{\overline{wn}}$	$BNP_{\overline{w1}}$	$BNP_{\overline{w2}}$	$BNP_{\overline{w3}}$	$BNP_{\overline{w4}}$	$BNP_{\overline{w5}}$	$BNP_{\overline{w6}}$	$BNP_{\overline{w7}}$	$BNP_{\overline{w8}}$
Nilai	0,212	0,216	0,255	0,200	0,192	0,122	0,071	0,107

Dari nilai BNP rata-rata dapat dilihat bahwa risiko yang memiliki peringkat risiko tertinggi berdasarkan seluruh aspek adalah risiko

kerusakan material dengan nilai 0,255 dan risiko terendah adalah risiko penanganan limbah konstruksi dengan nilai 0,071. Dapat disimpulkan bahwa peringkat risiko dari yang terpenting dapat diurutkan menjadi $R3 > R2 > R1 > R4 > R5 > R6 > R8 > R7$.

5. Menghitung estimasi performansi *fuzzy*.

Perhitungan estimasi performansi didasarkan pada pengambilan data dengan kuesioner nilai alternatif terhadap risiko yang dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil dari kuesioner kemudian dihitung menggunakan Persamaan (2.11). Hasil keseluruhan perhitungan dirangkum dan dapat dilihat pada Tabel 4.35. Contoh perhitungan estimasi performansi *fuzzy* pada alternatif pencegahan terhadap risiko kesalahan pemasangan material (RI) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{11} &= \left(\frac{5 + 10 + 5}{3}\right); \left(\frac{10 + 40 + 10}{3}\right); \left(\frac{15 + 70 + 15}{3}\right) \\ &= (6,667; 20,000; 33,333)\end{aligned}$$

Tabel 4.35 Hasil perhitungan estimasi performansi *fuzzy*

Risiko	Estimasi Peformansi <i>Fuzzy</i> Pencegahan	Estimasi Peformansi <i>Fuzzy</i> Penanganan
R1	(6,667;20,000;33,333)	(13,333;30,667;57,333)
R2	(11,667;30,667;41,667)	(18,333;40,000;63,333)
R3	(1,667;11,333;23,000)	(6,667;20,333;32,333)
R4	(8,333;22,333;38,000)	(11,667;20,333;32,333)
R5	(13,333;28,333;35,000)	(13,333;31,667;48,333)
R6	(8,333;21,667;38,333)	(18,333;35,000;56,667)
R7	(5,667;18,333;32,667)	(22,000;40,667;52,667)
R8	(25,000;50,000;63,333)	(23,333;45,000;61,667)

6. Menentukan peringkat alternatif

Nilai akhir alternatif terhadap risiko (R) dihitung dengan mempertimbangkan bobot masing-masing aspek dan juga nilai estimasi performansi *fuzzy* pada tiap alternatif yang menggunakan Persamaan (2.12). Setelah nilai R ditentukan untuk seluruh aspek, kemudian melakukan perhitungan nilai BNP dengan Persamaan (2.10). Hasil perhitungan akhir untuk menentukan peringkat alternatif, dapat dilihat pada Tabel 4.36. Contoh perhitungan nilai R dan nilai BNP alternatif pencegahan terhadap risiko kesalahan pemasangan material adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{R}_i &= ((6,667 \times 0,036 + 6,667 \times 0,060 + 6,667 \times 0,089 + 6,667 \times 0,038); \\ &(20,000 \times 0,086 + 20,000 \times 0,218 + 20,000 \times 0,258 + 20,000 \times 0,095); \\ &(33,333 \times 0,256 + 33,333 \times 0,590 + 33,333 \times 0,667 + 33,333 \times 1,555)) \\ \tilde{R}_i &= (1,487;13,140;55,599) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BNP_{\tilde{R}_1} &= [(55,599 - 1,487) + (13,140 - 1,487)] / 3 + 1,487 \\ &= 23,409 \end{aligned}$$

Tabel 4.36 Hasil akhir penentuan pemilihan alternatif

Alternatif	\tilde{R}_i	Nilai \tilde{R}_i	Nilai BNP
Pencegahan	\tilde{R}_1	(1,487;13,140;55,599)	23,409
	\tilde{R}_2	(2,473;19,290;73,167)	31,643
	\tilde{R}_3	(0,488;8,851;45,839)	18,393
	\tilde{R}_4	(1,575;12,618;62,282)	25,492
	\tilde{R}_5	(2,813;16,632;52,500)	23,982
	\tilde{R}_6	(1,067;6,912;38,870)	15,616

Tabel 4.36 Hasil akhir penentuan pemilihan alternatif (Lanjutan)

Alternatif	\tilde{R}_i	Nilai \tilde{R}_i	Nilai BNP
Pencegahan	\tilde{R}_7	(0,431;3,648;18,947)	7,675
	\tilde{R}_8	(2,800;13,350;57,316)	24,489
	\tilde{R}_1	(2,973;20,148;95,631)	39,584
	\tilde{R}_2	(3,887;25,160;111,213)	46,753
Penanganan	\tilde{R}_3	(1,953;15,880;64,440)	27,424
	\tilde{R}_4	(2,205;11,488;52,994)	22,229
	\tilde{R}_5	(2,813;18,589;72,500)	31,300
	\tilde{R}_6	(2,347;11,165;57,460)	23,657
	\tilde{R}_7	(1,672;8,093;30,547)	13,437
	\tilde{R}_8	(2,613;12,150;55,809)	23,479

Berdasarkan Tabel 4.36, dapat dilihat hasil akhir nilai BNP pada masing-masing alternatif terhadap seluruh risiko. Dari hasil akhir tersebut, dapat dibandingkan untuk alternatif terbaik yang akan dipilih berdasarkan aspek tingkat keparahan risiko, biaya respon penalti, dampak lingkungan, dan sosial pekerja adalah:

- Pada risiko kesalahan pemasangan material, dilakukan pengendalian berupa penanganan risiko dengan nilai BNP 39,584.
- Pada risiko modifikasi material, dilakukan pengendalian berupa penanganan risiko dengan nilai BNP 46,753.
- Pada risiko kerusakan material, dilakukan pengendalian berupa penanganan risiko dengan nilai BNP 27,424.
- Pada risiko kualitas konstruksi, dilakukan pengendalian berupa pencegahan risiko dengan nilai BNP 25,492.
- Pada risiko biaya perawatan melonjak, dilakukan pengendalian berupa penanganan risiko dengan nilai BNP 31,300.

- f. Pada risiko pengelolaan sumber daya manusia, dilakukan pengendalian berupa penanganan risiko dengan nilai BNP 23,657.
- g. Pada risiko penanganan limbah konstruksi, dilakukan pengendalian berupa penanganan risiko dengan nilai BNP 13,437.
- h. Pada risiko estimasi waktu pemeliharaan, dilakukan pengendalian berupa pencegahan risiko dengan nilai BNP 24,489.

