

**ANALISIS RISIKO HUJAN TERHADAP PENYELESAIAN
PEKERJAAN STRUKTUR PADA PROYEK KONSTRUKSI**



TUGAS AKHIR

“Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Jenjang Pendidikan Strata-1”

Diajukan Oleh:

Julius Andrew

2010107011

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS PRADITA

TANGERANG

2024

**ANALISIS RISIKO HUJAN TERHADAP PENYELESAIAN
PEKERJAAN STRUKTUR PADA PROYEK KONSTRUKSI**

TUGAS AKHIR

UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN DARI SYARAT-SYARAT
GUNA MENCAPAI GELAR SARJANA TEKNIK SIPIL (S1)

Diajukan Oleh:

Julius Andrew

2010107011



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS PRADITA

TANGERANG

TAHUN 2024

HALAMAN PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Nama : Julius Andrew
NIM : 2010107011
Program Studi : Teknik Sipil
Bentuk Tugas Akhir : Skripsi
Peminatan Tugas Akhir : Manajemen Konstruksi
Judul Tugas Akhir : Analisis Risiko Hujan terhadap Penyelesaian Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi

Diterima dan Disetujui untuk Diujikan

Tangerang, 14 Mei 2024

Menyetujui,
Pembimbing



Bella Koes Paulina Cantik, S.T., M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Julius Andrew
NIM : 2010107011
Program Studi : Teknik Sipil
Bentuk Tugas Akhir : Skripsi
Peminatan Tugas Akhir : Manajemen Konstruksi
Judul Tugas Akhir : Analisis Risiko Hujan terhadap Penyelesaian
Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi

Telah diujikan pada hari Rabu, 31 Juli 2024

Dengan dinyatakan lulus

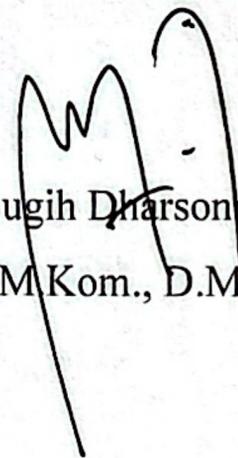
TIM PENGUJI

Pembimbing



Bella Koes Paulina Cantik, S.T.,
M.Eng

Penguji II



Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M.,
M.Th., M.Kom., D.M.S.

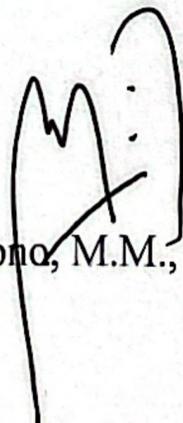
Ketua Sidang



Dr. Ir. Amelia Makmur, S.T., M.T.

Disahkan oleh:

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M., M.Th., M.Kom., D.M.S.

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir yang telah saya susun ini adalah benar karya ilmiah saya sendiri dan tidak mengandung unsur plagiat dari karya ilmiah orang lain (sebagian/seluruhnya). Semua karya ilmiah orang lain atau Lembaga lain yang dikutip dalam tugas akhir ini telah disebutkan sumber kutipannya dan dicantumkan di dalam Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan atau penyimpangan baik dalam pelaksanaan maupun penyusunan tugas akhir, maka saya bersedia untuk mendapatkan sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku dan dinyatakan TIDAK LULUS.

Tangerang, 19 Juli 2024

Yang Menyatakan



Julius Andrew

2010107011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Dengan ini saya sebagai civitas akademik Universitas Pradita yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Julius Andrew
NIM : 2010107011
Program Studi : Teknik Sipil
Bentuk Tugas Akhir : Skripsi

untuk meningkatkan pengembangan ilmu pengetahuan, memberikan skripsi/tugas akhir kepada Universitas Pradita Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) dengan judul:

**Analisis Risiko Hujan terhadap Penyelesaian Pekerjaan Struktur pada
Proyek Konstruksi**

beserta dokumen tugas akhir yang ada sesuai ketentuan yang berlaku. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) ini, maka Universitas Pradita berhak menyimpan dan mengelola dalam bentuk *database*, dan mempublikasikan tugas akhir ini dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis tugas akhir ini sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Tangerang, 19 Juli 2024

Yang Menyatakan

Julius Andrew

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas karunia-Nya yang mengantarkan penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Risiko Hujan terhadap Penyelesaian Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi". Melalui proses penyusunan tugas akhir ini, penulis berkesempatan untuk memperoleh pengalaman berharga saat proses penelitian, mengolah penelitian, dan memperdalam tingkat kemampuan dalam penulisan karya tulis ilmiah. Penulis memahami kesuksesan dalam pembuatan tugas akhir ini juga atas adanya dukungan dan bimbingan yang telah diberikan oleh orang disekitar penulis. Dengan demikian, dengan penuh rasa hormat dan penghargaan, Penulis menyampaikan terima kasih yang sangat besar kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan. yaitu:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu menanamkan rasa semangat dan motivasi kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Richardus Eko Indrajit., DBA., Dr(Pend)., Dr(Han)., M.Sc., M.B.A., M.Si., MA., M.I.T., M.Phil. selaku Rektor Universitas Pradita.
3. Bapak Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M., M.Th., M.Kom., DMS. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Pradita.
4. Bapak Dr. Van Basten, S.T., M.T. M.B.A. selaku Dosen Metodologi Penelitian, atas bimbingan dan arahnya dalam penyusunan metodologi penelitian tugas akhir ini.
5. Bella Koes Paulina Cantik, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan, arahan, dan kesabarannya dalam membimbing penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dalam segi isi maupun sistematika penulisannya. Dengan demikian, dengan penuh kerendahan hati, penulis menantikan evaluasi dan pendapat demi perbaikan penelitian di masa depan. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi acuan dan bekal ilmu bagi penulis untuk terus berkarya ilmiah di masa depan.

ABSTRAK

Julius Andrew (2010107011)

ANALISIS RISIKO HUJAN TERHADAP PENYELESAIAN PEKERJAAN STRUKTUR PADA PROYEK KONSTRUKSI

(xiv+79 halaman; 10 gambar; 11 tabel; 3 lampiran)

Perubahan iklim merupakan masalah yang berdampak negatif pada berbagai aspek kehidupan. Salah satu dampak negatif yang terjadi adalah peningkatan intensitas curah hujan dan jumlah hari hujan. Peningkatan intensitas curah hujan akan berdampak pada sektor industri konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan peringkat risiko yang ditimbulkan oleh hujan pada saat pelaksanaan pekerjaan struktur, mulai dari yang paling tinggi hingga yang paling rendah. Berdasarkan peringkat tersebut, akan disusun langkah-langkah mitigasi untuk mencegah dan mengelola risiko yang mungkin terjadi.

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan beberapa metode. Analisis Sensitivitas digunakan dalam mengidentifikasi pengaruh curah hujan terhadap keterlambatan *progress* proyek konstruksi. Lalu terdapat Metode *Delphi*, melibatkan serangkaian konsultasi bertahap kepada pakar untuk memvalidasi variabel penelitian. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi potensi risiko pada setiap variabel. Sedangkan Metode *Risk Priority Number* (RPN) bertujuan untuk mengurutkan risiko dari tingkat tertinggi hingga terendah berdasarkan hasil dari Metode FMEA.

Hasil dari penelitian ini menghasilkan langkah-langkah mitigasi dan respon terhadap risiko akibat hujan selama pelaksanaan proyek konstruksi. Analisis Sensitivitas menunjukkan bahwa *progress* proyek sensitif terhadap curah hujan harian. Melalui Metode *Delphi*, terdapat 21 variabel telah melewati proses validasi oleh para pakar. Sementara itu, Metode FMEA mengidentifikasi 18 risiko dengan tingkat *Risk Priority Number* tertinggi, antara lain penghentian operasi alat berat, perubahan kondisi lapangan, dan absensi tenaga kerja akibat sakit. Hasil dari Metode FMEA ini akan digunakan sebagai dasar untuk menyusun mitigasi dan respon untuk variabel risiko yang teridentifikasi.

Kata kunci: hujan, risiko, mitigasi

Referensi: 56 (2014-2024)

ABSTRACT

Julius Andrew (2010107011)

RISK ANALYSIS OF RAINFALL ON STRUCTURAL WORK COMPLETION IN CONSTRUCTION PROJECTS

(xiv+79 pages; 10 figures; 11 tables; 3 appendix)

Climate change is a problem that negatively impacts various aspects of life. One of the negative impacts that occurred was the increase in rainfall intensity and the number of rainy days. The increase in rainfall intensity will have an impact on the construction industry sector. This study aims to determine the risk rating caused by rain during the implementation of structural work, ranging from the highest to the lowest. Based on these ratings, mitigation measures will be prepared to prevent and manage possible risks.

This study applies a quantitative approach using several methods. Sensitivity analysis is used to identify the effect of rainfall on the delay of construction project progress. Then there is the *Delphi* Method, which involves a series of gradual consultations with experts to validate the research variables. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method is used to identify potential risks in each variable. Meanwhile, the Risk Priority Number (RPN) Method aims to rank risks from the highest to the lowest level based on the results of the FMEA Method.

The results of this study resulted in mitigation measures and responses to risks due to rain during the implementation of construction projects. Sensitivity analysis shows that project progress is sensitive to daily rainfall. Through the *Delphi* Method, there are 21 variables that have passed the validation process by experts. Meanwhile, the FMEA Method identifies 18 risks with the highest Risk Priority Number level, including the cessation of heavy equipment operations, changes in field conditions, and labor attendance due to illness. The results of this FMEA Method will be used as a basis for formulating mitigation and response for identified risk variables.

Keywords: rain, risk, mitigation

References: 56 (2014-2024)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMANJUDUL	ii
PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR.....	iii
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat	4
1.5. Ruang Lingkup	4
1.6. Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Presipitasi.....	7
2.2. Parameter Hujan	11
2.3. Manajemen Risiko	13

2.4. Analisis Sensitivitas.....	18
2.5. Metode <i>Delphi</i>	19
2.6. Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	21
2.7. Mitigasi dan Respon Risiko.....	28
2.8. Keaslian Penelitian	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1. Umum	33
3.2. Kerangka Penelitian.....	33
3.3. Model Penelitian.....	36
3.4. Metode Pengumpulan Data.....	39
3.5. Kriteria Responden	40
3.6. Gambaran Umum Proyek	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1. Hubungan Hujan Terhadap Keterlambatan Proyek	42
4.1.1. Data Hujan Satelit	42
4.1.2. Keterlambatan Proyek.....	44
4.1.3. Analisis Sensitivitas	44
4.2. Analisis Variabel dengan Metode <i>Delphi</i>	53
4.3. Analisis Hasil Kuesioner dengan Metode FMEA	56
4.4. Respon Risiko.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian Proyek Summarecon Crown Gading.....	2
Gambar 2. 1 Laporan Probabilistik Curah Hujan Di Indonesia.....	13
Gambar 2. 2 Tahapan Manajemen Risiko	15
Gambar 2. 3 Tahapan Metode <i>Delphi</i>	20
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	34
Gambar 4. 1 Data Hujan Harian di Kabupaten Bekasi	43
Gambar 4. 2 Analisis Sensitivitas antara Progress Mingguan dengan	42
Data Hujan Harian Minggu ke-11.....	45
Gambar 4. 3 Analisis Sensitivitas antara Progress Mingguan dengan	44
Data Hujan Harian Minggu ke-12	47
Gambar 4. 4 Analisis Sensitivitas antara Progress Mingguan dengan	46
Data Hujan Harian Minggu ke-16	49
Gambar 4. 5 Analisis Sensitivitas antara Progress Mingguan dengan	48
Data Hujan Harian Minggu ke-17	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keadaan Hujan dan Intensitas Hujan	12
Tabel 2. 2 Penentuan <i>Severity</i>	24
Tabel 2. 3 Penentuan <i>Occurrence</i>	25
Tabel 2. 4 Penilaian <i>Detection</i>	26
Tabel 2. 5 Kategori RPN	27
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu.....	31
Tabel 3. 1 Variabel Risiko yang Berpotensi Terjadi.....	36
Tabel 4. 1 Kuesioner Validasi Pakar.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Pengolahan Metode <i>Delphi</i>	55
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan RPN	58
Tabel 4. 4 Kategori Penilaian Risiko.....	61
Tabel 4. 5 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Kuesioner Validasi Pakar.....	L-1
Lampiran 2 Formulir Kuesioner Metode FMEA	L-2
Lampiran 3 <i>Master Schedule</i> Cluster Summarecon Crown Gading	L-3

BAB I

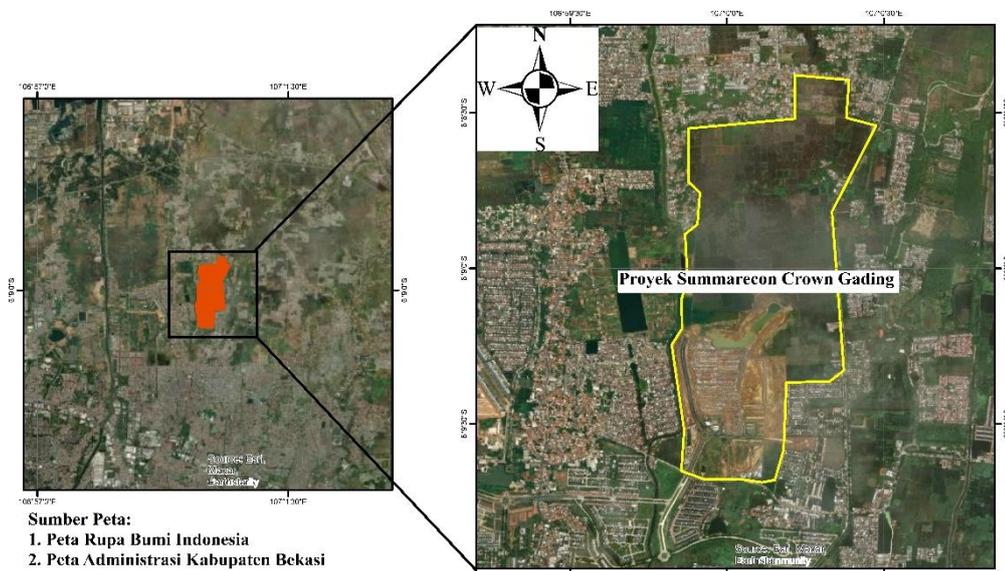
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Climate change atau perubahan iklim merupakan salah satu permasalahan mayor yang berdampak luas dan harus dihadapi secara global (Malihah, 2022). Eksistensinya memberikan dampak negatif ke beberapa aspek kehidupan manusia, mulai dari ekonomi, sosial, dan lingkungan. Indonesia menjadi salah satu negara yang rentan terhadap dampak negatif yang terjadi akibat dari perubahan iklim, dimana isu ini membutuhkan strategi dan pendanaan nasional (Legionosuko dkk., 2019). Salah satu dampak negatif yang dirasakan sebagai akibat dari adanya perubahan iklim adalah peningkatan kedalaman curah hujan dan jumlah hari hujan (Suhadi dkk., 2023; Yasa dkk., 2024).

Adanya peningkatan intensitas curah hujan tersebut memberikan dampak terhadap beberapa sektor, terutama sektor industri konstruksi, dimana curah hujan yang meningkat dan tidak menentu dapat berpengaruh signifikan terhadap keterlambatan proyek, produktivitas tenaga kerja, potensi bahaya keselamatan, dan kualitas proyek konstruksi (Aminullah, 2020; Dwinanda et al., 2023). Permasalahan keterlambatan proyek mengakibatkan *domino effect* pada pekerjaan konstruksi, dimana adanya *progress* pekerjaan yang terlambat akan berdampak pada produktivitas tenaga kerja, jadwal dan biaya proyek secara keseluruhan (Monica dkk., 2014).

Pekerjaan struktur merupakan salah satu pekerjaan yang rentan terhadap keterlambatan akibat intensitas hujan dan jumlah hari hujan yang semakin meningkat (Christarindra dan Nurcahyo, 2021). Oleh karena itu, dibutuhkan analisis dan mitigasi risiko cuaca terhadap keterlambatan proyek yang sedang berlangsung, terutama pada pekerjaan struktur. Salah satu proyek yang mengalami permasalahan keterlambatan proyek sebagai dampak dari curah hujan tinggi adalah Proyek Cluster Summarecon Crown Gading yang berlokasi di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat yang dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian Proyek Summarecon Crown Gading

Proyek Summarecon Crown Gading (SCG) merupakan proyek strategis seluas 437 hektar dan direncanakan sebagai Pusat Kota Terpadu yang dinamis dan berfokus pada keberlanjutan lingkungan. Sehingga, penyelesaian proyek ini diharapkan dapat tepat waktu sesuai dengan perencanaan. Namun, permasalahan yang terjadi adalah risiko hujan yang tidak menentu berdampak pada pekerjaan struktur pada Proyek SCG. Risiko hujan ini bertambah dikarenakan Proyek SCG berlokasi di

Bekasi yang merupakan daerah dengan potensi banjir yang tinggi akibat hujan deras (Prabawadhani et al., 2016; Yudistira dan Christian, 2021).

Pada tanggal 7 Maret 2024 dan 8 Maret 2024, terjadi permasalahan pada Proyek SCG dimana pekerjaan struktur harus terhenti selama dua hari dikarenakan hujan deras sepanjang hari. Kejadian hujan deras ini didukung dengan adanya pencatatan data hujan satelit GPM-IMERG bahwa intensitas hujan tertinggi terjadi pada tanggal 7 Maret 2024 dengan intensitas sebesar 120,23 mm. Hal ini berdampak pada efektivitas dan efisiensi penggunaan alat berat yang sudah tersewa.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui lebih jauh pengaruh hujan deras terhadap keterlambatan proyek dan menganalisis risiko pekerjaan struktur yang terjadi akibat hujan deras pada Proyek SCG. Analisis risiko tersebut kemudian dapat menjadi landasan dalam perencanaan mitigasi risiko hujan terhadap pekerjaan struktur pada Proyek SCG.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dipaparkan, maka didapatkan rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Apa saja risiko yang terjadi akibat hujan pada proses pelaksanaan pekerjaan Cluster Summarecon Crown Gading?
- b. Bagaimana tingkat risiko yang terjadi akibat hujan pada proses pelaksanaan pada pekerjaan Cluster Summarecon Crown Gading yang termasuk dalam kategori tinggi?

- c. Bagaimana mitigasi risiko yang sesuai untuk mengatasi risiko kategori tinggi yang terjadi pada proses pelaksanaan pekerjaan Cluster Summarecon Crown Gading?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi risiko yang terjadi akibat hujan pada proses pelaksanaan pekerjaan Cluster Summarecon Crown Gading.
- b. Menentukan tingkat risiko kategori tinggi yang terjadi akibat hujan pada proses pelaksanaan pekerjaan Cluster Summarecon Crown Gading.
- c. Menentukan mitigasi yang sesuai untuk mengatasi risiko kategori tinggi pada proses pelaksanaan pekerjaan Cluster Summarecon Crown Gading.

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pelaksana jasa konstruksi untuk melakukan pengelolaan risiko musim penghujan, sehingga sasaran biaya, mutu, dan waktu yang tercantum dalam kontrak kerja dapat tercapai dengan baik. Konsultan dapat merencanakan proyek pembangunan dengan mempertimbangkan pola musim penghujan untuk memperkirakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut tanpa terhambat oleh hujan.

1.5. Ruang Lingkup

Berikut adalah ruang lingkup penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode penelitian kuantitatif:

- a. Penelitian ini akan difokuskan pada Proyek Cluster Jasmia Summarecon Crown Gading yang saat ini masih dalam tahap pelaksanaan struktural.