4.3 Analisis Hasil

Berdasarkan hasil pengolahan data pada bagian sebelumnya, terdapat delapan usulan pengendalian risiko pada masa pemeliharaan proyek. Delapan usulan tersebut memberikan alternatif pada masing-masing risiko yang mempertimbangkan aspek tingkat keparahan risiko, biaya respon penalti, dampak lingkungan, dan sosial pekerja. Total biaya respon penalti yang akan dikeluarkan perusahaan pada usulan keputusan penelitian ini jika seluruh risiko terjadi pada masa pemeliharaan proyek adalah sebesar 40,77% dari margin dana perusahaan. Jika usulan penelitian dibandingkan dengan total biaya alternatif lainnya, maka usulan tersebut mengeluarkan biaya lebih kecil karena pada alternatif lainnya total biaya yang dikeluarkan sebesar 98,87%. Pada Tabel 4.36, telah dijelaskan penilaian masing-masing alternatif yang tersedia terhadap masing-masing risiko yang kemudian dapat dipilih alternatif terbaik untuk pengendalian masing-masing risiko berdasarkan nilai BNP. Kondisi perusahaan sekarang belum merencanakan pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek, dimana masa pemeliharaan proyek diperlukan adanya pengendalian risiko agar meminimalkan penalti yang terjadi. Usulan penelitian untuk perusahaan dalam melaksanakan pengendalian risiko masa pemeliharaan terhadap risiko teridentifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Usulan penelitian untuk pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek

Risiko	Usulan Pengendalian	Tindakan
Kesalahan pemasangan material	Penanganan	Memeriksa dan melakukan pemasangan ulang material yang tidak sesuai dengan material yang baru.
Modifikasi material	Penanganan	Menambahkan atau memodifikasi material yang telah terpasang tetapi terdapat kekurangan.
Kerusakan material	Penanganan	Mengganti material yang rusak pada masa pemeliharaan proyek dengan material yang baru dan sesuai dengan spesifikasi.
Kualitas konstruksi	Pencegahan	Menggunakan material konstruksi yang terbaik atau melebihi spesifikasi minimal dan melakukan pemasangan material dengan sangat teliti.
Biaya perawatan melonjak	Penanganan	Mengeluarkan biaya darurat karena biaya perawatan diluar prediksi awal dan melakukan diskusi dengan pemilik proyek.
Pengelolaan sumber daya manusia	Penanganan	Melakukan pelatihan ulang, pendekatan ulang, dan komunikasi yang berkelanjutan dengan seluruh sumber daya manusia yang berkontribusi.
Penanganan limbah konstruksi	Penanganan	Melakukan pembuangan limbah pada pembuangan akhir yang telah dibangun sebelum proyek berjalan dan menggunakan kembali limbah yang masih berguna.
Estimasi waktu pemeliharaan	Pencegahan	Membuat perencanaan yang mempertimbangkan banyak aspek keterlambatan dengan memperhatikan kendala yang akan terjadi dan didiskusikan dengan seluruh komponen proyek yang terlibat.

Dalam penelitian ini, hasil perbandingan berpasangan dilakukan oleh tiga orang pengambil keputusan yaitu bagian *Healty, Saftey, and Envirenment* (HSE), *Quality Control* (QC), dan *Commercial Projet* (PPPP). Hasil tersebut harus melalui verifikasi konsistensi dengan uji konsistensi agar penilaian dikatakan konsisten. Pada Tabel 4.24 menunjukkan bahwa perbandingan kepentingan berpasangan oleh

pengambil keputusan sesuai dengan syarat ketentuan CR untuk setiap aspek. Bagian HSE untuk keempat aspek memiliki CR yaitu 0,029, 0,059, 0,083, dan 0,038. Bagian QC menghasilkan CR 0,063, 0,098, 0,097, dan 0,099 pada keempat aspek. Selanjutnya pada bagian PPPP, hasil keempat aspek terhitung CR sebesar 0,055, 0,067, 0,077, dan 0,100. Hasil tersebut menjelaskan bahwa seluruh hasil pengambilan keputusan dapat diterima dan konsisten dengan masing-masing hasil memenuhi syarat $CR \leq 0,1$.

Penentuan peringkat kepentingan risiko dilakukan berdasarkan hasil perhitungan BNP rata-rata seluruh aspek (BNP_{wn}). Perhitungan BNP_{wn} dilakukan pada masing-masing risiko teridentifikasi. Dapat dilihat dari Tabel 4.34, hasil perhitungan nilai BNP_{wn} menentukan peringkat risiko. Risiko dengan tingkat kepentingan tertinggi adalah risiko kerusakan material, dilanjutkan dengan risiko modifikasi material, risiko kesalahan pemasangan material, risiko kualitas konstruksi, risiko biaya perawatan melonjak, risiko pengelolaan sumber daya manusia, risiko estimasi waktu pemeliharaan, dan dengan tingkat kepentingan paling rendah adalah risiko penanganan limbah konstruksi. Berdasarkan peringkat tingkat kepentingan risiko, kemudian dapat dinilai oleh pengambil keputusan untuk memilih alternatif yang paling menguntungkan.

Pemilihan alternatif yang dianggap dapat meminimalkan penalti, dilakukan dengan memberikan nilai performansi masing-masing alternatif terhadap masing-masing risiko. Ditunjukkan pada Tabel 4.36, penilaian alternatif terhadap risiko memperoleh hasil yang selanjutnya digunakan untuk memilih alternatif. Nilai BNP dibandingkan antara alternatif pencegahan dan penanganan untuk seluruh risiko. Pada R1 dipilih alternatif penanganan dengan nilai BNP 39,584. Nilai BNP R2 menunjukkan terpilih alternatif penanganan dengan nilai 46,753. Selanjutnya, nilai BNP R3 adalah 27,424 dengan alternatif penanganan yang terpilih. Pada R4 terpilih alternatif pencegahan yang memiliki nilai BNP 25,492. Risiko R5 memilih alternatif penanganan dengan nilai BNP 31,300. Dilanjutkan dengan R6 yang memiliki nilai BNP 23,657 untuk alternatif penanganan. Pada R7 dipilih alternatif penanganan dengan nilai BNP 13,437. Terakhir, alternatif pencegahan terpilih pada R8 dengan nilai BNP 23,479. Hal tersebut menunjukkan bahwa alternatif terpilih didasarkan

oleh nilai BNP tertinggi yang dibandingkan terhadap seluruh alternatif tersedia. Selain itu, kondisi alternatif yang terpilih akan cocok dengan kondisi perusahaan karena menghasilkan total biaya yang lebih kecil dibandingkan alternatif lainnya. Maka dari itu, penggunaan metode FAHP cocok digunakan dalam pemilihan alternatif dengan mempertimbangkan banyak aspek dan mempertimbangkan kriteria yang mungkin akan terjadi secara parsial maupun keseluruhan.