- b. Penelitian ini akan dilaksanakan selama musim penghujan, dimulai dari awal bulan Januari dan berakhir pada akhir bulan Mei.
- c. Penelitian ini akan mengidentifikasi dan menganalisis berbagai risiko teknis yang terkait dengan pelaksanaan dan manajemen Proyek Cluster Jasmia Summarecon Crown Gading. Fokus utama adalah bagaimana risiko-risiko tersebut, seperti kegagalan pelaksanaan, keterlambatan pengiriman material, dan cuaca ekstrem, dapat mempengaruhi durasi dan efisiensi waktu pelaksanaan proyek. Analisis akan dilakukan menggunakan model kuantitatif untuk mengukur tingkat dampak risiko terhadap jadwal proyek.
- d. Responden penelitian adalah kontraktor yang bertanggung jawab langsung atas proyek. Tujuannya adalah memperoleh informasi akurat mengenai pengalaman lapangan, tantangan, dan strategi manajemen risiko. Data dari kontraktor akan dianalisis kuantitatif untuk mengidentifikasi pola signifikan dalam manajemen risiko proyek konstruksi.

1.6. Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian mencakup penjelasan umum yang bertujuan untuk mempermudah pemahaman pembaca terhadap alur pembahasan dalam penulisan. Bagian berikut ini adalah bagian dari sistematika penulisan Tugas Akhir. Dimulai dengan Bab I Pendahuluan, dalam bab ini terdapat uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, serta penjelasan mengenai kerangka sistematika penelitian terkait analisis risiko hujan terhadap penyelesaian pekerjaan struktur pada proyek konstruksi.

Selanjutnya Bab II Tinjauan Pustaka, bab ini menjelaskan tentang pustaka yang akan digunakan terkait analisis risiko hujan terhadap penyelesaian pekerjaan

struktur pada proyek konstruksi. Teori-teori yang digunakan mengenai pengertian dari siklus presipitasi, parameter hujan, manajemen risiko, Analisis Sensitivitas, Metode *Delphi*, Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), mitigasi risiko dan penelitian terdahulu.

Kemudian Bab III Metodologi Penelitian, bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang akan digunakan untuk menganalisis risiko hujan terhadap penyelesaian pekerjaan struktur pada proyek konstruksi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan teknik pengumpulan data observasi dan penyebaran kuesioner terhadap responden guna memperoleh data risiko dan langkah untuk mengatasi dampak hujan terhadap pelaksanaan proyek konstruksi.

Selanjutnya Bab IV Hasil dan Pembahasan, bab ini membahas hasil penelitian yang mencakup Analisis Sensitivitas untuk mengevaluasi dampak hujan terhadap keterlambatan, diikuti validasi pakar dengan Metode *Delphi*. Selanjutnya, bab ini membahas analisis kuesioner menggunakan Metode FMEA untuk mengidentifikasi, mengukur, dan memprioritaskan risiko, serta langkah mitigasi berdasarkan risiko yang diidentifikasi, dengan tambahan wawasan dari wawancara mendalam.

Terakhir Bab V Kesimpulan dan Saran, bab ini menyajikan kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan di Bab IV. Kesimpulan mencakup analisis variabel risiko yang mempengaruhi waktu, biaya, dan kualitas pekerjaan. Saran berfokus pada peningkatan manajemen risiko, implementasi teknologi baru, dan penguatan komunikasi antar pihak terkait untuk memberikan rekomendasi yang konkret dan bermanfaat bagi penyedia jasa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Presipitasi

Siklus penguapan merupakan proses pertama, ketika air yang berada permukaan bumi mengalami penguapan air ke atmosfer. Selain penguapan dari permukaan air, tanaman juga mengeluarkan uap air melalui proses transpirasi. Uap air yang terkumpul di atmosfer mengalami pendinginan dan berubah menjadi bentuk cair, seperti tetesan air atau embun, dalam proses yang disebut kondensasi. Tetesan air atau embun yang terbentuk dari hasil kondensasi akan membentuk awan. Ketika uap air atau partikel-partikel air yang berada di dalam awan sudah hampir penuh atau membesar, awan akan membuat hujan turun ke permukaan bumi sebagai presipitasi (Badaruddin dkk., 2021).

Hujan terjadi ketika air yang telah menguap ke atmosfer kembali turun ke permukaan Bumi. Proses ini dimulai ketika udara naik dan mencapai ketinggian kondensasi, lalu berubah menjadi awan. Di dalam awan, butir-butir air mengalami proses tumbukan dan penggabungan, yang menyebabkan peningkatan massa dan volume butiran air. Ketika butiran air ini cukup besar dan berat, mereka akan turun sebagai hujan. Untuk terjadinya hujan, terdapat tiga komponen utama yang berperan dalam terjadinya hujan yaitu massa udara yang lembab, inti kondensasi (seperti partikel debu dan kristal garam), serta lokasi di mana proses pendinginan udara berlangsung. (Ramadhan dan Yustiana, 2023).

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi yang berbentuk cairan, di mana presipitasi sendiri dapat muncul dalam berbagai bentuk. Selain hujan, presipitasi

juga bisa berupa materi padat seperti salju dan hujan es, atau dalam bentuk aerosol seperti embun dan kabut. Ketika hujan turun, tidak seluruh air yang jatuh ke atmosfer dan mencapai permukaan bumi. Sebagian air hujan mengalami proses penguapan saat melewati lapisan udara yang kering. Fenomena di mana air hujan menguap sebelum mencapai tanah ini dikenal dengan istilah virga. Virga sering kali terlihat sebagai garis-garis halus yang tampak menjuntai dari awan, namun tidak sampai menyentuh tanah (Radjab, 2024).

Terdapat tiga tipe hujan yang umum dijumpai di daerah tropis yaitu hujan konveksional, hujan frontal, dan hujan orografik. Hujan konveksional (*convectonal storms*) merupakan jenis hujan yang disebabkan oleh perbedaan panas antara permukaan tanah dan lapisan udara di atasnya. Di daerah tropis, sumber panas ini berasal dari panas matahari. Perbedaan panas ini biasanya terjadi pada akhir musim kemarau dan menyebabkan hujan berintensitas tinggi sebagai hasil proses kondensasi massa air basah pada ketinggian di atas 15 km. Massa udara panas yang bergerak ke tempat yang lebih tinggi pada akhirnya akan terkondensasi. (Silvia, 2016).

Pada proses ini, terjadi pelepasan panas yang menyebabkan udara menjadi lebih hangat. Hal ini mendorong udara hangat tersebut untuk naik ke ketinggian tertentu di mana uap air panas tersebut membeku dan jatuh sebagai hujan karena gaya gravitasi. Hujan konvektif umumnya dicirikan oleh intensitas yang tinggi, durasi yang relatif singkat, dan cakupan wilayah yang tidak begitu luas. Jenis hujan konvektif ini sering dipakai untuk membedakan dari hujan tipe lain yang biasa terjadi di daerah beriklim sedang, yaitu hujan frontal, yang memiliki intensitas lebih moderat (Rachmi, 2021).

Hujan Frontal (*cyclonic storms*), jenis hujan yang umumnya disebabkan oleh pertemuan dua massa udara dengan suhu dan kelembaban yang berbeda. Pada jenis hujan ini, massa udara lembab yang hangat dipaksa bergerak ke tempat yang lebih tinggi, di mana suhu lebih rendah dan kerapatan udara dingin lebih besar. Bergantung pada jenis hujan yang terbentuk, hujan frontal dapat dibedakan menjadi hujan frontal dingin dan hujan frontal hangat. Hujan frontal dingin biasanya memiliki kemiringan permukaan frontal yang besar, menyebabkan gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi dengan cepat sehingga menghasilkan hujan lebat dalam waktu singkat (Dinda, 2022; Naufal, 2022).

Sebaliknya, pada hujan frontal hangat, kemiringan permukaan frontal tidak terlalu curam, sehingga massa udara yang hangat bergerak naik ke tempat yang lebih tinggi secara perlahan. Proses pendinginan udara terjadi secara bertahap, sehingga hujan yang dihasilkan biasanya memiliki intensitas yang lebih rendah. Hujan ini cenderung tidak terlalu lebat dan dapat berlangsung dalam periode waktu yang lebih lama. Tipe hujan frontal hangat termasuk hujan badai dan hujan monsun, yang merupakan fenomena umum di daerah dengan sistem frontal hangat. (Siti, 2020).

Hujan orografik (*orographic storm*) adalah jenis hujan yang umum terjadi di daerah pegunungan. Hujan ini terjadi ketika massa udara bergerak ke tempat yang lebih tinggi mengikuti bentuk permukaan pegunungan, sehingga mencapai ketinggian di mana proses kondensasi terjadi. Intensitas hujan orografik cenderung meningkat dengan bertambahnya ketebalan lapisan udara lembab di atmosfer yang bergerak ke tempat yang lebih tinggi. Tipe hujan orografik ini dianggap sebagai sumber utama air bagi tanah, danau, bendungan, dan sungai karena terjadi di daerah hulu dari daerah aliran sungai (DAS). (Silvia, 2016).

Menurut Ishomi dan Maulana (2022) dan Salsabila dan Lusi (2020) bentuk-bentuk hujan adalah sebagai berikut:

- a. Gerimis (*drizzle*), kadang-kadang disebut mist, terdiri dari tetesan-tetesan air yang sangat kecil dengan diameter biasanya antara 0,1 dan 0,5 mm. Tetesan-tetesan ini jatuh dengan kecepatan yang sangat lambat sehingga tampak seolah-olah melayang di udara, dan intensitasnya jarang melebihi 1 mm/jam.
- b. Hujan (*rain*), terdiri dari tetesan-tetesan air yang memiliki diameter lebih besar dari 0,5 mm. Tetesan ini jatuh dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan gerimis, dan intensitas hujan dapat bervariasi dari ringan hingga deras, tergantung pada ukuran tetesan dan laju turun hujan.
- c. *Glase* adalah lapisan es yang umumnya bersih dan halus, terbentuk di permukaan terbuka melalui pembekuan air yang sangat dingin, baik yang diendapkan oleh hujan atau gerimis. Berat jenis glase dapat mencapai 0,8 hingga 0,9.
- d. *Rime* adalah endapan butiran es yang tidak tembus cahaya dan berwarna putih, yang terbentuk dengan cepat pada benda-benda terbuka melalui pembekuan air dingin. Rime memiliki struktur yang kurang lebih dipisahkan oleh udara yang terperangkap di dalamnya. Berat jenisnya dapat serendah 0,2 hingga 0,3.
- e. Salju (*snow*) adalah campuran kristal-kristal es yang sebagian besar berbentuk heksagonal dan bercabang. Kristal-kristal ini umumnya bergumpal menjadi kumpulan salju (*snowflake*) dengan diameter yang dapat mencapai beberapa inci. Berat jenis rata-ratanya sering dianggap sekitar 0,1.

- f. Hujan es (*hail*) adalah hujan dalam bentuk bola-bola es yang dihasilkan dalam awan-awan konvektif, kebanyakan cumulonimbus. Batu-batu es (*hailstones*) dapat berbentuk sferadional, kerucut, atau bentuk yang tidak beraturan, dengan diameter berkisar dari sekitar 5 sampai 125 mm dan berat jenisnya sekitar 0,8 g/cm³.
- g. *Sleet* (hujan es), adalah campuran butir-butir es yang bulat, pejal, dan tembus cahaya, terbentuk oleh pembekuan tetes air hujan yang turun atau pembekuan kembali sebagian besar kristal es yang mencair ketika jatuh melalui lapisan udara dengan suhu di bawah titik beku di dekat permukaan bumi.

2.2. Parameter Hujan

Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi biasanya dinyatakan dalam satuan kedalaman air, yaitu millimeter (mm). Ukuran ini menggambarkan volume air hujan yang tercatat sebagai kedalaman jika seluruh air hujan tersebut didistribusikan secara merata di seluruh area tangkapan air. Dengan kata lain, satuan millimeter ini menunjukkan seberapa dalam lapisan air hujan akan menggenangi permukaan jika seluruh hujan yang turun dalam periode tertentu tersebar rata di seluruh wilayah yang terletak di bawah area tangkapan tersebut (Zakaria dkk., 2014).

Intensitas hujan merujuk pada jumlah curah hujan yang terjadi dalam satuan waktu tertentu. Ukuran ini umumnya dinyatakan dalam satuan millimeter per jam (mm/jam), millimeter per hari (mm/hari), millimeter per minggu (mm/minggu), millimeter per bulan (mm/bulan), atau millimeter per tahun (mm/tahun), tergantung pada periode pengukuran yang digunakan. Intensitas hujan memberikan informasi

tentang seberapa cepat hujan turun dan seberapa besar volume air hujan yang mengalir dalam waktu yang telah ditentukan (Sanusi dan Side, 2016).

Durasi hujan adalah periode waktu yang dihitung dari saat hujan mulai turun hingga berhenti, biasanya dinyatakan dalam jam. Keadaan hujan dan intensitas hujan diberikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Keadaan Hujan dan Intensitas Hujan

Keadaan Hujan	Intensitas Hujan (mm)	
	1 jam	24 jam
Hujan sangat ringan	Kurang dari 1 mm	Kurang dari 5 mm
Hujan ringan	1 sampai 5 mm	5 sampai 20 mm
Hujan normal	5 sampai 10 mm	20 sampai 50 mm
Hujan lebat	10 sampai 20 mm	50 sampai 100 mm
Hujan sangat lebat	Lebih dari 20 mm	Lebih dari 100 mm

Sumber: Triatmodjo, 2019

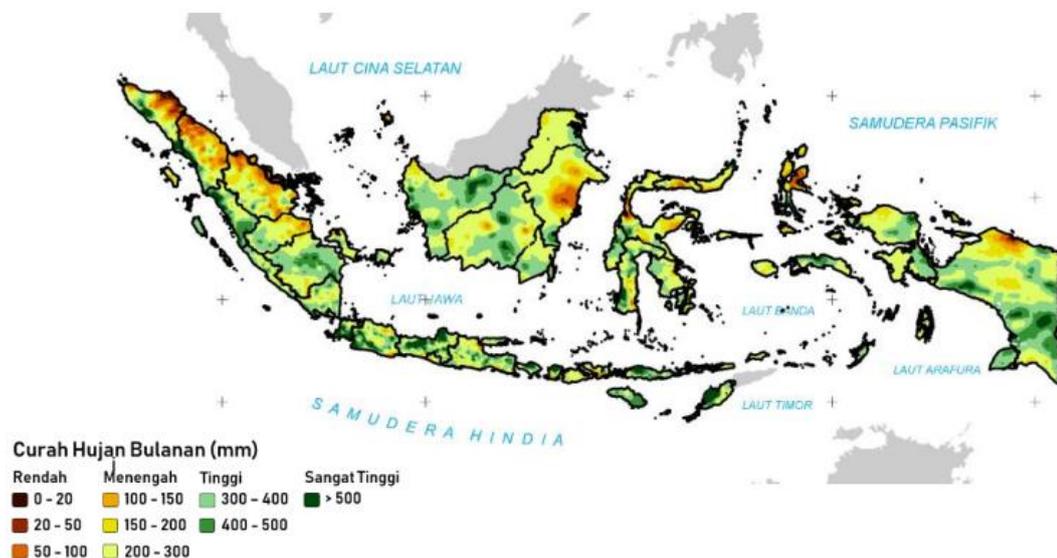
Distribusi hujan sebagai fungsi waktu mengilustrasikan perubahan kedalaman hujan selama periode hujan, yang bisa dinyatakan dalam bentuk diskrit atau kontinu. Bentuk diskrit, yang disebut *hyetograph*, adalah grafik yang menampilkan histogram kedalaman atau intensitas hujan dengan waktu sebagai sumbu horizontal (absis) dan kedalaman atau intensitas hujan sebagai sumbu vertikal (ordinat). Sementara itu, bentuk kontinu menggambarkan akumulasi laju hujan seiring waktu. Durasi dan kedalaman hujan sering dinyatakan dalam persentase dari total nilai tersebut (Aryanto, 2023).

Dalam klasifikasi intensitas hujan berdasarkan volume curah hujan yaitu sebagai berikut (Fitrianisa dkk., 2023):

- 0 millimeter/hari (abu-abu): Keadaan cerah berawan

- 0.5 s/d 20 millimeter/hari (hijau): Hujan dengan intensitas ringan
- 20 s/d 50 millimeter/hari (kuning): Hujan dengan intensitas sedang
- 50 s/d 100 millimeter/hari (oranye): Hujan dengan intensitas lebat
- 100 s/d 150 millimeter/hari (merah): Hujan dengan intensitas sangat lebat
- Lebih dari 150 millimeter/hari (ungu): Hujan dengan intensitas ekstrem

Laporan probabilistik curah hujan di Indonesia pada bulan April tahun 2024 dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Laporan Probabilistik Curah Hujan Di Indonesia
Sumber: BMKG, 2024

2.3. Manajemen Risiko

Untuk meningkatkan nilai suatu organisasi atau perusahaan, manajemen risiko melibatkan pengelolaan berbagai faktor risiko yang telah diidentifikasi secara menyeluruh. Manajemen risiko adalah proses sistematis yang mencakup identifikasi dan evaluasi risiko, serta penerapan aturan dan prosedur yang komprehensif, sesuai, dan efektif. Proses ini bertujuan untuk mengontrol, mengkoordinasikan, dan mengelola risiko. Dengan pendekatan ini, organisasi dapat

memitigasi potensi dampak negatif, memanfaatkan peluang, dan memastikan bahwa risiko dikelola secara proaktif (Hairul, 2020).

Pelaksanaan manajemen risiko dilakukan untuk menangani risiko yang telah teridentifikasi, sehingga risiko tersebut dapat dikelola dengan cara membuatnya menjadi risiko yang dapat diterima atau dihindari. Hal ini dicapai melalui penerapan langkah-langkah pencegahan atau mitigasi yang dirancang untuk mengurangi dampak atau kemungkinan terjadinya risiko tersebut. Manajemen risiko bertujuan untuk memastikan bahwa risiko-risiko yang ada dapat dikendalikan dengan efektif, menjaga agar potensi kerugian atau dampak negatifnya dapat diminimalkan, dan meningkatkan kemampuan organisasi untuk menghadapi ketidakpastian. (Fathoni, 2020).

Manajemen risiko adalah pengelolaan yang melibatkan pemantauan dan perlindungan terhadap kemungkinan kerugian terkait harta benda, hak milik, dan keuntungan baik bagi badan usaha maupun individu akibat risiko yang mungkin timbul. Proses ini mencakup langkah-langkah identifikasi, penilaian, dan pengendalian risiko yang dapat mengancam kelangsungan operasional atau kegiatan suatu perusahaan. Manajemen risiko merupakan rangkaian kebijakan dan prosedur komprehensif yang dimiliki oleh sebuah organisasi untuk mengelola, memantau, dan mengendalikan paparan organisasi terhadap risiko (Sarjana et al., 2022).

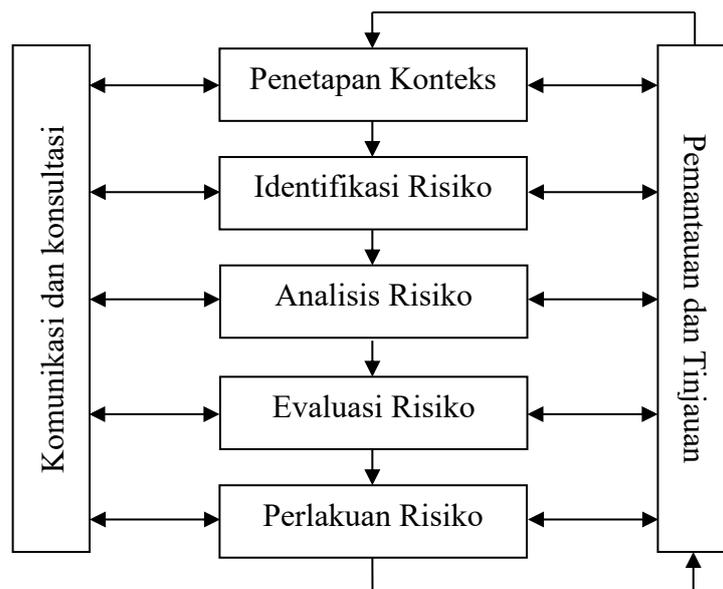
Menurut Tri (2018), Risiko dapat dianalisis melalui tiga perspektif utama yang dapat menjadi rantai pasokan, yaitu pemahaman terhadap penyebab, kejadian risiko, dan dampak yang signifikan. Risiko yang terkait dengan aktivitas dalam

rantai pasokan, seperti perencanaan, teknologi, dan biaya yang tidak pasti, dapat dikelola secara terpisah berdasarkan persepsi risiko masing-masing. Risiko dalam rantai pasokan dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu:

- a. Risiko internal yang merupakan risiko dalam proses dan control kegiatan.
- b. Risiko eksternal yang merupakan risiko permintaan dan risiko pasokan.
- c. Risiko lainnya, termasuk merupakan risiko lingkungan

Tujuan dari sistem manajemen risiko adalah untuk mengurangi risiko yang bervariasi terkait dengan bidang yang dipilih, hingga mencapai tingkat risiko yang dapat diterima oleh masyarakat. Risiko-risiko ini dapat berasal dari berbagai sumber seperti lingkungan, teknologi, manusia, organisasi, dan politik. Sebaliknya, pelaksanaan manajemen risiko mencakup semua upaya yang tersedia bagi manusia, terutama dalam konteks entitas manajemen risiko (Amirinnisa dan Bisma, 2023).