Dalam penelitian ini, pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek dilakukan setelah masa pelaksanaan berakhir. Pada saat penelitian berlangsung, proyek sedang dalam masa pelaksanaan dan belum dilakukan perencanaan pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek. Pengambilan keputusan untuk pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek, dilakukan oleh pimpinan bagian HSE, QC, dan PPPP. Hasil usulan pengendalian risiko terhadap aspek keberlanjutan dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 Pengendalian risiko terpilih terhadap aspek keberlanjutan

Pengendalian Risiko	Biaya yang dikeluarkan	Dampak lingkungan	Sosial pekerja
Penanganan: Kesalahan pemasangan material	10,3% dari margin. Biaya lebih kecil daripada pencegahan risiko karena ketelitian tinggi saat pencegahan memerlukan biaya lebih banyak pada pegawai dan material.	Sumber daya listrik: 450,97 kVA dan 13,98 kW. Bahan bakar solar: 35 l. Oksigen: 60 kg. Limbah terbuang: kawat.	Kebisingan: 85,1 dB (sangat hiruk pikuk, batas wajar perusahaan besar). Kualitas udara: diterima. Pekerja dibekali Alat Pelindung diri (APD): pelindung telinga dan masker.
Penanganan: Modifikasi material	5,6% dari margin. Biaya lebih kecil daripada pencegahan risiko karena material awal yang lebih baik memerlukan lebih banyak biaya.	Sumber daya listrik: 450,4 kVA dan 10,98 kW. Bahan bakar solar: 35 l. Oksigen: 60 kg. Limbah terbuang: cat.	Kebisingan: 77,9 dB (kuat, baik pada perusahaan besar). Kualitas udara: diterima. Pekerja dibekali Alat Pelindung diri (APD): pelindung telinga dan masker.
Penanganan: Kerusakan material	5,2% dari margin. Biaya lebih kecil daripada pencegahan risiko karena material pada pencegahan risiko memakan biaya lebih mahal.	Sumber daya listrik: 450,97 kVA. Bahan bakar solar: 35 l. Oksigen: 60 kg. Limbah terbuang: besi karat.	Kebisingan: 81,2 dB (sangat hiruk pikuk, batas wajar perusahaan besar). Kualitas udara: diterima. Pekerja dibekali Alat Pelindung diri (APD): pelindung telinga dan masker.

Tabel 4.38 Pengendalian risiko terpilih terhadap aspek keberlanjutan (Lanjutan)

Pengendalian Risiko	Biaya yang dikeluarkan	Dampak lingkungan	Sosial pekerja
Pencegahan: Kualitas konstruksi	9,14% dari margin. Biaya lebih kecil daripada penanganan risiko karena kualitas risiko berdampak pada keseluruhan proyek dan memakan biaya lebih banyak.	-	-
Penanganan: Biaya perawatan melonjak	2,4% dari margin. Biaya lebih kecil daripada pencegahan risiko karena jika biaya dlebihihkan saat awal, akan terkendala biaya pada masa pelaksanaan proyek.	-	-
Penanganan: Pengelolaan sumber daya manusia	3,13% dari margin. Biaya lebih kecil daripada pencegahan risiko karena jika mengalokasikan dana untuk sember daya manusia sebelum mengetahui kinerja dan karakteristik serta apa kekurangannya akan membuang banyak biaya.	-	-
Penanganan: Penanganan limbah konstruksi	5% dari margin. Biaya lebih kecil daripada pencegahan risiko karena tindakan sebelum diketahui adanya limbah apa saja yang terbuang akan mengeluarkan lebih banyak biaya dalam perencanaan yang belum pasti.	Sumber daya listrik: 450 kVA. Bahan bakar solar: 75 l. Limbah terbuang: besi karat, cat, dan oli.	Kebisingan: 83 dB (sangat hiruk pikuk, batas wajar perusahaan besar). Kualitas udara: diterima. Pekerja dibekali Alat Pelindung diri (APD): pelindung telinga dan masker
Pencegahan: Estimasi waktu pemeliharaan	0% dari margin. Biaya lebih kecil daripada penanganan risiko karena merencanakan waktu masa pemeliharaan akan lebih efisien dibandingkan dengan mengeluarkan biaya untuk keterlambatan proyek.	-	-

Berdasarkan hasil penelitian di atas, perencanaan pengendalian risiko masa pemeliharaan perlu dilakukan. Perencanaan dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya lonjakan angka penalti pada masa pemeliharaan proyek. Perencanaan tersebut dilakukan pada proyek yang sedang berjalan dan juga dapat diterapkan secara berkelanjutan untuk proyek serupa yang dilaksanakan oleh perusahaan. Dengan demikian, kemungkinan terjadinya risiko yang sering dan mungkin terjadi pada masa pemeliharaan proyek konstruksi dapat dianalisis dan diatasi dengan baik. Selain itu, sistem pengendalian risiko perusahaan akan menjadi lebih efektif dan efisien karena proses pengendalian risiko tepat sasaran dan minimal penalti.

Penelitian ini telah ikut andil dalam melakukan pemberian usulan perencanaan yang belum dilakukan oleh perusahaan. Usulan tersebut mengurangi ketidakpastian pada sistem pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek konstruksi akibat tidak dilakukan perencanaan terlebih dahulu. Namun, apabila proyek mengalami kondisi tertentu yang memiliki sifat dinamis, maka penelitian ini menjadi kurang relevan. Contoh yang dapat diberikan adalah terdapat risiko lain yang terjadi diluar risiko teridentifikasi yang telah ditentukan. Kondisi tersebut akan menghasilkan biaya penalti tambahan untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Maka dari itu, penelitian hanya berfokus pada risiko yang sering terjadi pada masa pemeliharaan dan teridentifikasi oleh perusahaan. Usulan perencanaan yang telah dijelaskan sebelumnya dapat menjadi sebuah usaha dalam menekan biaya pengendalian risiko yang dikeluarkan oleh perusahaan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dilakukan pemilihan alternatif pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek untuk meminimalkan penalti. Untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi digunakan metode *Fuzzy Analytic Hierarchv Process*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alternatif yang terpilih adalah:

1. Pengendalian risiko penanganan pada risiko kesalahan pemasangan material.
2. Pengendalian risiko penanganan pada risiko modifikasi material.
3. Pengendalian risiko penanganan pada risiko kerusakan material.
4. Pengendalian risiko pencegahan pada risiko kualitas konstruksi.
5. Pengendalian risiko penanganan pada risiko biaya perawatan melonjak.
6. Pengendalian risiko penanganan pada risiko pengelolaan sumber daya manusia.
7. Pengendalian risiko penanganan pada risiko penanganan limbah konstruksi.
8. Pengendalian risiko pencegahan pada risiko estimasi waktu pemeliharaan proyek.