Dalam implementasi manajemen risiko, terdapat serangkaian tahapan yang penting untuk dipahami dan dijalankan guna meminimalkan potensi risiko yang mungkin timbul. Gambar 2.2 berikut merupakan kerangka proses manajemen risiko.



Gambar 2. 2 Tahapan Manajemen Risiko

Sumber : Novita dan Maria, 2024

Komunikasi dan konsultasi dengan pemangku kepentingan internal dan eksternal yang relevan harus dilakukan pada setiap tahap proses manajemen risiko serta sepanjang keseluruhan proses secara umum. Proses ini merupakan bagian penting dari manajemen risiko yang harus dilaksanakan oleh semua pihak yang terlibat, dengan penekanan khusus pada kelompok internal. Tujuan dari komunikasi dan konsultasi ini adalah agar semua pihak yang terlibat dapat memahami peran dan tanggung jawab mereka dengan jelas serta mengerti alasan di balik kebutuhan dan pelaksanaan aktivitas tertentu.

Karena pentingnya komunikasi dan konsultasi dalam memastikan kelancaran proses lainnya, standar ini menekankan bahwa organisasi harus merencanakan pertukaran informasi dan diskusi dengan semua pihak terkait secara relevan, sesuai dengan peran dan tanggung jawab mereka sejak awal pelaksanaan proses manajemen risiko. Komunikasi melibatkan pertukaran informasi antara berbagai pihak, sedangkan konsultasi adalah proses komunikasi yang bertujuan untuk mencapai solusi dari suatu masalah. (Vorst et al., 2018).

Penetapan konteks merupakan langkah awal yang penting dalam proses manajemen risiko. Pada tahap ini, konteks eksternal, konteks internal, dan konteks manajemen risiko perlu ditetapkan dengan jelas. Proses ini melibatkan penyusunan kriteria yang akan digunakan dalam evaluasi risiko serta pendefinisian struktur analisis yang akan digunakan. Langkah ini memastikan bahwa kerangka kerja untuk mengelola risiko telah siap sebelum identifikasi risiko dimulai.

Selanjutnya adalah proses identifikasi risiko, yang merupakan salah satu tahapan dalam manajemen risiko. Pada tahap ini, berbagai pertanyaan kritis perlu dijawab

untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh mengenai potensi risiko yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan penelitian. Pertanyaan-pertanyaan tersebut meliputi: di mana risiko tersebut mungkin terjadi, kapan risiko tersebut berpotensi muncul, mengapa risiko tersebut bisa timbul, serta bagaimana cara peristiwa tersebut dapat mencegah, menurunkan, menunda, atau bahkan meningkatkan pencapaian tujuan penelitian. Identifikasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa semua potensi risiko yang relevan telah terdeteksi dengan baik, sehingga tidak ada risiko yang terlewatkan (Takengon, 2023).

Setelah risiko teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah analisis risiko. Pada tahap ini, kontrol yang sudah ada akan dievaluasi untuk menilai efektivitasnya, dan tingkat risiko ditentukan dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya risiko serta dampak yang mungkin ditimbulkannya. Analisis risiko ini harus memperhitungkan berbagai kemungkinan konsekuensi dan cara-cara risiko tersebut dapat terjadi. Dengan demikian, analisis ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi dampak dari setiap risiko yang telah diidentifikasi, serta membantu dalam merancang strategi untuk mengelolanya dengan lebih efektif.

Tahap evaluasi risiko melibatkan perbandingan antara estimasi tingkat risiko dengan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam proses ini, dilakukan penilaian terhadap keseimbangan antara potensi manfaat dan dampak merugikan dari risiko tersebut. Berdasarkan perbandingan ini, keputusan diambil untuk menentukan jenis dan tingkat tindakan yang diperlukan untuk menangani risiko. Selain itu, proses evaluasi ini juga menetapkan prioritas risiko, sehingga langkah-

langkah mitigasi dapat difokuskan pada risiko yang paling signifikan dan memerlukan perhatian segera. (Yuli,2023)

Langkah berikutnya setelah analisis risiko adalah perlakuan risiko. Pada tahap ini, strategi yang efektif dan efisien dikembangkan serta dilaksanakan untuk mengelola risiko. Rencana aksi yang dirancang bertujuan untuk memaksimalkan manfaat potensial sambil meminimalkan biaya potensial. Tujuan utama dari perlakuan risiko adalah mengelola risiko secara optimal, dengan memastikan bahwa dampak negatif dapat dikurangi seminimal mungkin dan manfaat positif dapat diperoleh secara maksimal. (Nanga Bulik, 2022).

Akhirnya, *monitor* dan *review* merupakan tahap yang berkelanjutan dalam proses manajemen risiko. Pemantauan efektivitas seluruh tahap dalam proses ini sangat penting untuk perbaikan berkelanjutan. Risiko yang telah diidentifikasi dan tindakan yang diambil harus dipantau secara terus-menerus untuk memastikan bahwa perubahan situasi tidak mengubah prioritas risiko yang telah ditetapkan. *Monitoring* yang berkelanjutan membantu menyesuaikan strategi dan memastikan bahwa manajemen risiko tetap relevan dan efektif dalam menghadapi berbagai tantangan (Puspita dkk., 2024).

2.4. Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas adalah metode yang digunakan untuk mengukur dampak perubahan variabel-variabel yang saling berhubungan dalam suatu sistem. Metode ini melibatkan pembuatan berbagai perkiraan alternatif di samping perkiraan utama, di mana setiap perkiraan alternatif mempertimbangkan perubahan pada faktor tertentu. Dengan menganalisis bagaimana variasi dalam input mempengaruhi hasil

atau output, analisis sensitivitas membantu dalam memahami seberapa sensitif hasil terhadap perubahan dalam variabel-variabel kunci dan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih terinformasi (Fadel dan Gusman, 2021).

Analisis Sensitivitas dilakukan dengan mengubah atau mengkombinasikan unsur-unsur tertentu, kemudian menganalisis dampaknya terhadap hasil analisis (Mada dan Sultan, 2023). Proses ini bertujuan untuk memahami bagaimana variasi dalam unsur-unsur tersebut mempengaruhi hasil akhir, sehingga dapat diperoleh wawasan mengenai tingkat ketergantungan hasil terhadap perubahan dalam faktor-faktor kunci. Dengan cara ini, analisis sensitivitas membantu dalam mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh dan dalam membuat keputusan yang lebih baik berdasarkan pemahaman yang mendalam tentang dinamika sistem. (Firdasari et al., 2022).

Analisis Sensitivitas, yang juga dikenal sebagai analisis kepekaan, bukanlah teknik untuk mengukur risiko secara langsung, melainkan metode untuk mengevaluasi dampak dari berbagai perubahan pada variabel-variabel penting terhadap hasil yang mungkin terjadi. Metode ini merupakan jenis simulasi di mana nilai-nilai dari variabel yang mempengaruhi dianalisis secara berulang untuk memahami bagaimana perubahan dalam variabel tersebut mempengaruhi hasil yang diharapkan. (Agustinus dkk., 2023).

2.5. Metode *Delphi*

Metode *Delphi* merupakan teknik yang sistematis dan interaktif untuk mengumpulkan serta menyatukan pendapat dari sekelompok ahli melalui serangkaian kuesioner dengan umpan balik yang terkontrol. Metode ini bertujuan

mencapai kesepakatan dalam situasi yang kompleks atau ketika informasi dan data yang ada terbatas. Teknik ini dikembangkan oleh *RAND Corporation* pada akhir 1950-an dan awal 1960-an oleh Olaf Helmer dan Norman Dalkey (Gilang dan Viendra, 2018).

Proses *Delphi* melibatkan serangkaian putaran atau siklus, di mana setiap siklusnya didesain untuk mengumpulkan dan menyempurnakan pendapat dari para ahli (Basten dkk., 2018). Tujuan dari tiap putaran adalah untuk meningkatkan konsistensi dan akurasi hasil akhir dengan mempergunakan umpan balik yang diperoleh dari setiap siklus sebelumnya. Tahapan utama dalam Metode *Delphi* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Tahapan Metode *Delphi*

Sumber: Soebagyo et al., 2021

Tahap pertama melibatkan identifikasi masalah atau isu yang akan dihadapi dan pemilihan panel ahli yang memiliki pengetahuan dan pengalaman yang relevan. Panel ini bisa terdiri dari berbagai individu dengan latar belakang dan perspektif yang berbeda. Pada putaran pertama, para ahli diminta untuk merespons

serangkaian pertanyaan terbuka yang bertujuan untuk menjelajahi pandangan mereka mengenai masalah yang dihadapi. Hasil dari putaran pertama ini diolah untuk mengidentifikasi tema dan isu utama yang muncul (Perdana, 2020).

Jawaban dari putaran pertama dianalisis dan disintesis oleh tim fasilitator. Informasi ini kemudian digunakan untuk mengembangkan kuesioner yang lebih terstruktur untuk putaran berikutnya. Pada putaran kedua, para ahli diberikan kuesioner yang lebih terstruktur yang mencakup isu-isu utama yang diidentifikasi dalam putaran pertama. Ahli diminta untuk menilai, memberi peringkat, atau memilih opsi tertentu berdasarkan pengetahuan dan pengalaman mereka (Soebagyo et al., 2021).

Hasil dari putaran kedua dianalisis dan umpan balik diberikan kepada para ahli. Umpan balik ini mencakup informasi seperti distribusi jawaban, ringkasan alasan di balik jawaban tertentu, serta informasi tambahan yang relevan. Proses ini diulang beberapa kali (biasanya antara 2 hingga 4 putaran) sampai tercapai konsensus di antara para ahli atau hingga tidak ada perubahan signifikan dalam jawaban mereka. Dengan pendekatan ini, diharapkan akan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan akurat, serta memastikan bahwa keputusan atau rekomendasi yang dihasilkan mencerminkan pandangan yang lebih terkoordinasi dari para ahli. (Hanavi, 2020).

2.6. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode untuk mengevaluasi kemungkinan kegagalan dalam sistem, desain, proses, atau layanan dengan tujuan menentukan langkah-langkah penanganan yang tepat. Metode ini melibatkan analisis mendalam terhadap setiap potensi kegagalan, termasuk penyebab dan

dampaknya, untuk menilai seberapa besar kemungkinan dan dampak dari masing-masing kegagalan. FMEA bertujuan dalam menentukan prioritas penanganan berdasarkan tingkat risiko yang diidentifikasi, sehingga langkah-langkah mitigasi dapat diimplementasikan secara efektif untuk mengurangi atau menghilangkan potensi kegagalan (Sasi et al., 2023).

FMEA memiliki keunggulan dalam mengevaluasi reliabilitas dengan melakukan pemeriksaan modus kegagalan secara sistematis. FMEA tidak hanya mengidentifikasi kegagalan, tetapi juga membantu memprioritaskan tindakan perbaikan. Dengan menganalisis tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya, tim dapat fokus pada masalah yang paling kritis terlebih dahulu, sehingga memaksimalkan efektivitas upaya perbaikan. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam Metode FMEA:

- a. Mengidentifikasi elemen sistem: mengidentifikasi semua komponen, proses, atau aktivitas yang terlibat dalam sistem yang akan dianalisis.
- b. Mengidentifikasi risiko: mengidentifikasi semua kemungkinan mode kegagalan yang mungkin terjadi pada setiap elemen sistem yang telah diidentifikasi.
- c. Penilaian tingkat keparahan (*severity*): menilai tingkat keparahan atau dampak yang dapat ditimbulkan jika risiko terjadi.
- d. Penilaian tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan (*occurrence*): menilai kemungkinan terjadinya setiap risiko.
- e. Penilaian deteksi (*detection*): Menilai sejauh mana setiap risiko dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan atau menyebabkan kerusakan yang signifikan.

- f. Perhitungan angka FMEA: Mengalikan nilai tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya kegagalan, dan tingkat deteksi untuk mendapatkan angka FMEA. Angka ini memberikan indikasi tingkat risiko dan prioritas untuk setiap risiko.
- g. Pengembangan tindakan perbaikan: tim dapat menggunakan analisis FMEA untuk membuat tindakan perbaikan atau pencegahan yang diperlukan untuk mengurangi risiko atau mencegah kegagalan. Tindakan ini dapat berupa perubahan desain, perbaikan proses, penggunaan komponen yang lebih andal, atau pembuatan instruksi kerja yang lebih baik.

Dalam *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), terdapat tiga variabel proses utama, yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* (Raja dan Pamungkas, 2020). Ketiga proses ini berperan dalam menetapkan penilaian tingkat keseriusan pada potensial risiko. Berikut adalah tiga variabel utama dalam *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yaitu:

1. *Severity*

Severity adalah proses untuk menilai potensi dampak dari sebuah kegagalan dengan memberikan peringkat berdasarkan konsekuensi yang mungkin ditimbulkan. Peringkat *Severity* menggunakan skala dari 1 hingga 10. Peringkat 1 menunjukkan tingkat dampak yang sangat rendah, menunjukkan bahwa kegagalan memiliki konsekuensi minimal atau tidak signifikan terhadap fungsi sistem atau kualitas produk. Peringkat 10 menunjukkan tingkat dampak yang sangat tinggi, menandakan bahwa kegagalan dapat menyebabkan konsekuensi yang serius atau kritis, mempengaruhi keselamatan, kinerja, atau integritas secara signifikan.

Penjelasan terperinci mengenai tingkat *Severity* untuk setiap peringkat dapat ditemukan dalam Tabel 2.2 berikut, yang memberikan panduan lengkap tentang bagaimana menilai dan menerapkan skala *Severity* dalam proses analisis risiko.

Tabel 2. 2 Penentuan *Severity*

Kategori	Skala	Deskripsi
Sangat Rendah	1	Kegagalan sangat rendah, yang menyebabkan keterlambatan (0-20 hari)
Rendah	2	Kegagalan kecil, yang menyebabkan keterlambatan (21-40 hari)
	3	
Menengah	4	Kegagalan menengah, yang menyebabkan keterlambatan (41-60 hari)
	5	
	6	
Tinggi	7	Kegagalan bahaya, yang menyebabkan keterlambatan (61-80 hari)
	8	
Sangat Tinggi	9	Kegagalan sangat berbahaya, yang menyebabkan keterlambatan (81-100 hari)
	10	

Sumber : Jevon dan Rahardjo, 2021

2. *Occurrence* (Kejadian).

Occurrence adalah ukuran kemungkinan bahwa penyebab tertentu dapat terjadi dan mengakibatkan kegagalan selama proses pelaksanaan. Penilaian *Occurrence* dilakukan menggunakan skala dari 1 hingga 10. Peringkat 1 menggambarkan tingkat kejadian yang sangat rendah, menunjukkan bahwa kegagalan hampir tidak mungkin terjadi atau sangat jarang terjadi. Peringkat 10 menggambarkan tingkat kejadian yang sangat tinggi, menunjukkan bahwa kegagalan sering terjadi atau hampir pasti terjadi.

Penentuan peringkat *Occurrence* ini membantu dalam mengidentifikasi seberapa sering potensi kegagalan dapat muncul, sehingga dapat ditangani secara tepat.

Penjelasan terperinci mengenai frekuensi kegagalan untuk setiap peringkat *Occurrence* dapat ditemukan dalam Tabel 2.3 berikut, yang memberikan panduan tentang bagaimana menginterpretasikan dan menerapkan skala *Occurrence* dalam analisis risiko.

Tabel 2. 3 Penentuan *Occurrence*

Kategori	Skala	Deskripsi
Tidak Pernah	1	Risiko faktor hampir tidak pernah terjadi.
Sangat Rendah	2	Peluang terjadinya faktor risiko sangat rendah, sangat jarang terjadi.
Rendah	3	Risiko faktor sangat rendah dan sangat jarang terjadi.
	4	
Menengah	5	Risiko faktor risiko menengah, sering terjadi.
	6	
	7	
Tinggi	8	Risiko faktor risiko tinggi yang berulang.
	9	
Sangat Tinggi	10	Faktor risiko sangat rentan dan sulit dihindari.

Sumber : Jevon dan Rahardjo, 2021

3. *Detection* (Temuan).

Detection adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah kegagalan pada layanan, proses, atau produk sebelum kegagalan tersebut berdampak pada pelanggan. Proses penilaian *Detection* melibatkan penggunaan skala dari 1 hingga 10 untuk menentukan efektivitas sistem dalam mendeteksi potensi kegagalan.

Peringkat 1 menunjukkan bahwa sistem pengendalian sangat efektif dan dapat mendeteksi kegagalan secara konsisten, sehingga hampir semua kegagalan dapat diidentifikasi sebelum mempengaruhi pelanggan. Peringkat 10 menunjukkan

bahwa sistem pengendalian tidak mampu mendeteksi kegagalan sama sekali, sehingga kegagalan dapat terjadi tanpa adanya deteksi sebelumnya.

Skala ini membantu dalam mengevaluasi dan membandingkan efektivitas berbagai metode deteksi yang diterapkan. Tingkat pendeteksian untuk berbagai kontrol dapat dilihat lebih rinci dalam Tabel 2.4 berikut, yang menyajikan informasi tentang bagaimana berbagai peringkat mempengaruhi kemampuan deteksi kegagalan dalam konteks yang berbeda.

Tabel 2. 4 Penilaian *Detection*

Kategori	Skala	Deskripsi
Sangat Tinggi	1	Penanggung jawab dapat menemukan respons risiko yang terbukti sangat efektif untuk memperhatikan risiko, mengendalikan penyebab utama risiko, dan mengelola dampak risiko.
Tinggi	2	Penanggung jawab dapat menemukan respons risiko yang memiliki peluang tinggi untuk memperhatikan risiko, mengontrol faktor penyebab, dan mengelola dampak risiko.
	3	
	4	
	5	
Menengah	6	Penanggung jawab dapat menemukan respons risiko yang memiliki peluang sedang untuk memperhatikan risiko, mengontrol faktor penyebab, dan mengelola dampak risiko.
	7	
	8	
Rendah	9	Penanggung jawab dapat menemukan respons risiko yang memiliki peluang rendah untuk memperhatikan risiko, mengontrol faktor penyebab, dan mengelola dampak risiko.
Sangat Rendah	10	Penanggung jawab tidak dapat menemukan respons risiko, mengontrol faktor penyebab, dan mengelola dampak risiko.

Sumber : Jevon dan Rahardjo, 2021

4. Risk Priority Number (RPN).

Risk Priority Number (RPN) atau angka prioritas risiko merupakan produk matematis dari keparahan (*severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan keseringan (*occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*detection*). Persamaan RPN dapat dilihat pada Persamaan 2-1 berikut (Jevon dan Rahardjo, 2021).

$$\text{Severity / Occurrence / Detection Rating} = \frac{\text{Total Jawaban Kuesioner}}{\text{Jumlah Responden}} \quad (2-1)$$

$$\text{RPN} = \text{Severity Rating} \times \text{Occurrence Rating} \times \text{Detection Rating} \quad (2-2)$$

Hasil *Risk Priority Number* (RPN) bervariasi dalam analisis risiko, di mana setiap variabel yang dianalisis akan menghasilkan angka RPN yang berbeda. Kemudian susun kategori dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. 5 Kategori RPN

RPN	Kategori Kekritisian
501 -1000	Tinggi
251 – 500	Sedang
1 -250	Rendah

Sumber : Novita dan Maria, 2024

Nilai RPN digunakan untuk membandingkan penyebab masalah dan menentukan tindakan perbaikan yang paling efektif. Biasanya, nilai RPN berada dalam kisaran tertentu yang memungkinkan evaluasi risiko secara sistematis. Dengan mengetahui rentang nilai RPN, langkah-langkah perbaikan yang sesuai dapat diusulkan dan diimplementasikan untuk menurunkan tingkat risiko dan memastikan mitigasi yang efektif. Penentuan prioritas berdasarkan nilai RPN membantu fokus pada area yang paling membutuhkan perhatian dan sumber daya untuk meningkatkan keseluruhan keamanan dan efisiensi proses.

2.7. Mitigasi dan Respon Risiko

Sebagai bagian dari analisis risiko proyek, mitigasi dan respons risiko adalah serangkaian rencana tindakan manajemen risiko yang dirancang untuk meminimalkan dampak ancaman dan memaksimalkan peluang. Proses mengurangi paparan risiko ke tingkat yang dapat diterima oleh proyek dikenal sebagai mitigasi risiko. Sebagai bagian dari analisis risiko proyek, mitigasi dan respons risiko adalah serangkaian rencana tindakan manajemen risiko yang dirancang untuk meminimalkan dampak ancaman dan memaksimalkan peluang (Kristiana et al., 2022).

Paparan risiko merujuk pada kemungkinan terjadinya risiko serta dampaknya terhadap proyek. Meskipun dampak dari risiko dapat dikurangi melalui langkah-langkah mitigasi, risiko itu sendiri tidak dapat dihilangkan sepenuhnya. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan strategi proaktif dan mitigasi guna mengelola risiko secara efektif. Rencana mitigasi biasanya dikembangkan selama proses identifikasi risiko dan dimasukkan ke dalam jadwal proyek. Mitigasi dilakukan bersamaan dengan kegiatan lainnya dalam proyek untuk memastikan bahwa risiko dikelola secara terintegrasi dan dampaknya dapat diminimalkan (Hairul, 2020).

Sedangkan *risk response plan* adalah rencana kegiatan yang dirancang untuk mengurangi dampak dari ancaman yang dapat mempengaruhi tujuan proyek dan meningkatkan peluang yang menguntungkan. Rencana respons risiko ini dibuat selama proses perencanaan proyek untuk mempersiapkan tindakan yang akan diambil apabila risiko benar-benar terjadi. Dengan adanya rencana respons risiko, tim proyek dapat lebih siap dalam menghadapi situasi yang tidak diinginkan dan

memanfaatkan peluang yang mungkin timbul, sehingga membantu menjaga proyek tetap pada jalurnya dan mencapai tujuannya (Damayanti et al., 2022).

Menurut Nugraha et al. (2015), penanganan risiko bertujuan untuk mengelola risiko yang telah teridentifikasi agar solusi serta tanggung jawab atas risiko tersebut dapat ditentukan. Tindakan untuk mengurangi risiko yang muncul disebut sebagai tindakan mitigasi atau penanganan risiko. Risiko yang muncul terkadang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, tetapi hanya dapat dikurangi sehingga menyisakan *residual risk*. Beberapa langkah yang dapat dilakukan dalam penanganan risiko, antara lain:

1. Pengurangan risiko (*Risk Reducing*)

Strategi ini diterapkan ketika biaya untuk mengatasi risiko yang teridentifikasi masih lebih rendah dibandingkan dengan dampak yang mungkin timbul akibat risiko tersebut. Fokus dari strategi ini adalah pada tindakan mitigasi yang bertujuan untuk mengurangi efek risiko tersebut. Pendekatan yang digunakan dalam strategi ini mencakup berbagai alternatif, seperti merekomendasikan perubahan pada metode pelaksanaan, jadwal, dan standar kualitas untuk mengurangi dampak risiko (Apriliyani dan Amin, 2019).

2. Pembagian Risiko (*Risk Sharing*)

Strategi ini diterapkan ketika biaya untuk mengatasi risiko hampir sebanding dengan dampak yang mungkin timbul. Dalam pendekatan ini, risiko dibagi dengan mendistribusikannya kepada pihak yang dianggap bertanggung jawab dan memiliki kapasitas untuk menangani risiko tersebut. Dengan cara ini, risiko menjadi lebih dapat diterima dan biaya penanganannya dapat dikurangi. Pembagian risiko memungkinkan pihak yang lebih mampu atau berpengalaman

untuk mengelola dan mengatasi risiko, sehingga mengurangi beban pada organisasi dan memungkinkan pengelolaan risiko yang lebih efisien (Wira dan Yekti, 2023).

3. Pemindahan Risiko (*Risk Transfer*)

Jika perusahaan menghadapi kesulitan dalam mengantisipasi risiko, baik dari segi kemungkinan terjadinya maupun dampaknya, strategi pemindahan risiko sering diterapkan. Strategi ini bertujuan untuk memindahkan tanggung jawab atas dampak negatif risiko dari perusahaan kepada pihak ketiga. Dengan cara ini, risiko dan dampaknya tidak ditanggung langsung oleh perusahaan, melainkan dialihkan kepada pihak lain yang mungkin lebih mampu atau lebih siap dalam mengelolanya. Contoh dari strategi ini termasuk asuransi, kontrak outsourcing, atau perjanjian lain yang memindahkan sebagian risiko kepada pihak lain (Apriliyani dan Amin, 2019; Wira dan Yekti, 2023).

4. Penghindaran Risiko (*Risk Avoidance*)

Strategi ini dilakukan dengan mengubah rencana manajemen, membedakan sasaran proyek yang terpengaruh oleh risiko, atau memantau sasaran proyek yang rentan terhadap terjadinya risiko (Apriliyani dan Amin, 2019; Wira dan Yekti, 2023).

2.8. Keaslian Penelitian

Sebelum penelitian ini dilakukan, referensi dari penelitian sebelumnya sangat penting sebagai acuan. Referensi tersebut membantu dalam memahami teori, metode, serta persamaan dan perbedaan terkait analisis risiko. Tabel 2.5 menampilkan daftar penelitian terdahulu yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko dan strategi penanganannya dalam proyek. Dengan merujuk pada penelitian sebelumnya, peneliti dapat memperoleh wawasan yang berharga dan

mengembangkan pendekatan yang lebih efektif dalam analisis risiko dan strategi mitigasi.

Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian Terdahulu	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Analisis Risiko Pengaruh Musim Penghujan Terhadap Penyelesaian Proyek Konstruksi Gedung Di DIY (Ade, 2023)	Mengidentifikasi dan Menyusun Tingkat Risiko pada Pembangunan Gedung di Yogyakarta Selama Musim Penghujan	Kuesioner, <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> , <i>Probability Impact Matrix</i>	Penelitian ini menampilkan jenis resiko, menyusun tingkat risiko, menentukan penanganan risiko
2	Analisis Faktor Keterlambatan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung(Megawati, 2020)	Mengidentifikasi faktor keterlambatan proyek dan menentukan faktor yang dominan terjadi dalam proyek Gedung	Kuesioner, Indeks Kepentingan	Penelitian ini memaparkan faktor penyebab dari keterlambatan pelaksanaan proyek gedung
3	Pengelolaan Risiko Dampak Hujan Lebat Terhadap Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Proyek Pembangunan Bendungan Jlantah (Yadi dan Priyanto, 2023)	Mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan dan menentukan mitigasi untuk meminimalisir keterlambatan akibat risiko yang terjadi.	Observasi Lapangan, Wawancara, Reduksi Data	Penelitian ini menampilkan beberapa risiko terhadap pekerjaan timbunan yang disebabkan cuaca hujan.

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Penelitian Terdahulu	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4	Pengaturan Risiko Hujan Dalam Kontrak Serta Dampak Dan Kendalanya Pada Proyek Konstruksi (Handoko et al., 2015)	Menganalisis ketentuan klausul terhadap risiko hujan dalam kontrak pekerjaan konstruksi	Kuesioner, <i>Microsoft Excel</i> , <i>Uji Chi-Square</i>	Penelitian ini menyimpulkan mengenai klausul risiko hujan dalam kontrak kerja suatu proyek.
5	Studi Keterlambatan Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Di Kabupaten Minahasa Selatan (Lengkong et al., 2022)	Mengidentifikasi faktor yang berdampak pada keterlambatan pekerjaan konstruksi di Kab.Minahasa dan menentukan mitigasi dari risiko yang terjadi	Kuesioner, Wawancara, <i>Uji Chi-Square</i> , Regresi Linear Berganda	Penelitian ini menampilkan variabel yang dominan menjadi pengaruh dari keterlambatan proyek.

Berdasarkan literatur dari penelitian terdahulu, kebaruan penelitian terletak pada tujuannya, yaitu mengidentifikasi dan menentukan tingkat risiko kategori tinggi akibat hujan dalam pekerjaan struktur di Cluster Summarecon Crown Gading. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup observasi lapangan, Analisis Sensitivitas, Metode *Delphi*, dan penyebaran kuesioner. Data dari kuesioner akan diolah dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis*. Dengan demikian, data hasil penelitian ini adalah peringkat risiko yang teridentifikasi serta penentuan mitigasi yang tepat untuk mencegah dan menangani risiko tersebut.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

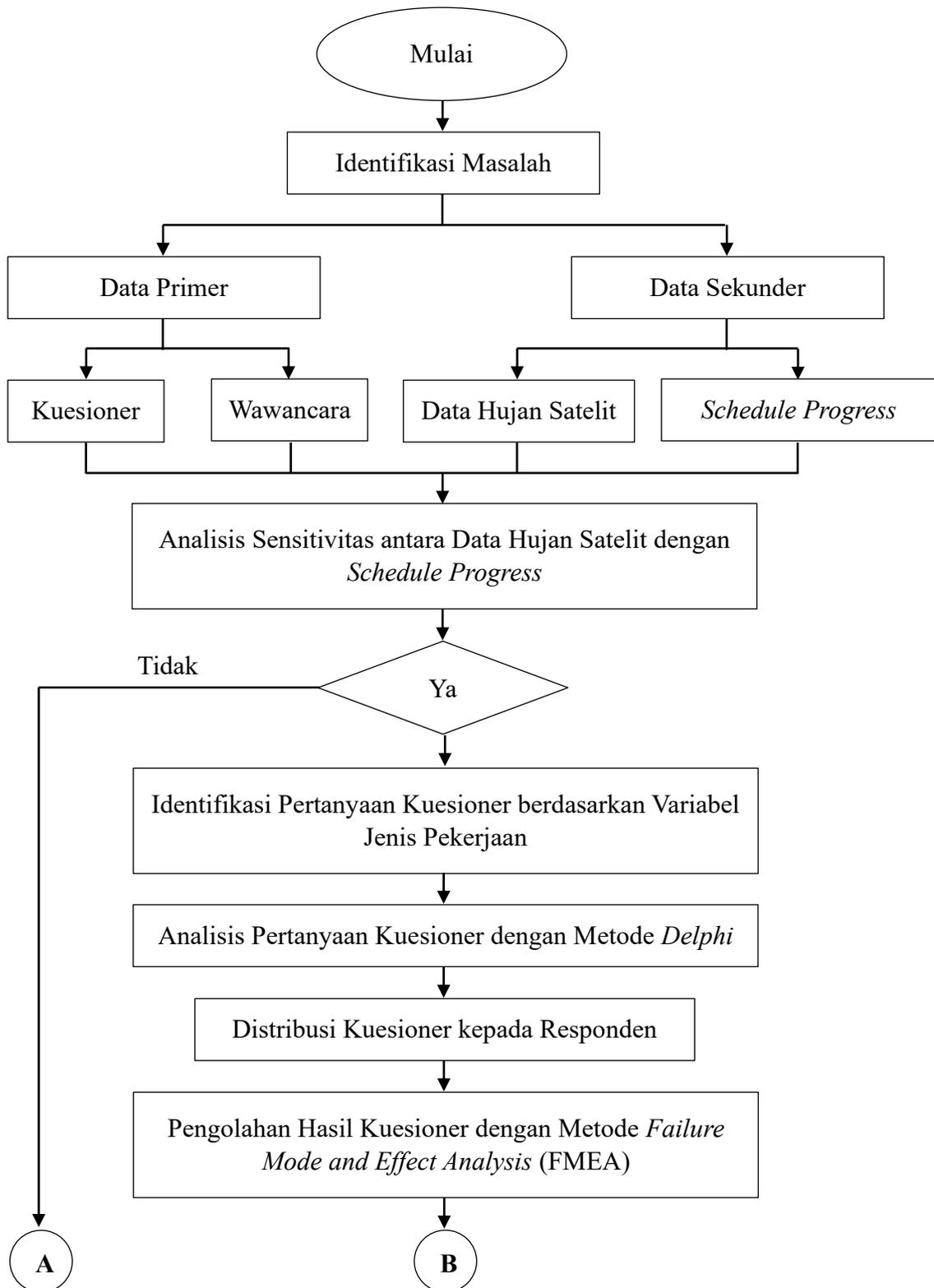
Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan menyebarkan kuesioner kepada responden. Data yang terkumpul dari kuesioner tersebut kemudian dihitung dan dianalisis menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko yang terkait dengan pelaksanaan proyek Cluster Summarecon Crown Gading. Proses penelitian dimulai dengan mengidentifikasi dan menganalisis potensi risiko yang mungkin muncul, mengevaluasi tingkat risiko tersebut, serta menyusun strategi mitigasi yang tepat.

Dalam proses penelitian ini digunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kuesioner, wawancara, dan observasi lapangan yang dilakukan terhadap responden yang dipilih. Sementara itu, data sekunder diambil dari jadwal pelaksanaan Proyek Cluster Summarecon Crown Gading. Pengolahan data dimulai dengan identifikasi risiko melalui kuesioner yang disebarkan kepada responden. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk menghitung nilai rata-rata hasil kuesioner. Selanjutnya, hasil kategori risiko dianalisis menggunakan Metode *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat risiko dari rendah hingga tinggi.

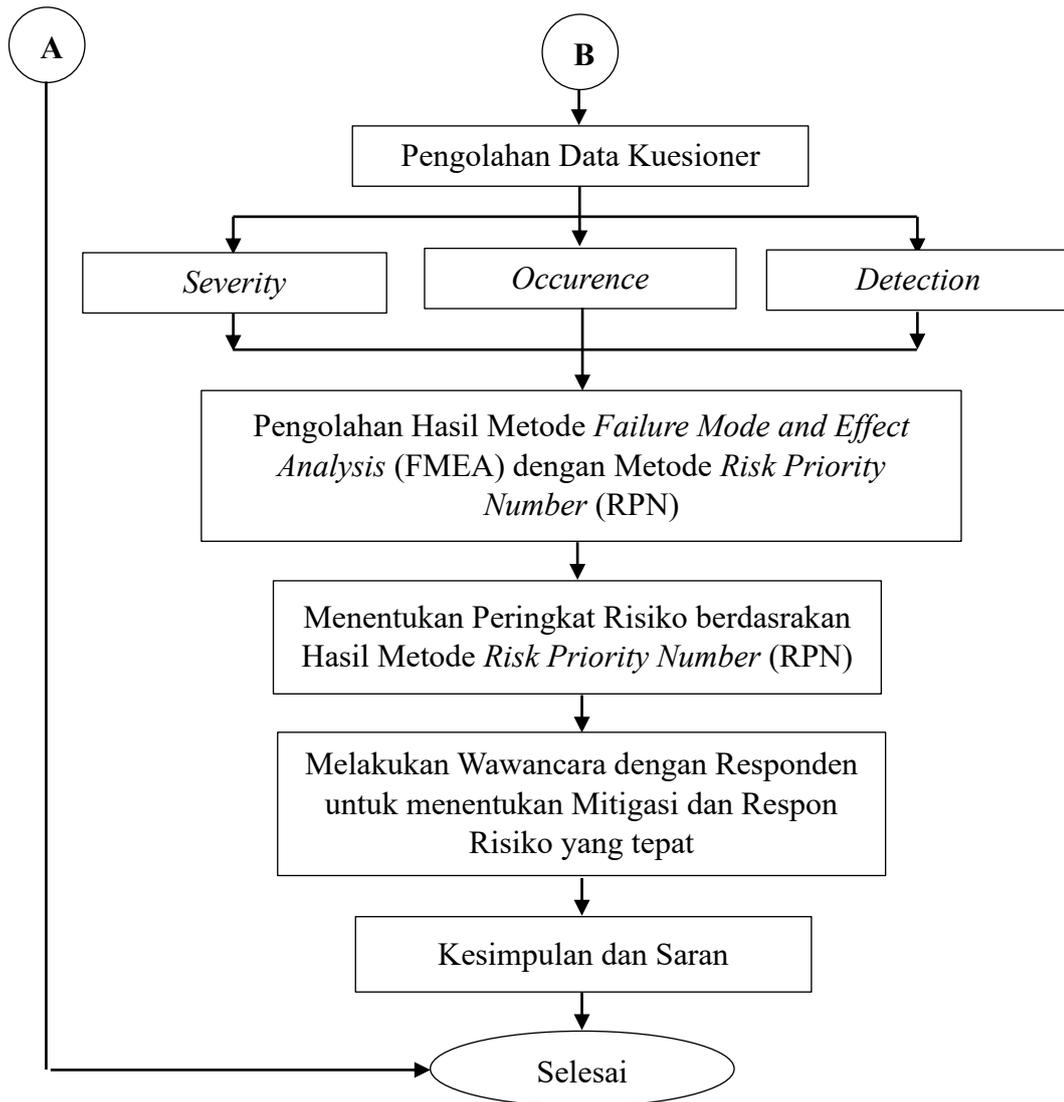
3.2. Kerangka Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian diperlukan kerangka penelitian dari mulai sampai selesai agar memudahkan peneliti dan pembaca dalam memahami tahapan dari

pengerjaan penelitian ini. Kerangka penelitian ini dibuat dalam bentuk diagram alir dan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian (Lanjutan)

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah utama yang akan diteliti. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah melakukan Analisis Sensitivitas data hujan terhadap kemajuan jadwal proyek. Kemudian, identifikasi pertanyaan melalui Metode *Delphi*, yang melibatkan beberapa para ahli. Setelah itu, kuesioner didistribusikan kepada responden. Hasil kuesioner kemudian diolah menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

Selanjutnya, hasil FMEA dianalisis dengan menggunakan Metode *Risk Priority Number* (RPN), yang mengurutkan risiko berdasarkan tingkat prioritasnya. Berdasarkan hasil analisis RPN, risiko-risiko diidentifikasi dan diurutkan sesuai dengan tingkat keparahannya. Langkah terakhir dalam penelitian ini adalah menyusun strategi mitigasi dan respon terhadap risiko yang telah diidentifikasi, untuk mengurangi dampak negatif dan meningkatkan kemungkinan keberhasilan proyek.