Hasil penelitian diharapkan dapat diterapkan di PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi mengingat perusahaan belum menerapkan perencanaan pengendalian risiko masa pemeliharaan proyek yang dapat meminimalkan penalti dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan kepada perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menjelaskan bahwa pengendalian risiko terplih dapat meminimalkan penalti proyek. Jika perusahaan menerapkan hasil penelitian untuk masa pemeliharaan proyek, maka perusahaan perlu memperhatikan aspek ekonomi, sosiasl, dan lingkungan pada masa pemeliharaan proyek secara nyata dan mendetail. Hal yang perlu disiapkan adalah rincian kegiatan masa pemeliharaan proyek yang telah mengidentifkasi risiko secara parsial maupun keseluruhan dan kemudian perusahaan dapat mempersiapkan segala tindakan penanganan berdasarkan kebutuhan perbaikan risiko jika risiko terjadi. Pada risiko yang memerlukan tindakan pencegahan, perusahaan dapat menyiapkan dokumen berisi tindakan penecegahan untuk kemudian dapat diimplikasikan pada proyek selanjutnya yang serupa secara berkelanjutan.
2. Penelitian ini belum mempertimbangkan beberapa kriteria spesifik pada masing-masing risiko. Berkaitan dengan hal tersebut, jika dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan keputusan pengendalian risiko, maka diperlukan kriteria yang lebih detail pada rincian risiko secara parsial maupun keseluruhan yang dilakukan pada instalasi fabrikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). (2019). *KONSTRUKSI DALAM ANGKA*.
- Bissonnette, M. M. (2016). Project risk management. In *SpringerBriefs in Computer Science* (Issue 9783319050072). Project Management Institute.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-05008-9_2
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233–247. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90090-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90090-9)
- Chen, S.-J., & Hwang, C.-L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making* (H. Albach, M. Beckmann, & W. Krelle (eds.)). Springer-Verlag.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-46768-4>
- Dermawan, R. (2009). *Model Kuantitatif Pengambilan Keputusan & Perencanaan Strategis*. CV Alfabeta.
- Dionisio, C. S. (2018). *A Project Manager's Book of Tools and Techniques*. John Wiley & Sons Inc.
- Ervianto, W. I. (2012). *Selamatkan Bumi melalui Konstruksi Hijau*. ANDI.
- Ervianto, W. I. (2015). *IMPLEMENTASI GREEN CONSTRUCTION SEBAGAI UPAYA MENCAPAI PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DI INDONESIA*
Wulfram I. Ervianto I.
- Ervianto, W. I., Soemardi, B. W., Abduh, M., & Suryamanto. (2013). Identifikasi Indikator Green Construction pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di Indonesia. *Jurnal Nasional*, c, 1–11.
- Hansen, S. (2015). *Manajemen Kontrak Konstruksi*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hopkin, P. (2017). *Fundamentals of Risk Management Fourth Edition* (Fourth).
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Kahraman, C. (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Application with Recent Developments* (1st ed.). Springer US.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-76813-7>
- Lester, E. I. A. (2017). *Project Management, Planning and Control Seventh Edition* (A. Gracia (ed.)). Joe Hayton.

- Martinelli, R. J., & Milosevic, D. Z. (2016). Project management ToolBox: Tools and techniques for the Practing Project Manager. In *John Wiley & Sons, Inc.* (Vol. 2).
- Orkomy, A. S., & Sharbatdar, M. K. (2021). Identifying Effective Sustainable Development Indicators for Airport Construction Projects: Zahedan International Airport in Iran as Case Study. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, *45*(1), 241–252.
<https://doi.org/10.1007/s40996-020-00478-7>
- Rabianski, J. S. (2003). Primary and secondary data: Concepts, concerns, errors, and issues. *The Appraisal Journal*, *71*(1), 43–55.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process* (McGraw-Hill (ed.)).
- Saaty, T. L. (1990). The analytic hierarchy process in conflict management. *International Journal of Conflict Management*, *1*(1), 47–68.
<https://doi.org/10.1108/eb022672>
- Sanmi, O., & Ayodeji, O. (2019). Criteria for measuring Sustainable Construction Project Performance in Nigeria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *331*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/331/1/012020>
- Sears, S. K., Sears, G. A., Clough, R. H., Rounds, J. L., & Segner, R. O. J. (2015). *Construction Project Management*.
- Suprpto, H., & Wulandari, S. (2009). Studi Model Pengelolaan Limbah Konstruksi Dalam Pelaksanaan Pembangunan Proyek Konstruksi. *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur, Sipil)*, *3*, 20–21.
- Tsaur, S. H., Tzeng, G. H., & Wang, K. C. (1997). Evaluating tourist risks from fuzzy perspectives. *Annals of Tourism Research*, *24*(4), 796–812.
[https://doi.org/10.1016/s0160-7383\(97\)00059-5](https://doi.org/10.1016/s0160-7383(97)00059-5)
- Tzeng, G.-H., & Huang, J.-J. (2011). Multiple Attribute Decision Making. In *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* (Vol. 53, Issue 9). Taylor & Francis Group.
- Wang, J., Wei, G. wu, Wei, C., & Wu, J. (2020). Maximizing deviation method for multiple attribute decision making under q-rung orthopair fuzzy

environment. *Defence Technology*, 16(5), 1073–1087.

<https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.11.007>

Wang, W. (2021). The concept of sustainable construction project management in international practice. *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01333-z>

Wignjosoebroto, S. (1995). *ERGONOMI, STUDI GERAK DAN WAKTU Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja* (I. K. Gunarta (ed.)). Prima Printing.

Woledge, G. (1942). History of the British Thermal Unit. *Nature*, 149(3787), 613.

Wysocki, R. K. (2019). Effective project management. In *John Wiley & Sons, Inc.* (Issue 7). [https://doi.org/10.1016/s0963-8687\(96\)80034-5](https://doi.org/10.1016/s0963-8687(96)80034-5)

Yaniarso, S. (2018). *Manajemen Lingkungan pada Proyek Konstruksi*.

Zhou, M., Chen, Y. W., Liu, X. B., Cheng, B. Y., & Yang, J. B. (2020). Weight assignment method for multiple attribute decision making with dissimilarity and conflict of belief distributions. *Computers and Industrial Engineering*, 147, 106648. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106648>

Zimmermann, H.-J. (2001). *Fuzzy Set Theory and It's Application* (4th ed.).

Springer Science + Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0646-0>

LAMPIRAN

Kuesioner Penilaian Risiko

Yth. PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi

Perkenalkan saya Salsabila Shafia Dyaninta mahasiswa Jurusan Teknik Industri UPN "Veteran" Yogyakarta yang saat ini sedang melakukan penelitian tugas akhir dengan judul "Penentuan Alternatif Pengendalian Risiko Proyek untuk Meminimalkan Penalti Menggunakan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*" pada Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant*. Kuesioner ini adalah alat pengambilan data dalam penyusunan tugas akhir saya, informasi yang sedianya Bapak/Ibu/Saudara berikan sangat membantu kelancaran proses penelitian ini. Informasi dan data yang akan Bapak/Ibu/Saudara berikan hanya untuk keperluan penelitian dan dijamin kerahasiaannya. Atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner ini, saya ucapkan terima kasih.

Petunjuk pengisian kuesioner:

1. Mohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan jawaban dengan tanda *checklist* (√) pada kolom yang tersedia dan dianggap paling sesuai. Dengan keterangan yang telah tersedia pada setiap poin penilaian.
2. Setiap pernyataan hanya membutuhkan satu jawaban saja.
3. Mohon memberikan jawaban yang sebenarnya sesuaikan dengan pernyataan yang ada karena tidak memengaruhi pekerjaan.
4. Setelah mengisi kuesioner mohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk dapat menyerahkan hasil jawaban kepada pemberi kuesioner.
5. Terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu/Saudara.

Identitas Responden

Nama : **DEMY PRASETYA AMIR**
 Jabatan : **HSE**
 Tanggal : **07-06-2021**

1. Penilaian risiko terhadap frekuensi kejadian (probabilitas).

Pada penilaian ini, masing-masing risiko diberikan nilai dalam skala yang telah dijelaskan pada tabel keterangan. Risiko dinilai berdasarkan frekuensi kejadian (probabilitas).