3.3. Model Penelitian

Setiap penelitian melibatkan hubungan yang kompleks antara berbagai variabel. Dalam konteks penelitian ini, variabel X berperan sebagai variabel bebas, sementara variabel Y merupakan variabel terikat. Ini berarti bahwa perubahan pada variabel X akan berdampak langsung pada variabel Y. Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai variabel-variabel risiko yang ditinjau dalam penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Variabel Risiko yang Berpotensi Terjadi

Variabel	Kode	Faktor Risiko	Referensi
Material	X 1.1	Ketersediaan material terganggu	Saputro, 2022
	X 1.2	Harga material mengalami kenaikan	Saputro, 2022
	X 1.3	Kurangnya tempat penyimpanan material	Nabut et al., 2021
	X 1.4	Kerusakan material sebelum digunakan	Nabut et al., 2021
	X 1.5	Pesanan material yang terlambat	Saputro, 2022

Tabel 3.1 Variabel Risiko Yang Berpotensi Terjadi (Lanjutan)

Variabel	Kode	Faktor Risiko	Referensi
Peralatan	X 2.1	Kerusakan peralatan proyek	Saputro, 2022
	X 2.2	Produktivitas alat rendah	Saputro, 2022
	X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat	Saputro, 2022
	X 2.4	Kurangnya jumlah unit	Saputro, 2022
Tenaga	X 3.1	Berkurangnya produktivitas	Saputro, 2022
Kerja	X 3.2	Kesehatan pekerja terganggu	Ade, 2023
	X 3.3	Kecelakaan kerja akibat hujan	Ade, 2023
	X 3.4	Kekurangan tenaga kerja	Nabut et al., 2021
Pelaksanaan	X 4.1	Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek	Ade, 2023
	X 4.2	Genangan pada lubang galian	Saputro, 2022
	X 4.3	Kenaikan muka air tanah	Saputro, 2022
	X 4.4	Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan	Ade, 2023
	X 4.5	Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)	Saputro, 2022
	X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	Saputro, 2022
	X 4.7	Terganggunya pekerjaan pemasangan dinding luar dan finishing fasad	Ade, 2023
	X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah	Ade, 2023

Tabel 3.1 Variabel Risiko Yang Berpotensi Terjadi (Lanjutan)

Variabel	Kode	Faktor Risiko	Refensi
Manajerial Lapangan	X 5.1	Pengawasan proyek yang tidak terlaksana dengan baik	Rizal et al., 2024
	X 5.2	Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan	Rizal et al., 2024
	X 5.3	Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat	Rizal et al., 2024
	X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	Rizal et al., 2024
Desain	X 6.1	Kondisi lapangan berubah	Saputro, 2022
	X 6.2	Terlambatnya persetujuan perubahan desain	Saputro, 2022
	X 6.3	Desain yang mengalami perubahan	Saputro, 2022

Variabel dan sub-variabel yang tertera pada tabel di atas berfungsi sebagai dasar utama dalam proses pengolahan dan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini. Proses analisis data dilakukan dengan menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yang memungkinkan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi berbagai kemungkinan risiko serta dampaknya terhadap sistem yang diteliti. Dengan pendekatan FMEA, penelitian ini dapat secara sistematis mengkaji potensi risiko dan merumuskan langkah-langkah mitigasi yang tepat.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan pada tahap pengolahan dan analisis data. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan adalah relevan dan sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan tahap awal melalui survei atau observasi lapangan pada pembangunan Proyek Summarecon Crown Gading dan meninjau untuk faktor-faktor risiko yang ada selama dilakukannya proyek terhadap pelaksanaan proyek konstruksi.

Setelah melakukan observasi lapangan, hasilnya dikaitkan dengan studi literatur yang telah dikumpulkan untuk menentukan variabel. Variabel ini kemudian divalidasi secara awal menggunakan Metode *Delphi* dengan melibatkan pakar-pakar dari PT. Summarecon Agung. Variabel tersebut akan divalidasi berdasarkan pengalaman dan pengetahuan para ahli yang didasarkan dengan kriteria tertentu. Pada penelitian ini, kriteria pakar merupakan tenaga ahli dan para kontraktor yang bekerja di PT Summarecon Agung, adapun kriteria pakar yang dianggap mampu dan mengetahui permasalahan ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Tenaga ahli atau pakar memiliki pendidikan akhir Sarjana Teknik Sipil.
2. Tenaga ahli atau pakar merupakan pimpinan proyek di bidang Manajemen Konstruksi.
3. Tenaga ahli atau pakar memiliki pengalaman kerja minimal 10 tahun.
4. Tenaga ahli atau pakar bekerja di PT. Summarecon Agung Tbk.

Setelah mendapatkan variabel-variabel yang telah divalidasi oleh para pakar, kuesioner kemudian dapat didistribusikan. Hasil kuesioner dianalisis menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Kemudian data sekunder diperoleh dari PT Summarecon Agung Tbk, yang mencakup jadwal waktu proyek Cluster Jasmia dan data hujan satelit untuk periode Januari 2024 hingga Mei 2024. Data hujan ini diperoleh dari Satelit GPM-IMERG dan dinyatakan dalam satuan mm/hari. Setelah mengumpulkan berbagai literatur, dilakukan Analisis Sensitivitas antara data hujan harian dan progress aktual proyek Cluster Jasmia untuk menentukan sejauh mana cuaca hujan mempengaruhi keterlambatan proyek.

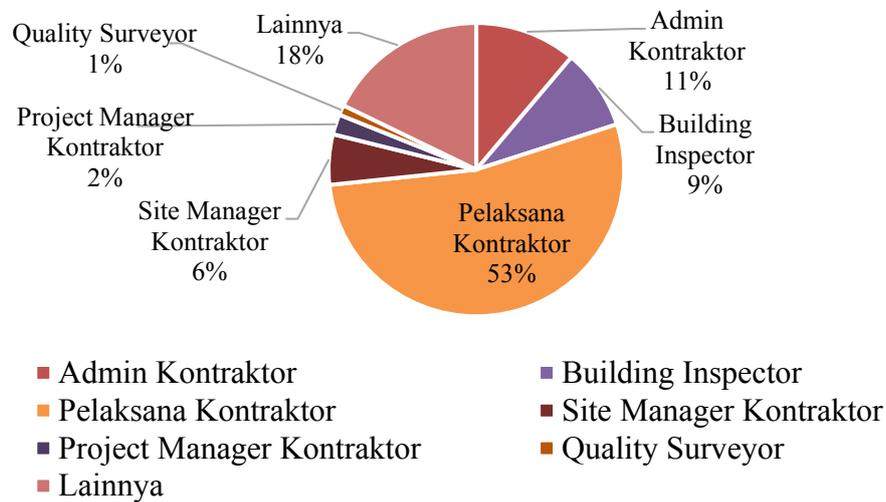
3.5. Kriteria Responden

Pada penelitian ini, kriteria responden yang terlibat merupakan pihak yang terlibat dan memiliki tanggung jawab dalam pelaksanaan proyek Cluster Summarecon Crown Gading. Kriteria responden yang peneliti dianggap mampu dan mengetahui permasalahan ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Merupakan lulusan minimal D3.
2. Memiliki pengalaman di bidang konstruksi minimal 5 tahun.
3. Bekerja di Summarecon Crown Gading.

Berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, langkah berikutnya adalah mendistribusikan kuesioner kepada responden. Proses ini melibatkan pemilihan responden yang sesuai dengan kriteria tersebut, memastikan kuesioner dikirimkan dengan cara yang efisien, serta memberikan instruksi yang jelas agar responden dapat memahami dan menjawab pertanyaan dengan akurat. Distribusi kuesioner ini merupakan tahap krusial dalam pengumpulan data yang akan digunakan untuk

analisis lebih lanjut. Jumlah responden yang menerima kuesioner sebanyak 90 responden, dengan rincian responden dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Persentase Responden Kuesioner

3.6. Gambaran Umum Proyek

Proyek yang ditinjau dalam penelitian ini merupakan sebuah proyek pengembangan hunian yang dikembangkan oleh PT. Summarecon Agung. Pengembangan yang dilakukan adalah Cluster Jasmia yang merupakan salah satu dari Cluster yang dikembangkan oleh Summarecon Crown Gading. PT. Summarecon Agung Tbk. mengembangkan Summarecon Crown Gading sebagai Kelapa Gading Baru.

Summarecon Crown Gading tidak bekerja sendirian dalam pengembangan kawasan ini. Berbagai perusahaan kontraktor telah mengikuti proses tender, dan beberapa di antaranya berhasil memenangkan kontrak. Perusahaan-perusahaan kontraktor yang mendapatkan tender tersebut antara lain PT. Lautan Graha Mas, PT. Ikagriya, PT. Karandatu, PT. Anugerah Mandiri, PT. Cakra Usaha Mandiri, PT. Utama Tigahardja, PT. Panca Inhouse, dan PT. Graha Vimala Abadi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hubungan Hujan Terhadap Keterlambatan Proyek

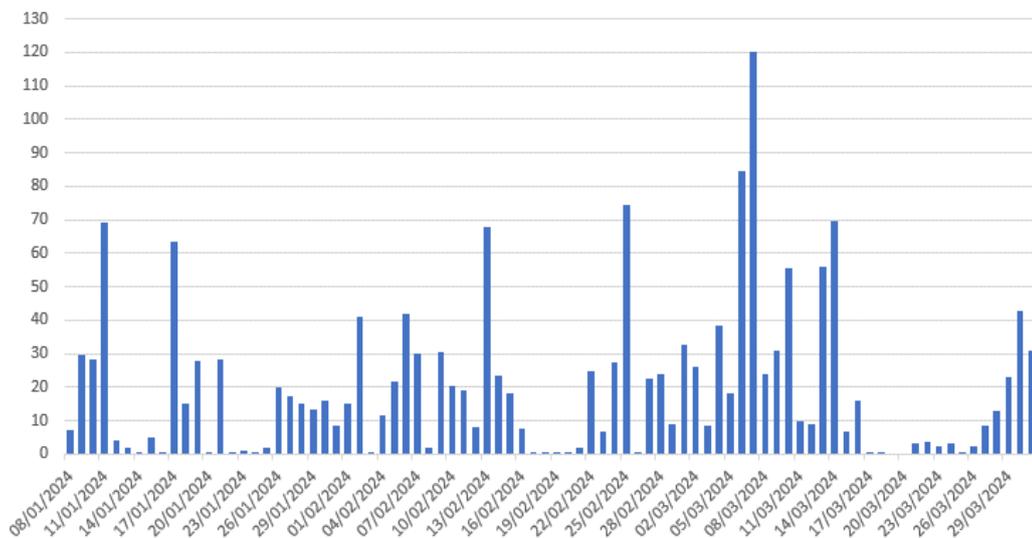
Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak hujan terhadap keterlambatan proyek dengan menggunakan data curah hujan GPM-IMERG serta catatan keterlambatan proyek. Pada bagian ini, akan dijelaskan secara mendetail mengenai data curah hujan satelit yang digunakan, rincian keterlambatan proyek, dan analisis sensitivitas yang menghubungkan curah hujan dengan keterlambatan proyek. Melalui analisis ini, diharapkan dapat ditemukan hubungan yang jelas antara frekuensi dan intensitas hujan dengan waktu penyelesaian proyek.

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana curah hujan mempengaruhi keterlambatan proyek. Metode statistik digunakan untuk menentukan korelasi antara intensitas hujan dengan durasi keterlambatan proyek. Hasil dari analisis sensitivitas diharapkan menunjukkan hubungan yang signifikan antara frekuensi dan intensitas hujan dengan waktu penyelesaian proyek. Jika ditemukan korelasi positif yang kuat, berarti semakin tinggi curah hujan, semakin besar kemungkinan terjadi keterlambatan dalam proyek.

4.1.1. Data Hujan Satelit

Data curah hujan yang dimanfaatkan dalam penelitian ini dikumpulkan dari satelit cuaca GPM-IMERG, yang menyediakan informasi harian mengenai curah hujan di daerah sekitar Summarecon Crown Gading. Batas koordinat spesifik wilayah penelitian adalah 106.9097,-6.3897 untuk titik kiri atas dan 107.0923,-6.2098 untuk titik kanan bawah. Data tersebut mencakup periode sejak awal Januari 2024 hingga

akhir Maret 2024, memberikan rincian lengkap tentang curah hujan yang terjadi setiap hari dalam wilayah yang dibatasi oleh koordinat tersebut. Informasi yang diperoleh meliputi intensitas curah hujan, waktu terjadinya, dan distribusinya sepanjang hari. Data hujan harian untuk periode 8 Januari 2024 hingga 31 Maret 2024 dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Data Hujan Harian di Kabupaten Bekasi

Data ini memberikan gambaran rinci tentang fluktuasi curah hujan harian yang terjadi di Kabupaten Bekasi. Informasi ini sangat penting karena digunakan untuk menganalisis dampaknya terhadap keterlambatan proyek. Dengan memahami pola dan intensitas curah hujan, kita dapat mengidentifikasi bagaimana kondisi cuaca mempengaruhi jadwal kerja, produktivitas, dan potensi penundaan dalam pelaksanaan proyek. Analisis ini membantu dalam merencanakan tindakan mitigasi yang lebih efektif untuk mengurangi risiko keterlambatan akibat kondisi cuaca.

4.1.2. Keterlambatan Proyek

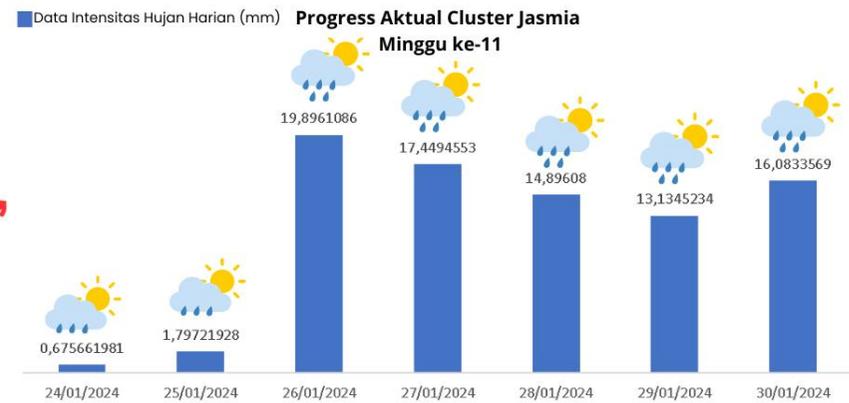
Data keterlambatan proyek dikumpulkan dari laporan progress proyek yang mencakup jadwal aktual dan deviasi dari jadwal yang direncanakan. Penelitian ini secara khusus mengambil data progres dari Proyek Cluster Jasmia, dengan fokus pada jadwal aktual yang dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan. Data tersebut mencakup periode dari minggu ke-9 hingga minggu ke-25, di mana deviasi dan kinerja proyek tercatat secara rinci. Untuk detail lebih lanjut, data aktual dan deviasi proyek selama periode tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2.

Data tersebut menyajikan gambaran yang komprehensif mengenai kemajuan proyek dari minggu ke-9 hingga minggu ke-25, mencakup sejauh mana proyek berjalan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan serta deviasi yang terjadi. Setiap deviasi mencerminkan perbedaan antara rencana dan realisasi, yang memungkinkan analisis mendalam untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan. Informasi ini memberikan wawasan rinci tentang *progress* proyek, membantu mengungkap area-area yang memerlukan perhatian khusus dan langkah-langkah perbaikan yang diperlukan.

4.1.3. Analisis Sensitivitas

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sensitivitas hujan dengan memanfaatkan data hujan satelit harian di Kabupaten Bekasi yang telah diolah serta mengkaji korelasinya dengan jadwal proyek. Dalam penelitian ini, digunakan data hujan satelit GPM-IMERG untuk menganalisis pengaruh curah hujan terhadap deviasi jadwal aktual proyek. Hasil dari Analisis Sensitivitas antara jadwal aktual dan data hujan satelit GPM-IMERG dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.

		TIME SCHEDULE																							
		PEKERJAAN PEMBANGUNAN RUMAH MASSAL TAHAP - 1																							
		— Kumulatif Progress Rencana — Actual																							
		SCHEDULE 15 NOVEMBER 2023 - 05 NOVEMBER 2024																							
		TAHUN 2024										TAHUN 2023										KEY			
NO	URAIAN PEKERJAAN / TAHAPAN	JANUARI					FEBRUARI					MARET					2023								
		08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	24	25	26	27	28	29	30
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
B	PEKERJAAN STRUKTUR																								
1	PEKERJAAN TIANG PANCANG (babok p)																								
2	PEKERJAAN TANAH	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115																			
3	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - STRUKTURAL	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
4	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - NON STRUKTURAL	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	SUB TOTAL																								
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR																								
1	PEKERJAAN PASANGAN																								
2	PEKERJAAN PLAFOND																								
3	PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING																								
4	PEKERJAAN PENGECATAN																								
5	PEKERJAAN SANITAIR																								
6	PEKERJAAN PATISI KACA DAN CERMIN																								
7	PEKERJAAN BESI PABRIKASI																								
8	PEKERJAAN FINISHING FASAD																								
9	PEKERJAAN LUAR & BANGUNAN UTILITAS																								
10	PEKERJAAN SUB KONTRAKTOR KHUSUS																								
	SUB TOTAL																								
D	MEKANIKA ELEKTRIKAL PLUMBING																								
1	PEKERJAAN ELEKTRIKAL						0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
2	PEKERJAAN TELEPHONE DAN DATA						0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3	PEKERJAAN MATV						0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
4	PEKERJAAN TATA UDARA						0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
5	PEKERJAAN AIR BERSIH	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
6	PEKERJAAN AIR BUANGAN	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128
7	TESTING																								
	SUB TOTAL																								
E	PEKERJAAN TAMBAH KURANG	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
1	PEK. TAMBAH KURANG	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	5,99
	BOBOT																								
	PROGRESS RENCANA	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47
	KOMULATIF PROGRESS RENCANA	6,38	10,85	13,32	15,79	18,26	20,73	23,20	25,67	28,14	30,61	33,08	35,55	38,02	40,49	42,96	45,43	47,90	50,37	52,84	55,31	57,78	60,25	62,72	
	Actual	5,99	9,11	10,73	11,50	12,84	18,19	20,97	23,19	24,53	29,97	31,39	34,58	35,87											
	Deviasi	-0,39	-1,74	-2,59	-4,21	-5,42	-12,54	-12,82	-14,48	-16,40	-18,98	-17,00	-16,81	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	-16,10	



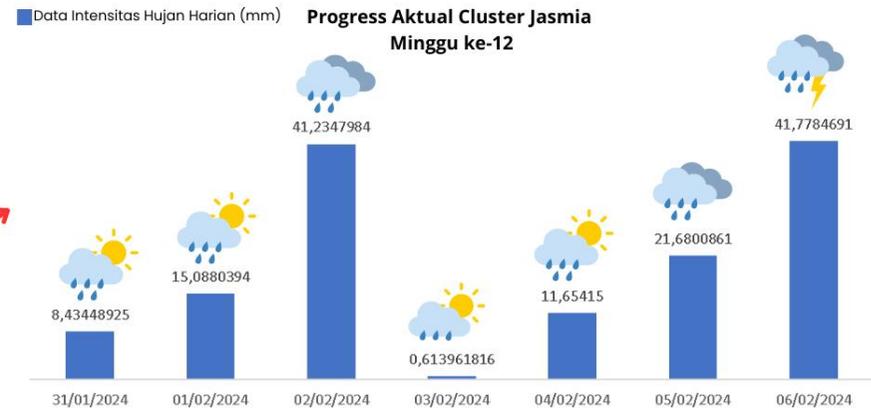
Gambar 4. 2 Analisis Sensitivitas antara *Progress* Mingguan dengan Data Hujan Harian Minggu ke-11

Berdasarkan Gambar 4.2, terlihat bahwa pada minggu ke-11 selama periode 24 Januari 2024 hingga 30 Januari 2024, rencana kemajuan proyek adalah sebesar 2,47%, sedangkan kemajuan aktual di lapangan hanya mencapai 0,77%. Hal ini menunjukkan adanya deviasi atau keterlambatan progres sebesar -1,70%. Grafik menunjukkan intensitas hujan harian di Cluster Jasmia selama periode 24 Januari 2024 hingga 30 Januari 2024.

Garis pada grafik tersebut menunjukkan intensitas hujan harian sepanjang minggu ke-11, yang mempengaruhi berbagai jenis pekerjaan yang telah direncanakan. Pekerjaan yang direncanakan untuk minggu ini mencakup beberapa tahapan penting dalam proyek, termasuk pekerjaan tiang pancang, pekerjaan tanah, pekerjaan struktur beton, pekerjaan instalasi air bersih, serta pekerjaan sistem pembuangan air.