Keterangan:

Skala	5 Sangat mungkin terjadi	4 Mungkin terjadi	3 Rata-rata terjadi atau tidak	2 Rendah terjadi	1 Sangat belum mungkin terjadi
Deskripsi probabilitas	81-100% kemungkinan terjadi	61-80% kemungkinan terjadi	41-60% kemungkinan terjadi	21-40% kemungkinan terjadi	1-20% kemungkinan terjadi

Sumber: *Martinelli & Milosevic, 2016*

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.			✓		
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.			✓		
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.		✓			
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.		✓			
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal.				✓	
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.			✓		
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.		✓			
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.		✓			

2. Penilaian risiko terhadap dampak kejadian

Pada penilaian ini, masing-masing risiko diberikan nilai dalam skala yang telah dijelaskan pada tabel keterangan. Risiko dinilai berdasarkan dampak kejadian.

Keterangan:

Skala	1 Sangat rendah	2 Rendah	3 Rata-rata	4 Tinggi	5 Sangat tinggi
Deskripsi dampak risiko	Sedikit jadwal tertunda	Keseluruhan proyek tertunda <5%	Keseluruhan proyek tertunda 5-14%	Keseluruhan proyek tertunda 15-25%	Keseluruhan proyek tertunda >25%

Sumber: Martinelli & Milosevic, 2016

No. Risiko	Risiko	Dampak Risiko	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.			✓		
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.			✓		
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.		✓			
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.			✓		
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal		✓			
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.			✓		
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	✓				
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.		✓			

Identitas Responden

Nama : M. EDO SAPUTRA HARUNA
 Jabatan : QUALITY CONTROL
 Tanggal : 7 JULI 2024

1. Penilaian risiko terhadap frekuensi kejadian (probabilitas).

Pada penilaian ini, masing-masing risiko diberikan nilai dalam skala yang telah dijelaskan pada tabel keterangan. Risiko dinilai berdasarkan frekuensi kejadian (probabilitas).

Keterangan:

Skala	5 Sangat mungkin terjadi	4 Mungkin terjadi	3 Rata-rata terjadi atau tidak	2 Rendah terjadi	1 Sangat belum mungkin terjadi
Deskripsi probabilitas	81-100% kemungkinan terjadi	61-80% kemungkinan terjadi	41-60% kemungkinan terjadi	21-40% kemungkinan terjadi	1-20% kemungkinan terjadi

Sumber: Martinelli & Milosevic, 2016

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.		✓			
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.			✓		
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	✓				
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.					✓
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal.		✓			
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	✓				
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	✓				
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	✓				

2. Penilaian risiko terhadap dampak kejadian

Pada penilaian ini, masing-masing risiko diberikan nilai dalam skala yang telah dijelaskan pada tabel keterangan. Risiko dinilai berdasarkan dampak kejadian.

Keterangan:

Skala	1 Sangat rendah	2 Rendah	3 Rata-rata	4 Tinggi	5 Sangat tinggi
Deskripsi dampak risiko	Sedikit jadwal tertunda	Keseluruhan proyek tertunda <5%	Keseluruhan proyek tertunda 5-14%	Keseluruhan proyek tertunda 15-25%	Keseluruhan proyek tertunda >25%

Sumber: Martinelli & Milosevic, 2016

No. Risiko	Risiko	Dampak Risiko	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.		✓			
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.		✓			
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.			✓		
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.				✓	
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal			✓		
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.		✓			
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.		✓			
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.				✓	

Identitas Responden

Nama : HOTTO FORMANDHA HUTAPEA.
 Jabatan : Staff PPPP/ komerial project
 Tanggal : 7 Juni 2021

1. Penilaian risiko terhadap frekuensi kejadian (probabilitas).
 Pada penilaian ini, masing-masing risiko diberikan nilai dalam skala yang telah dijelaskan pada tabel keterangan. Risiko dinilai berdasarkan frekuensi kejadian (probabilitas).

Keterangan:

Skala	5 Sangat mungkin terjadi	4 Mungkin terjadi	3 Rata-rata terjadi atau tidak	2 Rendah terjadi	1 Sangat belum mungkin terjadi
Deskripsi probabilitas	81-100% kemungkinan terjadi	61-80% kemungkinan terjadi	41-60% kemungkinan terjadi	21-40% kemungkinan terjadi	1-20% kemungkinan terjadi

Sumber: Martinelli & Milosevic, 2016

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.		✓			
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.			✓		
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	✓				
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	✓				
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal.					✓
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.			✓		
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.		✓			
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.		✓			

2. Penilaian risiko terhadap dampak kejadian

Pada penilaian ini, masing-masing risiko diberikan nilai dalam skala yang telah dijelaskan pada tabel keterangan. Risiko dinilai berdasarkan dampak kejadian.

Keterangan:

Skala	1 Sangat rendah	2 Rendah	3 Rata-rata	4 Tinggi	5 Sangat tinggi
Deskripsi dampak risiko	Sedikit jadwal tertunda	Keseluruhan proyek tertunda <5%	Keseluruhan proyek tertunda 5-14%	Keseluruhan proyek tertunda 15-25%	Keseluruhan proyek tertunda >25%

Sumber: Martinelli & Milosevic, 2016

No. Risiko	Risiko	Dampak Risiko	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.		✓			
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.		✓			
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.				✓	
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.		✓			
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal				✓	•
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.				✓	
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	✓				
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.				✓	

Kuesioner Perbandingan Kepentingan Risiko

Yth. PT Wijaya Karya Industri & Konstruksi

Perkenalkan saya Salsabila Shafia Dyaninta mahasiswa Jurusan Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta yang saat ini sedang melakukan penelitian tugas akhir dengan judul “Penentuan Alternatif Pengendalian Risiko Proyek untuk Meminimalkan Penalti Menggunakan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*” pada Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant*. Kuesioner ini adalah alat pengambilan data dalam penyusunan tugas akhir saya, informasi yang sedianya Bapak/Ibu/Saudara berikan sangat membantu kelancaran proses penelitian ini. Informasi dan data yang akan Bapak/Ibu/Saudara berikan hanya untuk keperluan penelitian dan dijamin kerahasiaannya. Atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner ini, saya ucapkan terima kasih.

Petunjuk pengisian kuesioner:

1. Mohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan jawaban dengan mengisi matriks sesuai deskripsi skala pada kolom yang tersedia dan dianggap paling sesuai. Dengan keterangan yang telah tersedia pada setiap poin penilaian.
2. Mohon memberikan jawaban yang sebenarnya sesuaikan dengan pernyataan yang ada karena tidak memengaruhi pekerjaan.
3. Setelah mengisi kuesioner mohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk dapat menyerahkan hasil jawaban kepada pemberi kuesioner.
4. Terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu/Saudara.

Identitas Responden

Nama : DENY PRASETYA AMIR
 Jabatan : HSE
 Tanggal : 07-06-2021

1. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan tingkat keparahan.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan tingkat keparahan risiko yang mungkin terjadi. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Keterangan:

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Indeks Risiko	Tingkat Keparahannya
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	7	Rendah
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	7,667	Rendah
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	6	Rendah
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	8,667	Medium
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	9	Medium
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	7,667	Rendah
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	4,333	Rendah
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	7,667	Rendah

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	SI	MI	LII	LII	SI	II	SI
2		I	MI	LMI	LII	MI	II	SI
3			I	LII	LII	LMI	MI	LMI
4				I	SI	MI	DI	MI
5					I	MI	DI	MI
6						I	II	SI
7							I	LII
8								I

*) baris terhadap kolom

2. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan biaya penalti.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan biaya respon penalti yang dihasilkan pada masing-masing alternatif setiap risiko. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Keterangan:

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Biaya Respon Penalti (% dari margin)	
			Pencegahan	Penanganan
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	13,7%	10,3%
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	11,8%	5,6%
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	15,17%	5,2%
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	9,14%	18,14%
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	7,3%	2,4%
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	7,15%	3,13%
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	15%	5%
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	0%	10,61%

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	LMI	LII	LMI	SI	LII	SI	MI
2		I	LDI	MI	II	MI	II	DI
3			I	II	DI	II	EI	EI
4				I	MI	SI	MI	II
5					I	LMI	SI	SI
6						I	MI	II
7							I	SI
8								I

*) baris terhadap kolom

Aspek Lingkungan dan Sosial

Keterangan:

Alternatif	Risiko	Aspek Lingkungan dan Sosial					Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Energi		Bahan Bakar	Kualitas Udara	Emisi (BTU)		
		Listrik						
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	1. Kunci impact listrik (3000 watt) 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 10236 = 1478161	77	-		
	Modifikasi material	1. Shear range (23940 watt) 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 81683,28 = 1549608,28	78	-		
	Kerusakan material	1. Shear range (23940 watt) 2. Kunci impact (6000 watt) 3. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 20472 + 81683,28 = 1570080,28	80,3	-		
	Kualitas konstruksi	-	-	-	-	-		
	Biaya perawatan melonjak	-	-	-	-	-		
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-	-	-		
	Penanganan limbah konstruksi	-	-	-	-	-		
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-	-	-		

Aspek Lingkungan dan Sosial						
Alternatif	Risiko	Energi		Kualitas Udara	Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Listrik	Bahan Bakar			
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	1. Mesin gerinda (570 A)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 +	85,1	Kawat
		2. Las (400 A)		1637130 +		
	Modifikasi material	3. Kunci impact listrik (6000 watt)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	20472 +	77,9	Cat
		4. Shear range (7980 watt)		191925 +		
	Kerusakan material	5. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	30537,4 =	81,2	Besi karat
		1. Kunci impact listrik (3000 watt)		3156064,4		
	Kualitas konstruksi	2. Shear range (7980 watt)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1637130 +	85,1	-
		3. Las (400 A)		1276000 +		
		4. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	191925 +		
		1. Mesin gerinda (570 A)		3309,64 =		
		2. Las (400 A)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	3108364,64		
		3. Kunci impact listrik (6000 watt)		1637130 +		
		4. Shear range (7980 watt)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 +		
		5. Genset (450 kVA)		20472 +		
			1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	191925 +		
				30537,4 =		
			1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	3156064,4		
				1637130 +		

Alternatif	Risiko	Aspek Lingkungan dan Sosial				Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Energi		Kualitas Udara Emisi (BTU)	Bahan Bakar		
		Listrik					
Penanganan	Biaya perawatan melonjak	-	-	-	-	-	
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-	-	-	
	Penanganan limbah konstruksi	1. Crane 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (75 L)	2784000 + 191925 = 2975925	83	Besi karat, cat, oli	
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-	-	-	

3. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan aspek lingkungan.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan dampak lingkungan yang dihasilkan. Dampak lingkungan yang diperhatikan adalah pengeluaran energi, kualitas udara, kebisingan, dan limbah terbuang. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Skala	Deskripsi Skala
L/EI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
L/DI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
L/II	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
L/MI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	MI	SI	MI	MI	MI	II	MI
2		I	SI	SI	II	MI	MI	MI
3			I	II	MI	MI	II	SI
4				I	SI	MI	SI	MI
5					I	SI	LMI	SI
6						I	SI	SI
7							I	SI
8								I

*) baris terhadap kolom

- Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan aspek sosial. Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan dampak sosial kenyamanan pekerja yang dirasakan. Dampak sosial kenyamanan pekerja dinilai dari tingkat kebisingan lingkungan kerja dan kualitas udara. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	SI	MI	SI	II	II	II	II
2		I	SI	MI	II	II	MI	II
3			I	MI	II	II	MI	II
4				I	MI	MI	SI	MI
5					I	SI	LMI	SI
6						I	LMI	SI
7							I	MI
8								I

*) baris terhadap kolom

Identitas Responden

Nama : M. EDO SAPUTRA HARUNA
 Jabatan : QUALITY CONTROL
 Tanggal : 7 JUNI 2024

1. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan tingkat keparahan.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan tingkat keparahan risiko yang mungkin terjadi. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Keterangan:

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Indeks Risiko	Tingkat Keparahannya
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	7	Rendah
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	7,667	Rendah
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	6	Rendah
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	8,667	Medium
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	9	Medium
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	7,667	Rendah
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	4,333	Rendah
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	7,667	Rendah

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	LMI	MI	LMI	LII	SI	DI	SI
2		I	MI	LII	LI	SI	DI	SI
3			I	LMI	LII	LMI	II	LMI
4				I	SI	II	EI	MI
5					I	MI	EI	II
6						I	II	SI
7							I	LII
8								I

*) baris terhadap kolom

2. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan biaya penalti.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan biaya respon penalti yang dihasilkan pada masing-masing alternatif setiap risiko. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Keterangan:

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Biaya Respon Penalti (% dari margin)	
			Pencegahan	Penanganan
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	13,7%	10,3%
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	11,8%	5,6%
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	15,17%	5,2%
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	9,14%	18,14%
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	7,3%	2,4%
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	7,15%	3,13%
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	15%	5%
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	0%	10,61%

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	MI	MII	II	SI	II	II	EI
2		I	SI	MII	SI	MI	II	MI
3			I	II	DI	II	MI	DI
4				I	SI	SI	SI	SI
5					I	II	II	MI
6						I	SI	SI
7							I	MI
8								I

*) baris terhadap kolom

Aspek Lingkungan dan Sosial

Keterangan:

Alternatif	Risiko	Aspek Lingkungan dan Sosial					
		Energi		Bahan Bakar	Kualitas Udara Emisi (BTU)	Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Listrik					
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	1. Kunci impact listrik (3000 watt) 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 10236 = 1478161	77	-	
	Modifikasi material	1. Shear range (23940 watt) 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 81683,28 = 1549608,28	78	-	
	Kerusakan material	1. Shear range (23940 watt) 2. Kunci impact (6000 watt) 3. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 20472 + 81683,28 = 1570080,28	80,3	-	
	Kualitas konstruksi	-	-	-	-	-	
	Biaya perawatan melonjak	-	-	-	-	-	
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-	-	-	
	Penanganan limbah konstruksi	-	-	-	-	-	
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-	-	-	

Aspek Lingkungan dan Sosial						
Alternatif	Risiko	Energi		Kualitas Udara	Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Listrik	Bahan Bakar			
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	1. Mesin gerinda (570 A)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 +	85,1	Kawat
		2. Las (400 A)		1637130 +		
	Modifikasi material	3. Kunci impact listrik (6000 watt)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	20472 +	77,9	Cat
		4. Shear range (7980 watt)		191925 +		
	5. Genset (450 kVA)	30537,4 =	3156064,4			
		1637130 +		1637130 +		
		1276000 +		1276000 +		
		27227,76 +		27227,76 +		
		10236 +		10236 +		
		191925 =		191925 =		
		3142518,76		3142518,76		
		1637130 +		1637130 +		
		1276000 +		1276000 +		
		191925 +		191925 +		
		3309,64 =		3309,64 =		
		3108364,64		3108364,64		
		1637130 +		1637130 +		
		1276000 +		1276000 +		
		20472 +		20472 +		
		191925 +		191925 +		
		30537,4 =		30537,4 =		
		3156064,4		3156064,4		
	Kerusakan material	1. Las (400 A)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1637130 +	81,2	Besi karat
		2. Mesin gerinda (570 A)		1276000 +		
	Kualitas konstruksi	3. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	191925 +	85,1	-
		1. Mesin gerinda (570 A)		3309,64 =		
		2. Las (400 A)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1637130 +	85,1	-
		3. Kunci impact listrik (6000 watt)		1276000 +		
		4. Shear range (7980 watt)	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	20472 +	85,1	-
		5. Genset (450 kVA)		191925 +		
				30537,4 =		
				3156064,4		