Pada minggu tersebut, hujan turun setiap hari dengan intensitas yang bervariasi. Pada tanggal 24 Januari 2024, intensitas hujan tercatat sebesar 0,675 mm per hari. Pada tanggal 25 Januari 2024, intensitas hujan meningkat menjadi 1,797 mm per hari. Pada tanggal 26 Januari 2024, intensitas hujan mencapai 19,896 mm per hari. Pada tanggal 27 Januari 2024, intensitas hujan tercatat sebesar 17,449 mm per hari. Pada tanggal 28 Januari 2024, intensitas hujan adalah 14,896 mm per hari. Pada tanggal 29 Januari 2024, intensitas hujan sebesar 13,134 mm per hari. Terakhir, pada tanggal 30 Januari 2024, intensitas hujan tercatat sebesar 16,083 mm per hari. Kemudian hasil dari Analisis Sensitivitas antara *schedule actual* dan data hujan satelit GPM-IMERG di minggu ke-12 dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.

		TIME SCHEDULE																			
		PEKERJAAN PEMBANGUNAN RUMAH MASSAL TAHAP - 1																			
		— Kumulatif Progress Rencana — Actual																			
		SCHEDULE 15 NOVEMBER 2023 - 05 NOVEMBER 2024																			
		TAHUN 2024																			
NO	URAIAN PEKERJAAN / TAHAPAN	JANUARI					FEBRUARI					MARET					KET				
		08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20							
A	PERSIAPAN																				
	PEKERJAAN PERSIAPAN	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
B	PEKERJAAN STRUKTUR																				
1	PEKERJAAN TIANG PANCANG (bobok p)																				
2	PEKERJAAN TANAH	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115															
3	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - STRUKTURAL	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
4	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - NON STRUKTURAL	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	SUB TOTAL																				
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR																				
1	PEKERJAAN PASANGAN																				
2	PEKERJAAN PLAFOND																				
3	PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING																				
4	PEKERJAAN PENGECATAN																				
5	PEKERJAAN SANITAIR																				
6	PEKERJAAN PATISI KACA DAN CERMIN																				
7	PEKERJAAN BESI PABRIKASI																				
8	PEKERJAAN FINISHING FASAD																				
9	PEKERJAAN LUAR & BANGUNAN UTILITAS																				
10	PEKERJAAN SUB KONTRAKTOR KHUSUS																				
	SUB TOTAL																				
D	MEKANIKAL ELEKTRIKAL PLUMBING																				
1	PEKERJAAN ELEKTRIKAL																				
2	PEKERJAAN TELEPHONE DAN DATA																				
3	PEKERJAAN MATV																				
4	PEKERJAAN TATA UDARA																				
5	PEKERJAAN AIR BERSIH	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
6	PEKERJAAN AIR BUANGAN	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128
7	TESTING																				
	SUB TOTAL																				
E	PEKERJAAN TAMBAH KURANG																				
1	PEK. TAMBAH KURANG																				
	BOBOT																				
	PROGRESS RENCANA	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,56	2,56	3,08	3,08	3,08	3,39	3,39	3,06					
	KOMULATIF PROGRESS RENCANA	6,38	10,85	13,32	15,79	18,26	20,73	23,29	25,85	28,93	32,02	35,10	38,49	41,55							
	Actual	5,99	9,11	10,73	11,50	12,84	18,19	20,97	23,19	24,53	29,97	31,39	34,58	35,87							
	Deviasi	-0,39	-1,74	-2,59	-4,29	-5,42	-2,54	-2,32	-2,66	-4,40	-5,05	-3,71	-3,91	-5,68							



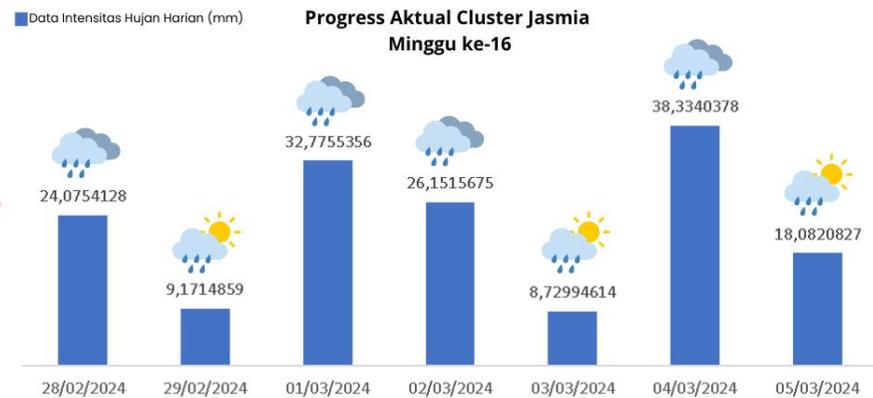
Gambar 4. 3 Analisis Sensitivitas antara *Progress* Mingguan dengan Data Hujan Harian Minggu ke-12

Pada minggu ke-12, dari 31 Januari 2024 hingga 6 Februari 2024, proyek tidak mencapai kemajuan yang diharapkan. Berdasarkan Gambar 4.3, rencana kemajuan proyek seharusnya mencapai 2,47%, namun kenyataannya, kemajuan di lapangan hanya mencapai 1,34%. Hal ini menunjukkan adanya keterlambatan progres sebesar -1,13%.

Grafik tersebut juga mengilustrasikan intensitas hujan harian di Cluster Jasmia selama periode tersebut. Garis pada grafik menampilkan intensitas hujan harian sepanjang minggu ke-12, yang mempengaruhi berbagai jenis pekerjaan yang telah direncanakan. Pekerjaan yang direncanakan untuk minggu ini mencakup beberapa tahapan penting dalam proyek, seperti pekerjaan tiang pancang, pekerjaan tanah, pekerjaan struktur beton, pekerjaan instalasi air bersih, serta pekerjaan sistem pembuangan air.

Selama minggu tersebut, setiap hari hujan turun dengan intensitas yang berbeda. Kemudian, pada tanggal 31 Januari 2024, tercatat bahwa intensitas hujan sebesar 8,434 mm per hari. Intensitas hujan meningkat pada tanggal 1 Februari 2024 menjadi 15,088 mm per hari, dan mencapai puncaknya pada tanggal 2 Februari 2024 dengan intensitas 41,234 mm per hari. Intensitas hujan menurun drastis pada tanggal 3 Februari 2024, tercatat hanya sebesar 0,613 mm per hari. Pada tanggal 4 Februari 2024, intensitas hujan kembali naik menjadi 11,654 mm per hari, diikuti oleh peningkatan lebih lanjut pada tanggal 5 Februari 2024 dengan intensitas sebesar 21,680 mm per hari. Akhirnya, pada tanggal 6 Februari 2024, intensitas hujan tercatat sebesar 41,778 mm per hari. Sedangkan hasil dari Analisis Sensitivitas antara *schedule actual* minggu ke-16 dan data hujan satelit GPM-IMERG dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.

		TIME SCHEDULE														
		PEKERJAAN PEMBANGUNAN RUMAH MASSAL TAHAP - 1														
		— Kumulatif Progress Rencana — Actual														
		SCHEDULE 15 NOVEMBER 2023 - 05 NOVEMBER 2024														
		TAHUN 2024														
NO	URAIAN PEKERJAAN / TAHAPAN	JANUARI					FEBRUARI					MARET				KET
		08-09	10-16	17-23	24-30	31-06	07-13	14-20	21-27	28-05	06-12	13-19	20-26	27-02		
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
B	PEKERJAAN STRUKTUR															
1	PEKERJAAN TIANG PANCANG (babok p)															
2	PEKERJAAN TANAH	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115										
3	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - STRUKTURAL	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82		
4	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - NON STRUKTURAL	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
	SUB TOTAL															
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR															
1	PEKERJAAN PASANGAN									0,53	0,53	0,53	0,53	0,53		
2	PEKERJAAN PLAFOND															
3	PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING															
4	PEKERJAAN PENGECATAN															
5	PEKERJAAN SANITAJR															
6	PEKERJAAN PATISI KACA DAN CERMIN															
7	PEKERJAAN BESI PABRIKASI															
8	PEKERJAAN FINISHING FASAD															
9	PEKERJAAN LUAR & BANGUNAN UTILITAS													0,31	0,31	
10	PEKERJAAN SUB KONTRAKTOR KHUSUS															
	SUB TOTAL														41,55	
D	MEKANIKAL ELEKTRIKAL PLUMBING															
1	PEKERJAAN ELEKTRIKAL						0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
2	PEKERJAAN TELEPHONE DAN DATA						0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
3	PEKERJAAN MATV						0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	
4	PEKERJAAN TATA UDARA						0,23,29	0,23,29	0,23,29	0,23,29	0,23,29	0,23,29	0,23,29	0,23,29	0,23,29	
5	PEKERJAAN AIR BERSIH	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	
6	PEKERJAAN AIR BUANGAN	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	
7	TESTING															
	SUB TOTAL														38,49	
E	PEKERJAAN TAMBAH KURANG															
1	PEK. TAMBAH KURANG															
	BOBOT															
	PROGRESS RENCANA	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,56	2,56	3,08	3,08	3,08	3,39	3,06		
	KOMULATIF PROGRESS RENCANA	6,38	10,85	13,32	15,79	18,26	20,73	23,29	25,85	28,93	32,02	35,10	38,49	41,55		
	Actual	5,99	9,11	10,73	11,50	12,84	18,19	20,97	23,19	24,53	29,97	31,39	34,58	35,87		
	Deviasi	-0,39	-1,74	-2,59	-4,29	-5,42	-2,54	-2,32	-2,66	-4,40	-3,05	-3,71	-3,91	-5,68		



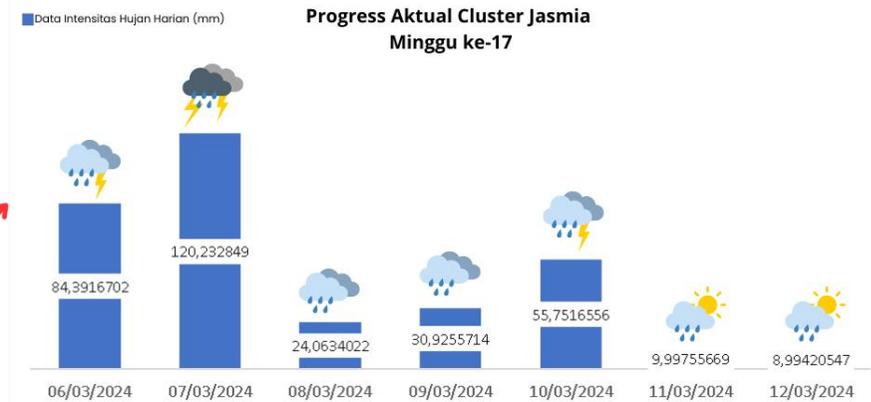
Gambar 4. 4 Analisis Sensitivitas antara *Progress* Mingguan dengan Data Hujan Harian Minggu ke-16

Menurut Gambar 4.4, dalam minggu ke-16 yang berlangsung dari 28 Februari 2024 hingga 5 Maret 2024, proyek tidak mencapai target yang diharapkan. Rencana semula adalah mencapai progres 3,08%, namun kenyataannya di lapangan hanya tercapai 1,34%. Ini mengindikasikan adanya deviasi atau keterlambatan sebesar -1,74%.

Grafik juga menggambarkan intensitas hujan harian di Cluster Jasmia selama periode tersebut. Garis pada grafik menunjukkan intensitas hujan harian sepanjang minggu ke-16, yang mempengaruhi berbagai jenis pekerjaan yang telah direncanakan. Pekerjaan yang direncanakan untuk minggu ini mencakup beberapa tahapan penting dalam proyek, seperti pekerjaan tiang pancang, pekerjaan tanah, pekerjaan struktur beton, pekerjaan pasangan, instalasi air bersih, serta sistem pembuangan air.

Pada periode minggu tersebut tercatat bahwa pada tanggal 28 Februari 2024, intensitas hujan sebesar 24,075 mm per hari. Kemudian terjadi penurunan menjadi 9,171 mm per hari pada tanggal 29 Februari 2024, namun meningkat cukup signifikan menjadi 32,775 mm per hari pada tanggal 1 Maret 2024. Lalu tercatat pada tanggal 2 Maret 2024, intensitas hujan sebesar 26,151 mm per hari. Hari berikutnya intensitas hujan menurun kembali pada tanggal 3 Maret 2024 yaitu 8,729 mm per hari, sementara pada tanggal 4 Maret 2024 meningkat lagi menjadi 38,334 mm per hari. Lalu pada akhir periode minggu tersebut, pada tanggal 5 Maret 2024, intensitas hujan tercatat sebesar 18,082 mm per hari. Sementara itu untuk hasil dari Analisis Sensitivitas antara *schedule actual* minggu ke-17 dan data hujan satelit GPM-IMERG dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.

		TIME SCHEDULE																																	
		PEKERJAAN PEMBANGUNAN RUMAH MASSAL TAHAP - 1																																	
		— Kumulatif Progress Rencana — Actual																																	
		SCHEDULE 15 NOVEMBER 2023 - 05 NOVEMBER 2024																																	
		TAHUN 2023												TAHUN 2024												KEY									
NO	URAIAN PEKERJAAN / TAHAPAN	JANUARI			FEBRUARI			MARET			APRIL			MAY			JUN			JUL			AGUSTUS			SEPT			OKT			NOV			
		01-09	10-16	17-23	24-30	31-06	07-13	14-20	21-27	28-05	06-12	13-19	20-26	27-02	03-09	10-16	17-23	24-30	31-05	06-12	13-19	20-26	27-02	03-09	10-16	17-23	24-30	31-05	06-12	13-19	20-26	27-02			
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01				
B	PEKERJAAN STRUKTUR																																		
1	PEKERJAAN TIANG PANCANG (babok p)																																		
2	PEKERJAAN TANAH	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115																													
3	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - STRUKTURAL	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82				
4	PEKERJAAN STRUKTUR BETON - NON STRUKTURAL	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33				
	SUB TOTAL																																		
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR																																		
1	PEKERJAAN PASANGAN																																		
2	PEKERJAAN PLAFOND																																		
3	PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING																																		
4	PEKERJAAN PENGECATAN																																		
5	PEKERJAAN SANITAJR																																		
6	PEKERJAAN PATISI KACA DAN CERMIN																																		
7	PEKERJAAN BESI PABRIKASI																																		
8	PEKERJAAN FINISHING FASAD																																		
9	PEKERJAAN LUAR & BANGUNAN UTILITAS																																		
10	PEKERJAAN SUB KONTRAKTOR KHUSUS																																		
	SUB TOTAL																																		
D	MEKANIKAL ELEKTRIKAL PLUMBING																																		
1	PEKERJAAN ELEKTRIKAL																																		
2	PEKERJAAN TELEPHONE DAN DATA																																		
3	PEKERJAAN MATV																																		
4	PEKERJAAN TATA UDARA																																		
5	PEKERJAAN AIR BERSIH	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063					
6	PEKERJAAN AIR BUANGAN	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128				
7	TESTING																																		
	SUB TOTAL																																		
E	PEKERJAAN TAMBAH KURANG																																		
1	PEK. TAMBAH KURANG																																		
	BOBOT																																		
	PROGRESS RENCANA	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47					
	KOMULATIF PROGRESS RENCANA	6,38	10,85	13,32	15,79	18,26	20,73	23,20	25,67	28,14	30,61	33,08	35,55	38,02	40,49	42,96	45,43	47,90	50,37	52,84	55,31	57,78	60,25	62,72	65,19	67,66	70,13	72,60	75,07	77,54					
	Actual	5,99	9,11	10,73	11,50	12,84	18,19	20,97	23,19	24,53	29,97	31,39	34,58	35,87																					
	Deviasi	-0,39	-1,74	-2,59	-4,29	-5,42	-2,54	-2,72	-1,44	-4,40	-3,08	-3,71	-0,91	-0,08																					



Gambar 4. 5 Analisis Sensitivitas antara *Progress* Mingguan dengan Data Hujan Harian Minggu ke-17

Berdasarkan Gambar 4.5, selama minggu ke-17, dari 6 Maret 2024 hingga 12 Maret 2024, proyek konstruksi di Cluster Jasmia menghadapi tantangan signifikan. Target kemajuan proyek untuk minggu ini adalah 3,08%. Namun, progres nyata di lapangan hanya mencapai 1,42%, menunjukkan adanya keterlambatan atau deviasi sebesar -1,66%.

Grafik intensitas hujan harian di Cluster Jasmia selama periode ini memberikan pemahaman yang jelas tentang dampak cuaca terhadap berbagai tahapan pekerjaan yang direncanakan. Minggu ini, pekerjaan yang dijadwalkan mencakup tahapan penting seperti pemasangan tiang pancang, pekerjaan tanah, konstruksi beton, pemasangan dinding, instalasi air bersih, serta sistem drainase.

Selama minggu ke-17, hujan turun setiap hari dengan berbagai tingkat intensitas. Pada 6 Maret 2024, curah hujan tercatat 84,391 mm per hari. Curah hujan meningkat drastis pada 7 Maret 2024, mencapai 120,232 mm per hari, sebelum turun menjadi 24,063 mm per hari pada 8 Maret 2024. Pada 9 Maret 2024, intensitas hujan adalah 30,925 mm per hari, dan pada 10 Maret 2024, curah hujan mencapai 55,751 mm per hari. Menjelang akhir minggu, curah hujan menurun lagi, dengan catatan 9,997 mm per hari pada 11 Maret 2024 dan 8,994 mm per hari pada 12 Maret 2024.

Maka dari itu, berdasarkan analisis sensitivitas dapat disimpulkan bahwa keterlambatan proyek memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap kondisi curah hujan, di mana analisis data menunjukkan bahwa variabilitas hujan yang tidak terduga dapat secara signifikan mempengaruhi *timeline* proyek, menyebabkan penundaan dalam berbagai tahapan pelaksanaan, mulai dari persiapan lahan hingga

tahap penyelesaian, yang pada akhirnya menuntut adanya perencanaan yang lebih matang dan adaptif serta penerapan strategi mitigasi risiko yang lebih efektif untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan pola cuaca terhadap kelancaran proyek.

4.2. Analisis Variabel dengan Metode *Delphi*

Sebelum mendistribusikan kuesioner kepada responden, variabel penelitian harus divalidasi terlebih dahulu oleh para ahli menggunakan Metode *Delphi*. Metode ini melibatkan penggunaan kuesioner *Delphi* untuk mengumpulkan pendapat dari pakar yang memiliki keahlian khusus. Dalam penelitian ini, para ahli yang terlibat memiliki latar belakang di bidang manajemen konstruksi dan teknik sipil.