Alternatif	Risiko	Aspek Lingkungan dan Sosial				Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Energi		Kualitas Udara Emisi (BTU)	Bahan Bakar		
		Listrik					
Penanganan	Biaya perawatan melonjak	-	-	-	-	-	
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-	-	-	
	Penanganan limbah konstruksi	1. Crane 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (75 L)	2784000 + 191925 = 2975925	83	Besi karat, cat, oli	
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-	-	-	

3. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan aspek lingkungan.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan dampak lingkungan yang dihasilkan. Dampak lingkungan yang diperhatikan adalah pengeluaran energi, kualitas udara, kebisingan, dan limbah terbuang. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	SI	SI	MI	MI	MI	II	SI
2		I	SI	MI	MI	MI	II	II
3			I	II	SI	SI	II	MI
4				I	MI	SI	MI	MI
5					I	SI	II	SI
6						I	SI	SI
7							I	SI
8								I

*) baris terhadap kolom

- Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan aspek sosial. Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan dampak sosial kenyamanan pekerja yang dirasakan. Dampak sosial kenyamanan pekerja dinilai dari tingkat kebisingan lingkungan kerja dan kualitas udara. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	MI	SI	MI	SI	MI	II	SI
2		I	SI	SI	MI	LMI	SI	LMI
3			I	MI	MI	SI	II	SI
4				I	SI	LMI	MI	SI
5					I	SI	SI	LMI
6						I	MI	SI
7							I	SI
8								I

*) baris terhadap kolom

Identitas Responden

Nama : **HOTTO FORMANDHA HUTAPEA**
 Jabatan : **Staff PPPP**
 Tanggal : **7 Juni 2021**

1. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan tingkat keparahan.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan tingkat keparahan risiko yang mungkin terjadi. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Keterangan:

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Indeks Risiko	Tingkat Keparahannya
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	7	Rendah
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	7,667	Rendah
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	6	Rendah
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	8,667	Medium
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	9	Medium
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	7,667	Rendah
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	4,333	Rendah
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	7,667	Rendah

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	SI	MI	LII	LII	SI	II	SI
2		I	MI	LII	LII	SI	DI	SI
3			I	LMI	LII	LMI	II	LMI
4				I	SI	MI	DI	MI
5					I	MI	EI	II
6						I	MI	SI
7							I	LMI
8								I

*) baris terhadap kolom

2. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan biaya penalti.

Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan biaya respon penalti yang dihasilkan pada masing-masing alternatif setiap risiko. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Keterangan:

No. Risiko	Risiko	Deskripsi Risiko	Biaya Respon Penalti (% dari margin)	
			Pencegahan	Penanganan
1	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	13,7%	10,3%
2	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	11,8%	5,6%
3	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	15,17%	5,2%
4	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	9,14%	18,14%
5	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	7,3%	2,4%
6	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	7,15%	3,13%
7	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	15%	5%
8	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	0%	10,61%

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	LII	LII	LMI	SI	LMI	MI	SI
2		1	LDI	MI	MI	SI	DI	MI
3			1	II	DI	MI	EI	DI
4				1	MI	MI	II	MI
5					1	LMI	SI	SI
6						1	MI	MI
7							1	SI
8								1

*) baris terhadap kolom

Aspek Lingkungan dan Sosial

Keterangan:

Alternatif	Risiko	Aspek Lingkungan dan Sosial				
		Energi		Kualitas Udara	Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Listrik	Bahan Bakar			
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	1. Kunci impact listrik (3000 watt) 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 10236 = 1478161	77	-
	Modifikasi material	1. Shear range (23940 watt) 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 81683,28 = 1549608,28	78	-
	Kerusakan material	1. Shear range (23940 watt) 2. Kunci impact (6000 watt) 3. Genset (450 kVA)	1. Solar (35 L)	1276000 + 191925 + 20472 + 81683,28 = 1570080,28	80,3	-
	Kualitas konstruksi	-	-	-	-	-
	Biaya perawatan melonjak	-	-	-	-	-
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-	-	-
	Penanganan limbah konstruksi	-	-	-	-	-
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-	-	-

Alternatif	Risiko	Aspek Lingkungan dan Sosial				Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Energi		Bahan Bakar	Kualitas Udara		
		Listrik					
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	1. Mesin gerinda (570 A)	1276000 +	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 + 1637130 + 20472 + 191925 + 30537,4 = 3156064,4	85,1	Kawat
		2. Las (400 A)	1637130 +				
	3. Kunci impact listrik (6000 watt)	27227,76 +	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 + 27227,76 + 10236 + 191925 = 3142518,76	77,9	Cat	
	4. Shear range (7980 watt)	10236 +					
5. Genset (450 kVA)	3156064,4						
Modifikasi material	1. Kunci impact listrik (3000 watt)	1637130 +	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 + 1637130 + 1276000 + 191925 + 3309,64 = 3108364,64	81,2	Besi karat	
	2. Shear range (7980 watt)	1276000 +					
Kerusakan material	3. Las (400 A)	27227,76 +	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 + 191925 + 3309,64 = 3108364,64	81,2	Besi karat	
	4. Genset (450 kVA)	10236 +					
Kualitas konstruksi	1. Las (400 A)	191925 =	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1637130 + 1276000 + 191925 + 3309,64 = 3108364,64	85,1	-	
	2. Mesin gerinda (570 A)	3142518,76					
Kualitas konstruksi	3. Kunci impact listrik (6000 watt)	1637130 +	1. Solar (35 L) 2. Oksigen (60 kg)	1276000 + 191925 + 3309,64 = 3108364,64	85,1	-	
	4. Shear range (7980 watt)	1276000 +					
5. Genset (450 kVA)	3156064,4						

Alternatif	Risiko	Aspek Lingkungan dan Sosial				Kebisingan (dB)	Limbah Terbuang
		Energi		Kualitas Udara	Emisi (BTU)		
		Listrik	Bahan Bakar				
Penanganan	Biaya perawatan melonjak	-	-	-	-	-	
	Pengelolaan sumber daya manusia	-	-	-	-	-	
	Penanganan limbah konstruksi	1. Crane 2. Genset (450 kVA)	1. Solar (75 L)	2784000 + 191925 = 2975925	83	Besi karat, cat, oli	
	Estimasi waktu pemeliharaan	-	-	-	-	-	

3. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan aspek lingkungan.
- Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan dampak lingkungan yang dihasilkan. Dampak lingkungan yang diperhatikan adalah pengeluaran energi, kualitas udara, kebisingan, dan limbah terbuang. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai dengan deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Skala	Deskripsi Skala
L/EI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
L/DI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
L/II	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
L/MI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	MI	LMI	MI	DI	II	MI	II
2		1	MI	SI	II	II	MI	II
3			1	SI	MI	MI	MI	II
4				1	MI	MI	SI	MI
5					1	SI	LMI	SI
6						1	LMI	SI
7							1	MI
8								1

*) baris terhadap kolom

4. Perbandingan kepentingan risiko berdasarkan aspek sosial. Penilaian perbandingan kepentingan ini dilakukan berdasarkan dampak sosial kenyamanan pekerja yang dirasakan. Dampak sosial kenyamanan pekerja dinilai dari tingkat kebisingan lingkungan kerja dan kualitas udara. Penilaian dengan menggunakan perbandingan berpasangan, diisi sesuai deskripsi skala yang tersedia dan penilaian dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan tiap risiko.

Skala	Deskripsi Skala
LEI	Tidak lebih penting dari kepentingan ekstrem
LDI	Tidak lebih penting dari kepentingan yang dibuktikan
LII	Tidak lebih penting dari kepentingan intensif
LMI	Tidak lebih penting dari kepentingan sedang
SI	Kepentingan serupa
MI	Tingkat kepentingan sedang
II	Kepentingan intensif
DI	Kepentingan yang dibuktikan
EI	Kepentingan ekstrem

Risiko	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	SI	MI	MI	DI	DI	DI	II
2		I	SI	MI	MI	MI	II	II
3			I	MI	II	DI	II	MI
4				I	SI	MI	MI	MI
5					I	SI	SI	SI
6						I	LII	SI
7							I	LII
8								I

*) baris terhadap kolom

Kuesioner Nilai Alternatif Terhadap Risiko

Yth. PT Wijaya Karya Karya Industri & Konstruksi

Perkenalkan saya Salsabila Shafia Dyaninta mahasiswa Jurusan Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta yang saat ini sedang melakukan penelitian tugas akhir dengan judul “Penentuan Alternatif Pengendalian Risiko Proyek untuk Meminimalkan Penalti Menggunakan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*” pada Proyek Tambak Lorok *Combined Power Plant*. Kuesioner ini adalah alat pengambilan data dalam penyusunan tugas akhir saya, informasi yang sedianya Bapak/Ibu/Saudara berikan sangat membantu kelancaran proses penelitian ini. Informasi dan data yang akan Bapak/Ibu/Saudara berikan hanya untuk keperluan penelitian dan dijamin kerahasiaannya. Atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner ini, saya ucapkan terima kasih.

Petunjuk pengisian kuesioner:

1. Mohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan jawaban dengan mencantumkan nilai performansi pada kolom yang tersedia dan dianggap paling sesuai. Dengan keterangan:
L : nilai terendah, tidak melebihi M (0-100)
M : nilai tengah, tidak kurang dari L dan tidak lebih dari U (0-100)
U : nilai tertinggi, lebih tinggi dari M (0-100)
2. Setiap pernyataan diberikan jawaban pada seluruh kolom.
3. Mohon memberikan jawaban yang sebenarnya sesuaikan dengan pernyataan yang ada karena tidak memengaruhi pekerjaan.
4. Setelah mengisi kuesioner mohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk dapat menyerahkan hasil jawaban kepada pemberi kuesioner.
5. Terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu/Saudara.

Identitas Responden

Nama : DENEY PRASETYA AMIR
 Jabatan : HSE
 Tanggal : 07-06-2021

Penilaian performansi alternatif terhadap risiko dilakukan berdasarkan peringkat risiko dan nilai BNP rata-rata aspek biaya respon penalti, aspek lingkungan, dan aspek sosial. Penilaian ini merupakan penilaian keseluruhan alternatif. Nilai yang dicantumkan bersifat subjektif terhadap alternatif dan risiko dan merupakan nilai terendah, tengah, dan tertinggi. Ketiga kolom seluruhnya diberikan penilaian.

Alternatif	Risiko	Deskripsi Risiko	Nilai (0-100)		
			L	M	U
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	5	10	15
	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	10	12	15
	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	0	2	5
	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	10	15	30
	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	15	20	25
	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	5	10	20
	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	5	15	20
	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	40	70	75
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	20	30	80
	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	30	50	80
	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	5	10	25
	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	10	15	20
	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	20	25	40
	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	40	50	80
	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	50	70	80
	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	50	70	80

Identitas Responden

Nama : M. EDO SAPUTRA HARUNA
 Jabatan : QUALITY CONTROL
 Tanggal : 7 JUNI 2021

Penilaian performansi alternatif terhadap risiko dilakukan berdasarkan peringkat risiko dan nilai BNP rata-rata aspek biaya respon penalti, aspek lingkungan, dan aspek sosial. Penilaian ini merupakan penilaian keseluruhan alternatif. Nilai yang dicantumkan bersifat subjektif terhadap alternatif dan risiko dan merupakan nilai terendah, tengah, dan tertinggi. Ketiga kolom seluruhnya diberikan penilaian.

Alternatif	Risiko	Deskripsi Risiko	Nilai (0-100)		
			L	M	U
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	10	40	70
	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	15	50	80
	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	5	30	60
	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	15	50	80
	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	5	25	50
	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	40	35	65
	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	10	35	70
	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	15	50	75
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	10	50	75
	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	10	45	75
	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	15	50	70
	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	15	45	75
	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	10	50	75
	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	10	45	70
	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	15	50	75
	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	10	45	75

Identitas Responden

Nama : HOTO FORMANDA HUTA RA
 Jabatan : PPP / Commercial Project
 Tanggal : 7 Juni 2024.

Penilaian performansi alternatif terhadap risiko dilakukan berdasarkan peringkat risiko dan nilai BNP rata-rata aspek biaya respon penalti, aspek lingkungan, dan aspek sosial. Penilaian ini merupakan penilaian keseluruhan alternatif. Nilai yang dicantumkan bersifat subjektif terhadap alternatif dan risiko dan merupakan nilai terendah, tengah, dan tertinggi. Ketiga kolom seluruhnya diberikan penilaian.

Alternatif	Risiko	Deskripsi Risiko	Nilai (0-100)		
			L	M	U
Pencegahan	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	5	10	15
	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	10	20	30
	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	0	2	4
	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	0	2	4
	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	20	30	40
	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	10	20	30
	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	2	5	8
	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	20	30	40
Penanganan	Kesalahan pemasangan material	Material yang terpasang terjadi kesalahan atau tidak sesuai.	10	12	17
	Modifikasi material	Material terpasang perlu dilakukan modifikasi ulang.	15	25	35
	Kerusakan material	Terdapat kerusakan dari konstruksi yang dibangun.	0	1	2
	Kualitas konstruksi	Kualitas hasil konstruksi tidak sesuai standar atau keinginan pemilik proyek.	0	1	2
	Biaya perawatan melonjak	Biaya perawatan proyek tidak sesuai rencana awal	10	20	30
	Pengelolaan sumber daya manusia	Kurangnya kontrol dan koordinasi saat masa pemeliharaan proyek.	5	10	20
	Penanganan limbah konstruksi	Tindakan penanganan limbah konstruksi belum tercapai.	1	2	3
	Estimasi waktu pemeliharaan	Waktu pemeliharaan melebihi batas awal yang telah ditentukan.	10	20	30