Setelah memperoleh data dari responden pakar, langkah selanjutnya adalah melakukan kuesioner validasi kepada para pakar yang telah diidentifikasi sebelumnya. Kuesioner validasi ini bertujuan untuk memastikan keakuratan dan relevansi variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian. Hasil dari kuesioner validasi ini akan memberikan wawasan penting mengenai pandangan para pakar terkait variabel penelitian yang telah ditentukan. Hasil validasi pakar dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Kuesioner Validasi Pakar

Kode	Faktor Risiko	Setuju	Tidak Setuju	Keterangan
X 1.1	Ketersediaan material terganggu	66,7 %	33,3 %	Valid
X 1.2	Harga material mengalami kenaikan	22,2 %	77,8 %	Tidak Valid
X 1.3	Kurangnya tempat penyimpanan material	44,4 %	55,6 %	Tidak Valid
X 1.4	Kerusakan material sebelum digunakan	66,7 %	33,3 %	Valid

Tabel 4.1 Kuesioner Validasi Pakar (Lanjutan)

Kode	Faktor Risiko	Setuju	Tidak Setuju	Keterangan
X 1.5	Pesanan material yang terlambat	55,6 %	44,4 %	Valid
X 2.1	Kerusakan peralatan proyek	44,4 %	55,6 %	Tidak Valid
X 2.2	Produktivitas alat rendah	66,7 %	33,3 %	Valid
X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat	77,8 %	22,2 %	Valid
X 2.4	Kurangnya jumlah unit	11,1 %	88,9 %	Tidak Valid
X 3.1	Berkurangnya produktivitas	100 %	0 %	Valid
X 3.2	Kesehatan pekerja terganggu	77,8 %	22,2 %	Valid
X 3.3	Kecelakaan kerja akibat hujan	55,6 %	44,4 %	Valid
X 3.4	Kekurangan tenaga kerja	66,7 %	33,3 %	Valid
X 4.1	Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek	66,7 %	33,3 %	Valid
X 4.2	Genangan pada lubang galian	100 %	0 %	Valid
X 4.3	Kenaikan muka air tanah	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.4	Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.5	Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)	66,7 %	33,3 %	Valid
X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.7	Terganggunya pekerjaan pemasangan dinding luar dan finishing fasad	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah	88,9 %	11,1 %	Valid
X 5.1	Pengawasan proyek yang tidak dilakukan dengan baik	44,4 %	55,6 %	Tidak Valid
X 5.2	Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan	55,6 %	44,4 %	Setuju
X 5.3	Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat	88,9 %	11,1 %	Valid

Tabel 4.1 Kuesioner Validasi Pakar (Lanjutan)

Kode	Faktor Risiko	Setuju	Tidak Setuju	Keterangan
X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	100 %	0 %	Valid
X 6.1	Kondisi lapangan berubah	88,9 %	11,1 %	Valid
X 6.2	Terlambatnya persetujuan perubahan desain	11,1 %	88,9 %	Tidak Valid
X 6.3	Desain yang mengalami perubahan	11,1 %	88,9 %	Tidak Valid

Hasil ini menunjukkan bahwa variabel-variabel yang diajukan dalam penelitian telah divalidasi oleh para pakar yang berkompeten di bidangnya. Validasi ini mencakup penilaian terhadap relevansi, keakuratan, dan kelayakan variabel-variabel tersebut dalam konteks penelitian. Dengan adanya validasi dari para pakar, penelitian ini memperoleh dasar yang kuat untuk melanjutkan ke tahap analisis lebih lanjut. Berdasarkan hasil validasi pakar, maka diperoleh variabel yang akan dipergunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Pengolahan Metode *Delphi*

Kode	Faktor Risiko
X 1.1	Ketersediaan material terganggu
X 1.4	Kerusakan material sebelum digunakan
X 1.5	Pesanan material yang terlambat
X 2.2	Produktivitas alat rendah
X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat
X 3.1	Berkurangnya produktivitas
X 3.2	Kesehatan pekerja terganggu
X 3.3	Kecelakaan kerja akibat hujan
X 3.4	Kekurangan tenaga kerja
X 4.1	Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek

Tabel 4. 2 Hasil Pengolahan Metode *Delphi* (Lanjutan)

Kode	Faktor Risiko
X 4.2	Genangan pada lubang galian
X 4.3	Kenaikan muka air tanah
X 4.4	Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan
X 4.5	Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)
X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif
X 4.7	Terganggunya pekerjaan pasangan dinding luar dan finishing fasad
X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah
X 5.2	Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan
X 5.3	Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat
X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik
X 6.1	Kondisi lapangan berubah

Dengan validasi yang dilakukan oleh para pakar, penelitian ini memperoleh dasar yang kuat dan kredibel untuk melanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu distribusi kuesioner menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Validasi ini memastikan bahwa instrumen penelitian telah memenuhi standar keilmuan dan relevansi, sehingga hasil yang diperoleh dari kuesioner FMEA dapat dipercaya dan digunakan sebagai basis untuk analisis risiko dalam manajemen konstruksi di bidang teknik sipil. Melalui metode ini, diharapkan mampu mengidentifikasi dan memitigasi potensi risiko secara lebih efektif.

4.3. Analisis Hasil Kuesioner dengan Metode FMEA

Setelah menganalisis variabel risiko, langkah berikutnya adalah mendistribusikan kuesioner kepada responden untuk mengumpulkan data yang relevan. Data yang diperoleh dari kuesioner tersebut kemudian diproses dengan menghitung rata-rata untuk setiap kategori penilaian. Proses ini membantu dalam mendapatkan

gambaran yang lebih jelas mengenai risiko dan menentukan langkah-langkah selanjutnya yang diperlukan.

Sebagai contoh, dalam pengolahan kuesioner mengenai variabel penghentian operasi alat berat (*Concrete Pump*), nilai rata-rata untuk kategori *Severity* adalah 3,78. Nilai ini diperoleh dengan menerapkan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), sesuai dengan Persamaan (2-1). Proses perhitungan ini melibatkan pengumpulan data dari responden, penilaian dampak atau keseriusan kegagalan yang terjadi, dan perhitungan rata-rata berdasarkan jawaban yang diberikan oleh para responden.

Dengan nilai rata-rata *Severity* yang telah diperoleh, analisis risiko dapat dilanjutkan untuk mengidentifikasi dan menetapkan prioritas dalam tindakan perbaikan serta mitigasi yang diperlukan. Proses ini sangat penting untuk menangani risiko yang berkaitan dengan penghentian operasi alat berat secara efektif. Dengan menentukan prioritas berdasarkan tingkat keseriusan risiko yang telah diukur, langkah-langkah perbaikan dapat dirancang dan diterapkan secara tepat, memastikan bahwa sumber daya difokuskan pada isu-isu yang paling kritis dan dampaknya dapat diminimalkan.

$$Severity = \frac{(K1 + K2 + K3 + K4 + K5 + \dots + K 90)}{90} = \frac{259}{90}$$

$$Severity = 3,78$$

Pengolahan data kuesioner merupakan hasil dari 90 responden. Untuk kategori *Occurrence* dan *Detection*, dihitung dengan cara yang serupa untuk menentukan rata-rata jawaban kuesioner. Setelah mendapatkan nilai variabel dari ketiga kategori dalam Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), nilai-nilai tersebut

dirata-ratakan. Selanjutnya, dilakukan penyusunan peringkat terhadap variabel risiko yang paling berpengaruh menggunakan Metode *Risk Priority Number* (RPN) sesuai dengan Persamaan (2-2).

$$RPN = 3,78 \times 4,94 \times 4,01$$

$$RPN = 74,92$$

Hasil perhitungan RPN untuk setiap variabel risiko dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan RPN

Kode	Faktor Risiko	S	O	D	RPN	Rank	Kategori
X 1.1	Ketersediaan material terganggu	2,88	4,13	3,53	42,03	12	<i>Medium</i>
X 1.4	Kerusakan material sebelum digunakan	3,10	4,29	3,56	47,27	7	<i>High</i>
X 1.5	Pesanan material yang terlambat	2,94	4,20	3,51	43,42	9	<i>Medium</i>
X 2.2	Produktivitas alat rendah	2,80	4,01	3,31	37,19	19	<i>Medium</i>
X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat	3,01	4,27	3,46	44,39	8	<i>High</i>
X 3.1	Berkurangnya produktivitas	2,96	4,09	3,14	38,00	18	<i>Medium</i>
X 3.2	Kesehatan pekerja terganggu	3,11	4,40	3,67	50,19	3	<i>High</i>
X 3.3	Kecelakaan kerja akibat hujan	3,04	4,19	3,22	41,09	13	<i>Medium</i>
X 3.4	Kekurangan tenaga kerja	3,02	4,44	3,61	48,50	5	<i>High</i>

Keterangan : S = *Severity*, O = *Occurrence*, D = *Detection*, RPN = *Risk Priority Number*

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan RPN (Lanjutan)

Kode	Faktor Risiko	S	O	D	RPN	Rank	Kategori
X 4.1	Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek	3,14	4,31	3,53	47,90	6	<i>High</i>
X 4.2	Genangan pada lubang galian	2,87	4,20	3,27	39,33	15	<i>Medium</i>
X 4.3	Kenaikan muka air tanah	2,86	4,12	3,28	38,58	17	<i>Medium</i>
X 4.4	Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan	2,89	4,07	3,33	39,16	16	<i>Medium</i>
X 4.5	Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)	3,78	4,94	4,01	74,92	1	<i>High</i>
X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	3,12	4,39	3,57	48,87	4	<i>High</i>
X 4.7	Terganggunya pekerjaan pemasangan dinding luar dan finishing fasad	3,03	4,26	3,32	42,88	10	<i>Medium</i>
X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah	3,00	4,26	3,32	42,41	11	<i>Medium</i>
X 5.2	Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan	2,57	4,11	2,93	30,95	21	<i>Medium</i>
X 5.3	Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat	2,94	4,31	3,21	40,76	14	<i>Medium</i>

Keterangan : S = *Severity*, O = *Occurrence*, D = *Detection*, RPN = *Risk Priority Number*

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan RPN (Lanjutan)

Kode	Faktor Risiko	S	O	D	RPN	Rank	Kategori
X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	2,69	4,02	3,06	33,05	20	Medium
X 6.1	Kondisi lapangan berubah	3,39	4,71	3,64	58,19	2	High

Keterangan : S = *Severity*, O = *Occurrence*, D = *Detection*, RPN = *Risk Priority Number*

Setelah memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN), langkah berikutnya adalah melakukan penilaian risiko untuk menentukan prioritas perbaikan. Penilaian risiko dilakukan dengan mengklasifikasikan risiko ke dalam tiga kategori: rendah (*low*), sedang (*medium*), dan tinggi (*high*). Untuk menentukan klasifikasi risiko, nilai RPN terbesar yang tercatat adalah 74,92, sementara nilai RPN terkecil adalah 30,95. Selisih antara nilai RPN terbesar dan terkecil, yaitu 43,97, menunjukkan rentang nilai RPN yang perlu diklasifikasikan.

Kisaran nilai ini dibagi menjadi tiga kategori, yang memungkinkan untuk membagi rentang *Risk Priority Number* (RPN). Dengan membagi rentang nilai maksimum dan minimum menjadi tiga kelas, panjang interval untuk setiap kategori dihitung sebesar 14,65. Pembagian ini dilakukan dengan membagi selisih antara nilai maksimum dan minimum RPN dengan jumlah kategori yang ditetapkan, sehingga dapat mengelompokkan risiko secara lebih jelas dalam setiap kategori berdasarkan interval nilai RPN yang telah ditentukan. Detail pembagian kategori dan interval nilai RPN untuk masing-masing kelas risiko dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Kategori Penilaian Risiko

RPN	Kategori Penilaian Risiko
$\geq 43,97$	<i>High</i>
15,65 – 42,97	<i>Medium</i>
$\leq 14,65$	<i>Low</i>

Berdasarkan Tabel 4.3, tingkat risiko dari yang terbesar hingga yang terkecil telah diidentifikasi. Risiko yang termasuk dalam kategori *high* dan berada di peringkat tertinggi adalah penghentian operasi alat berat, seperti *Concrete Pump*, dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 74,92. Hal ini menunjukkan bahwa penundaan operasional alat berat, seperti *Concrete Pump*, akibat hujan sering terjadi di lokasi proyek, dan dapat menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur. Risiko ini menjadi prioritas utama karena dampaknya yang signifikan terhadap jadwal proyek dan efektivitas operasional.

Contoh nyata yang mendukung hal ini terjadi pada proyek pembangunan 6 ruas jalan tol dalam kota Jakarta. Di proyek tersebut, hujan lebat menyebabkan berbagai masalah logistik dan operasional yang signifikan. Penundaan penggunaan *Concrete Pump* menjadi salah satu dampak utama dari kondisi cuaca ini. Akibat hujan deras, area kerja seringkali tergenang air, yang membuat proses pengecoran beton menjadi tidak mungkin dilakukan tepat waktu, sehingga memperlambat keseluruhan proses konstruksi (Maddeppungeng, 2019).

4.4. Respon Risiko

Penelitian berlanjut ke tahap selanjutnya dengan menyusun panduan risiko berdasarkan peringkat *Risk Priority Number* (RPN). Fokus utama adalah pada risiko yang memiliki kemungkinan terjadinya tinggi dan dampak yang signifikan.

Dilakukan diskusi mendalam dengan para responden untuk mengidentifikasi strategi respons risiko dan tindakan penanganan yang sesuai. Hasil dari diskusi mengenai upaya mitigasi dan respons terhadap risiko dapat ditemukan secara detail dalam Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4. 5 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN

Faktor Risiko	Mitigasi/Respon Risiko
Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan cuaca terlebih dahulu sebelum memulai proses pengecoran dengan menggunakan <i>Concrete Pump</i>. 2. Menyiapkan perlindungan dari hujan, seperti tenda atau terpal, apabila <i>truck mixer</i> masih dalam proses menuangkan beton segar. Jika hujan ringan, proses pengecoran dapat dilanjutkan, tetapi jika hujan lebat, harus dihentikan sementara dan pesanan beton ke <i>batching plant</i> ditunda sampai hujan mereda. 3. Ketika hujan lebat, pengecoran harus dihentikan, namun upaya harus dilakukan untuk menyelesaikan pengecoran pada satu bidang untuk menghindari pembentukan <i>joint</i> antara beton lama dan baru yang terlalu lama, yang dapat mengakibatkan retak dan kebocoran pada area yang masih basah.
Kondisi lapangan berubah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat saluran pembuangan untuk mengalirkan air ke saluran saat terjadi genangan, setelah hujan reda, akses jalan dapat diperbaiki agar mobilitas alat berat dapat berfungsi dengan baik kembali. 2. Menyiapkan lokasi yang terlindungi dari cuaca, seperti gudang atau buatlah area di lapangan yang terlindungi. 3. Menyediakan terpal atau plastik untuk pengecoran.

Tabel 4. 6 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN (Lanjutan)

Faktor Risiko	Mitigasi/Respon Risiko
Kesehatan pekerja terganggu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan para pekerja di luar bangunan untuk menghentikan pekerjaan saat hujan turun. 2. Menyiapkan pekerjaan di lokasi yang terlindung dari cuaca untuk memastikan bahwa pekerjaan tetap dapat dilakukan meskipun kondisi cuaca tidak mendukung. 3. Menyediakan jas hujan atau mantel bagi pekerja untuk melindungi mereka dari cuaca buruk, sehingga mereka tetap nyaman dan aman selama bekerja.
Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyesuaikan jadwal atau perencanaan berdasarkan prakiraan cuaca untuk mengurangi dampak hujan 2. Memaksimalkan pekerjaan yang tidak terganggu oleh cuaca untuk menjaga produktivitas. 3. Melakukan lembur atau kerja tambahan pada saat kondisi cuaca memungkinkan untuk mengejar keterlambatan atau memenuhi tenggat waktu.
Kekurangan tenaga kerja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyesuaikan jadwal atau perencanaan berdasarkan prakiraan cuaca untuk mengurangi dampak hujan 2. Memaksimalkan pekerjaan yang tidak terganggu oleh cuaca untuk menjaga produktivitas. 3. Melakukan lembur atau kerja tambahan pada saat kondisi cuaca memungkinkan untuk mengejar keterlambatan atau memenuhi tenggat waktu.
Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan pengaturan waktu untuk menghindari kemacetan, menghindari jam sibuk. 2. Selalu memonitor perkiraan cuaca dan kondisi lalu lintas sebelum pengiriman material. 3. Menggunakan jalur alternatif untuk menghindari kemacetan atau menyesuaikan jalur kerja sesuai kebutuhan.

Tabel 4. 6 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN (Lanjutan)

Faktor Risiko	Mitigasi/Respon Risiko
Kerusakan material sebelum digunakan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan semua material disimpan tertutup dengan terpal jika ditempatkan di luar bangunan. Untuk material seperti semen, pastikan disimpan di dalam gudang dan diberi alas agar tidak terkena beku atau pengerasan. 2. Membuat gudang penyimpanan material yang aman dari hujan. 3. Menyimpan material di gudang agar terhindar dari paparan hujan.
Mobilisasi alat yang terlambat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan pengiriman dilakukan tepat waktu, dengan memperhatikan pengaturan waktu pengirimannya. 2. Memperhatikan waktu pengiriman peralatan agar tidak bertepatan dengan jam padat kendaraan, dengan memanfaatkan jalur alternatif yang tersedia jika memungkinkan, dan selalu memonitor perkiraan cuaca sebelum melakukan pengiriman peralatan.
Pesanan material yang terlambat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan pengiriman material dilakukan sebelum hujan turun. 2. Memperhatikan jadwal pengiriman peralatan agar tidak bertabrakan dengan jam padat kendaraan, menggunakan jalur alternatif bila ada kesempatan, dan selalu memperhatikan prakiraan cuaca sebelum melakukan pengiriman. 3. Menyusun jadwal yang telah disesuaikan dengan faktor cuaca dan faktor lainnya. 4. Melakukan pemesanan material dari jauh-jauh hari sebelum musim hujan tiba.

Tabel 4. 6 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN (Lanjutan)

Faktor Risiko	Mitigasi/Respon Risiko
<p>Terganggunya pekerjaan pemasangan dinding luar dan finishing fasad</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyiapkan terpal atau penutup untuk memungkinkan kelanjutan pekerjaan saat hujan tidak terlalu deras, dengan pekerjaan dapat dilanjutkan setelah hujan reda atau dengan melakukan lembur jika diperlukan. 2. Menggunakan terpal saat pekerjaan fasad untuk melindungi area kerja dari cuaca hujan. 3. Menyusun rencana pekerjaan dengan melihat kondisi cuaca atau dengan menganalisa prakiraan cuaca hujan.
<p>Terganggunya pekerjaan tanah</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjadwalkan prakiraan cuaca untuk memonitor kondisi dengan efektif. 2. Maksimalkan pekerjaan saat cuaca memungkinkan dengan menambah jumlah pekerja dan memastikan tanah yang digali tidak mudah longsor melalui pembuatan dinding penahan sementara, seperti menggunakan pasangan bata atau batu kali. 3. Melakukan lembur apabila cuaca mendukung 4. Mempersiapkan alat sedot air untuk menguras genangan air akibat hujan
<p>Ketersediaan Material Terganggu</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jika semen terkena hujan, dapat meminjam dari kontraktor yang memiliki stok semen yang aman dan dapat digunakan sementara. 2. Menjadwalkan kedatangan material dengan memperhitungkan kondisi cuaca untuk memastikan material tiba pada waktu yang tepat. 3. Mengatur jadwal pengiriman dan penyimpanan material di lokasi proyek agar tetap sesuai dengan rencana dan kondisi cuaca.

Tabel 4. 6 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN (Lanjutan)

Faktor Risiko	Mitigasi/Respon Risiko
Kecelakaan kerja akibat hujan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mempersiapkan tempat perlindungan sementara atau tenda di area kerja untuk melindungi pekerja dari hujan, sehingga mereka dapat tetap bekerja dengan aman dan nyaman. 2. Melakukan evaluasi risiko secara berkala terhadap lingkungan kerja yang terkena dampak hujan untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi masalah serta memastikan keselamatan dan efisiensi operasional.
Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan pengaturan waktu yang tepat agar pekerjaan tidak terganggu oleh hujan. 2. Melakukan percepatan jadwal kerja untuk meningkatkan laju penyelesaian pekerjaan, terutama pada tugas-tugas yang dapat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. 3. Menyusun analisis pekerjaan yang memperhitungkan dampak cuaca yang mungkin terjadi. 4. Melakukan pemantauan cuaca secara berkala untuk meningkatkan efisiensi kerja.
Genangan pada lubang galian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sebelum memulai galian, memastikan telah dilakukan perencanaan <i>drainase</i> yang baik dengan menyiapkan saluran air atau sulingan untuk mengalirkan air hujan menjauh dari lubang galian. 2. Jika diperkirakan hujan deras, pertimbangkan untuk menutup atau melindungi sementara lubang galian dengan terpal atau penutup lainnya. 3. Mempersiapkan pompa air atau alat sedot air untuk menguras genangan air dari lubang galian setelah hujan mereda.

Tabel 4. 6 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN (Lanjutan)

Faktor Risiko	Mitigasi/Respon Risiko
Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selalu pantau perkiraan cuaca dan jadwal pekerjaan secara rutin. Jika cuaca buruk diperkirakan, pertimbangkan untuk menunda pekerjaan yang sensitif terhadap cuaca 2. Jika terjadi hujan yang tidak terduga, jadwalkan ulang pekerjaan yang membutuhkan kondisi cuaca yang baik untuk memastikan kualitasnya tetap terjaga. 3. Menyiapkan perlindungan tambahan seperti terpal atau penutup untuk melindungi pekerjaan yang sedang berlangsung dari paparan langsung hujan.
Kenaikan muka air tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan tanah telah dipadatkan atau melakukan <i>dewatering</i>. 2. Melakukan penambahan tenaga kerja untuk mempercepat pekerjaan pondasi. 3. Membuat saluran sementara seperti sulingan atau melakukan penggalian di bawah muka air tanah, kemudian mengosongkan air tanah dengan menggunakan pompa. 4. Menyediakan Pompa Sumur Sumbu (<i>Sumber Sible</i>).
Berkurangnya produktivitas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jika terjadi hujan, pekerjaan yang dilakukan di luar seperti fabrikasi besi sebaiknya dipindahkan ke dalam bangunan atau gudang fabrikasi untuk memastikan kelangsungan proses. 2. Membuat jadwal percepatan untuk meningkatkan kecepatan pekerjaan. 3. Menambahkan tenaga kerja yang ahli untuk mendukung percepatan pekerjaan.

Tabel 4. 6 Mitigasi Dan Respon Risiko Berdasarkan Hasil RPN (Lanjutan)

Faktor Risiko	Mitigasi/Respon Risiko
Produktivitas alat rendah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengatur penjadwalan penggunaan alat dengan mempertimbangkan kondisi cuaca untuk mengoptimalkan waktu operasional dan meminimalkan dampak hujan. 2. Menyediakan alat cadangan untuk memastikan ketersediaan peralatan yang diperlukan jika alat utama mengalami gangguan atau kerusakan akibat cuaca.
Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan agar <i>overlap</i> pekerjaan tetap sesuai dengan prosedur operasional standar (SOP) yang ditetapkan. 2. Menyusun jadwal pekerjaan yang meminimalkan potensi <i>overlap</i> dan mengikuti tahapan yang telah direncanakan. 3. Mengatur urutan pekerjaan dengan memperoleh masukan dari pihak terkait atau yang berpengalaman. 4. Menyusun jadwal mingguan untuk mengatur dan memantau progres pekerjaan secara sistematis.
Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan evaluasi menyeluruh terhadap setiap aspek kompleksitas pekerjaan sebelum memulai, termasuk penilaian risiko, kebutuhan sumber daya, dan potensi tantangan yang mungkin dihadapi. 2. Memberikan arahan kepada tim sebelum memulai pekerjaan untuk memastikan pemahaman tugas yang jelas. 3. Berkonsultasi dengan pihak terkait atau yang memiliki pengalaman untuk mendapatkan masukan dan saran berharga.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada proyek pembangunan Cluster Summarecon Crown Gading didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Risiko yang muncul akibat hujan selama pelaksanaan pekerjaan struktur di proyek Cluster Summarecon Crown Gading mencakup berbagai aspek yang dapat mempengaruhi jadwal, kualitas, dan keselamatan kerja. Beberapa risiko yang terjadi akibat hujan adalah gangguan pada ketersediaan material, kerusakan material sebelum digunakan, keterlambatan pesanan material, penurunan produktivitas alat, keterlambatan mobilisasi alat, berkurangnya produktivitas, gangguan kesehatan pekerja, kecelakaan yang disebabkan oleh hujan, kekurangan tenaga kerja, kemacetan di sekitar lokasi proyek, genangan pada lubang galian, kenaikan muka air tanah, ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan, penghentian operasi alat berat (*Concrete Pump*), ketidakefektifan metode pelaksanaan, gangguan pekerjaan tanah, kesalahan dalam memperkirakan waktu kerja, rencana urutan kerja yang tidak teratur, serta perubahan kondisi lapangan.
- b. Risiko yang muncul akibat hujan selama pelaksanaan pekerjaan struktur di proyek Cluster Summarecon Crown Gading. Berikut merupakan tingkat risiko yang terjadi akibat hujan dengan tingkat risiko termasuk dalam kategori tinggi, yaitu gangguan pada ketersediaan material, kerusakan material sebelum digunakan, keterlambatan pesanan material, penurunan produktivitas alat, keterlambatan mobilisasi alat, berkurangnya produktivitas, gangguan kesehatan

pekerja, kecelakaan yang disebabkan oleh hujan, kekurangan tenaga kerja, kemacetan di sekitar lokasi proyek, genangan pada lubang galian, kenaikan muka air tanah, ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan, penghentian operasi alat berat (*Concrete Pump*), ketidakefektifan metode pelaksanaan, gangguan pekerjaan tanah, kesalahan dalam memperkirakan waktu kerja, rencana urutan kerja yang tidak teratur, serta perubahan kondisi lapangan dengan nilai RPN berturut-turut adalah 47,27; 44,39; 50,19; 48,50; 47,90; 74,92; 48,87; dan 58,19

- c. Mitigasi risiko kerusakan material sebelum digunakan dapat dilakukan dengan melindungi material yang disimpan di luar dengan terpal atau dengan membuat gudang penyimpanan yang aman dari hujan.
- d. Mitigasi risiko keterlambatan mobilisasi alat dapat dilakukan dengan memastikan pengiriman tepat waktu, menghindari jam padat kendaraan, memanfaatkan jalur alternatif, dan memonitor cuaca sebelum pengiriman.
- e. Mitigasi risiko kesehatan pekerja dapat dilakukan dengan menghentikan pekerjaan di luar bangunan saat hujan, menyiapkan pekerjaan di lokasi yang terlindungi dari cuaca, dan menyediakan jas hujan atau mantel bagi pekerja.
- f. Mitigasi risiko kekurangan tenaga kerja dapat dilakukan dengan menyesuaikan jadwal berdasarkan prakiraan cuaca, memaksimalkan pekerjaan yang tidak terpengaruh cuaca, dan melakukan lembur atau kerja tambahan saat cuaca mendukung.
- g. Mitigasi risiko kemacetan di sekitar lokasi proyek dapat dilakukan dengan mengatur waktu pengiriman material agar tidak bertepatan dengan jam sibuk,

memantau cuaca dan kondisi lalu lintas sebelum pengiriman, serta menggunakan jalur alternatif jika diperlukan.

- h. Mitigasi risiko penghentian operasi alat berat (*Concrete Pump*) dapat dilakukan dengan memeriksa kondisi cuaca sebelum pengecoran. Jika hujan lebat, hentikan pengecoran, tetapi usahakan menyelesaikan pengecoran di satu area untuk menghindari pembentukan *joint* yang terlalu lama antara beton lama dan baru, yang bisa menyebabkan retak dan kebocoran.
- i. Mitigasi risiko metode pelaksanaan kurang efektif dapat dilakukan dengan menyesuaikan jadwal berdasarkan prakiraan cuaca, memaksimalkan pekerjaan yang tidak terpengaruh cuaca, dan melakukan lembur atau kerja tambahan saat cuaca memungkinkan.
- j. Mitigasi risiko perubahan kondisi lapangan dapat dilakukan dengan membuat saluran pembuangan untuk mengalirkan air genangan dan memperbaiki akses jalan setelah hujan reda. Siapkan lokasi yang terlindungi dari cuaca, seperti gudang.

5.2. Saran

Untuk meningkatkan kesiapan dalam menghadapi pelaksanaan proyek, berikut adalah beberapa saran yang dapat diimplementasikan oleh penyedia jasa konstruksi.

- a. Penyedia jasa konstruksi disarankan untuk mempersiapkan dan mengelola risiko-risiko yang mungkin timbul saat cuaca hujan, dengan merujuk pada respons terhadap risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya.
- b. Penyedia jasa diharapkan merancang rencana pemantauan cuaca yang efektif selama pelaksanaan proyek, dengan memanfaatkan teknologi cuaca dan aplikasi prakiraan cuaca untuk memantau kondisi cuaca secara *real-time*.

- c. Memberikan pelatihan mengenai prosedur keselamatan dan teknik kerja yang aman saat kondisi cuaca ekstrem. Peningkatan kompetensi ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan kerja dan memperkuat kemampuan tim dalam menghadapi berbagai situasi yang tidak terduga.
- d. Memperkuat komunikasi dan koordinasi antara tim proyek, serta dengan pihak terkait seperti pemasok dan subkontraktor. Komunikasi yang baik akan membantu dalam mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah dengan cepat, serta memastikan kelancaran proses konstruksi.
- e. Untuk penelitian lanjutan, disarankan menganalisis risiko konstruksi di daerah dan kondisi cuaca yang berbeda. Dengan tujuan untuk memahami lebih dalam dampak cuaca terhadap keterlambatan proyek konstruksi serta menyesuaikan strategi mitigasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade, R. (2023). Analisis Risiko Pengaruh Musim Penghujan Terhadap Penyelesaian Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Bangunan Gedung Di Yogyakarta).
- Agustinus, A., Evan, Cristopall, J., Berthan, A., Rey, J., & Gede, I. (2023). Optimasi Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Pada UMKM Volare Giftbox Dengan Pendekatan Sistem. *Simposium Nasional RAPI XXI*, 353–364.
- Aminullah, A. (2020). Uji Kekuatan Mutu Beton Terhadap Pengaruh Cuaca Pada Variasi Waktu Tertentu Dalam Perlakuan Pada Sampel Kubus Sisi 15 Cm. 353-1-SM. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 3(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.31602/jk.v3i2.4241>
- Amirinnisa, M., & Bisma, R. (2023). Analisis Penilaian Risiko Keamanan Informasi Berdasarkan Iso 27005 Untuk Persiapan Sertifikasi Iso 27001 pada Pemerintah Kota Madiun. *JEISBI*, 4(4), 47–59.
- Apriliyani, M. A., & Amin, M. (2019). Analisis Keterlambatan Berbasis Manajemen Risiko Pada Proyek Warehouse Lazada Tahap 2. *Rekayasa Sipil*, 8(2), 58–68. <https://doi.org/10.22441/jrs.2019.V08.i2.02>
- Aryanto, R. (2023). Penentuan Metode Distribusi Frekuensi Curah Hujan.
- Badaruddin, Kadir, H. S., & Nisa, K. (2021). *HIDROLOGI HUTAN* (H. Fajeryadi, Ed.).
- Basten, V., Latief, Y., Berawi, M. A., Riswanto, & Muliarto, H. (2018). Green Building Premium Cost Analysis in Indonesia Using Work Breakdown Structure Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 124(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/124/1/012004>
- Charitarindra, S., & Nurcahyo, C. B. (2021). Analisis Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53237>

- Damayanti, D., Tripiawan, W., & Puspita, I. (2022). Perancangan Risk Register dan Risk Response Menggunakan Metode Kualitatif pada Proyek Additional Bag Filter Bin#3 di PT XXY. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i4.6051>
- Dinda, A. (2022). Analisis Indeks Erosivitas Hujan Menggunakan Metode Bols dan Lenvain (Studi Kasus: Sub-dub DAS Khilau, Sub DAS Way Bulok, DAS Way Sekampung, Provinsi Lampung). Universitas Lampung.
- Dwinanda, N., Eka Priana, S., & Herista, F. (2023). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PROYEK KONSTRUKSI TAHUN 2021 DI KABUPATEN LIMA PULUH KOTA. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 2(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.33559/err.v2i2.1715>
- Fadel, M., & Gusman, M. (2021). Analisis Kelayakan dan Pemilihan Investasi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut di PT.Bara Prima Pratama Blok Retih Desa Batu Ampar Kecamatan Kemuning Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Bina Tambang*, 6(5), 1–16.
- Fathoni, M. Z. (2020). Analisis Risiko Pada Proyek Pembuatan Lintel Set Point Dengan Metode Kualitatif (Studi Kasus : PT. XYZ). *XIV*(2), 113–126.
- Firdasari, Purwandito, M., & Syahfitriani. (2022). Analisis Kelayakan Investasi Pengembangan Perumahan Subsidi di Kabupaten Aceh Tamiang. *Serambi Enginneing*, 7(2), 3041–3048.
- Fitrianisa, R. N., Widowati, Y. R., & Suhartono, B. (2023). Analisis Implementasi Pemanfaatan Pembangunan Instalasi Pemanen Air Hujan (IPAH) Studi Kasus: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Pembangunan Dan Administrasi Publik*, 5(2), 51–58.
- Gilang, E., & Viendra, A. O. (2018). Penerapan Metode Delphi dan Servqual untuk Perbaikan Mutu Pelayanan di Plasa Telkom Sitiung. *Jurnal Teknik Industri*, 4(2).

- Hairul. (2020). Buku Manajemen Risiko. <http://eprints.uniska-bjm.ac.id/id/eprint/4481>
- Hanavi. (2020). Analisis Penilaian Risiko Menggunakan Metode Delphi.
- Handoko, J., Fendy, & Andi. (2015). PENGATURAN RISIKO HUJAN DALAM KONTRAK SERTA DAMPAK DAN KENDALANYA PADAPROYEK KONSTRUKSI.
- Ishomi, N., & Maulana, R. (2022). Analisa Hidrologi Sungai Sringin (Studi Kasus : Di Wilayah Unissula). Universitas Islam Sultan Agung.
- Jevon, I., & Rahardjo, J. (2021). Penerapan Manajemen Risiko menggunakan Metode FMEA pada Proyek Penggalian Sumur Bor oleh CV. Tirto Kencana. *Jurnal Titra*, 9(2), 471–478.
- Kristiana, R., Syafi'ur, A., Yusuf, M., Sedyanto, Lawa, K., Sutikni, & Hadifah, A. (2022). Manajemen Risiko (Afriansyah, Ed.; 1st ed., Vol. 1). CV. Mega Press Nusantara. www.megapress.co.id
- Legionosuko, T., Madjid, M. A., Asmoro, N., & Samudro, E. G. (2019). Posisi dan Strategi Indonesia dalam Menghadapi Perubahan Iklim guna Mendukung Ketahanan Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 25(3), 295. <https://doi.org/10.22146/jkn.50907>
- Lengkong, S. S. M., Manoppo, F. J., & Dundu, A. K. T. (2022). STUDI KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI DI KABUPATEN MINAHASA SELATAN. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(1), 49–66.
- Mada, M., & Sultan, M. (2023). Analisa Ekenomi Teknik Pembangunan Pasar Apung Di Desa Randusanga Wetan, Brebes. Universitas Islam Sultan Agung.
- Malihah, L. (2022). Tantangan Dalam Upaya Mengatasi Dampak Perubahan Iklim Dan Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, 17(2), 219–232. <https://doi.org/10.47441/jkp.v17i2.272>

- Megawati, L. (2020). ANALISIS FAKTOR KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG. *Jurnal Teknik Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, 21(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.33751/teknik.v21i2.3282>
- Monica, T., Christie, O., & Andi. (2014). Analisis Frekuensi, Dampak, dan Jenis Keterlambatan Pada Proyek Konstruksi.
- Nanga Bulik, P. N. (2022). Analisis Manajemen Risiko Tahun 2022. Pengadilan Negeri.
- Naufal, B. (2022). Evaluasi Elevasi Muka Air Banjir Pada Bendung Tirta Sari Sungai Bingei Di Kota Binjai. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- Novita, N., & Maria, E. (2024). Penerapan ISO 31000:2018 Untuk Manajemen Risiko Pada Sistem Informasi Sekolah Terpadu. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, 7(1), 31–45.
- Nugraha, N., Widodo, S., & Alwi, A. (2015). ANALISA RESIKO DAN MITIGASI PADA KONSTRUKSI JALAN DI LAHAN GAMBUT. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.26418/jtst.v15i2.25549>
- Perdana, H. (2020). Pasar Uang Dalam Perekonomian. Universitas Pasir Pengaraian.
- Puspita, K., Judijanto, I, & Widiyanto, S. (2024). Manajemen Risiko (Tukimun, Ed.; 1st ed.). CV.TRIPE KONSULTAN. www.sulur.co.id
- Rachmi, N. (2021). Telaah Hubungan Pacific Decadal Oscillation Dengan Madden Julian Oscillatin Di Nusantara. Universitas Hasanuddin.
- Radjab, A. F. (2024). Buletin Informasi Iklim.
- Raja, V., & Pamungkas, R. (2020). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK STEERING HEAD PIPE 2PH DI PT SETIA GUNA SEJATI MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DAN FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA) TIM PENELITI.

[https://p2mft.unkris.ac.id/upload/dokumen/20220704010037Ridho%20Arianto%20\(1670031064\).pdf](https://p2mft.unkris.ac.id/upload/dokumen/20220704010037Ridho%20Arianto%20(1670031064).pdf)

- Ramadhan, A., & Yustiana, F. (2023). Analisis Karakteristik Curah Hujan dengan Metode Mann Kendall Test dan Median Crossing Test di Kabupaten Padang Pariaman. FTSP Series: Seminar Nasional Dan Diseminasi Tugas Akhir, 231–237.
- Ratna Prabawadhani, D., Harsoyo, B., Handoko Seto, T., Bayu Rizky Prayoga, M., Besar Teknologi Modifikasi Cuaca -Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, B., Ir Mohammad Soebagio, G., Puspiptek, K., & Selatan, T. (2016). KARAKTERISTIK TEMPORAL DAN SPASIAL CURAH HUJAN PENYEBAB BANJIR DI WILAYAH DKI JAKARTA DAN SEKITARNYA Spatial and Temporal Characteristics of Flood-Induced Rainfall in Jakarta Area and Its Surroundings. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(1), 21–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.29122/jstm.v17i1.957>
- Salsabila, A., & Lusi, I. (2020). Pengantar Hidrologi (Februari 2020). AURA.
- Sanusi, W., & Side, S. (2016). Statistika Untuk Pemodelan Data Curah Hujan (R. Maru, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Universitas Negeri Makassar.
- Sarjana, S., Nardo., R., Hartono, R., Hasrudy, Z., Irmal, Irfai, M., & Wahyuni, s. (2022). Manajemen Risiko (H. Fajar, Ed.). Media Sains Indonesia.
- Sasi, A., Azizi, E. A. P., Pangkerego, N. L., Afifah, P. A., Napitupulu, T. T., & Sinaga, J. F. (2023). MITIGASI DAN PERBAIKAN KUALITAS AKTIVITAS PENGADAAN MATERIAL PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS PADA PT XYZ (Vol. 426, Issue 4). <http://jurnal.kolibi.org/index.php/neraca>
- Silvia, A. (2016). Analisa Distribusi Curah Hujan Di Area Merapi Menggunakan Metode Aritmatika Atau Rata-rata Aljabar Dan Isohyet. Universitas Negeri Semarang.

- Siti, E. (2020). Analisis Hubungan Durasi Hujan Terhadap Tebal Hujan Dan Intensitas Hujan Pada Stasiun Klimatologi Pondok Betung Kota Tangerang Selatan. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Soebagyo, H., Karmiadi, D. W., & Djarot, I. N. (2021). Pemanfaatan Metode Delphi untuk Membangun Konsensus Prioritasi Topik Riset: Kasus Teknologi Transportasi.
- Suhadi, Mabruroh, F., Wiyanto, A., & Ikra. (2023). Analisis Fenomena Perubahan Iklim Terhadap Cuaca Hujan Ekstrim. OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika, 7(1), 94–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.37478/optika.v7i1.2738>
- Takengon, P. N. (2023). Analisis Manajemen Risiko. www.pn-takengon.go.id
- Tri, D. (2018). Analisis dan Mitigasi dengan Metode Risk Assesment (Studi Kasus: PG. Madukismo). Universitas Islam Indonesia.
- Vorst, C. R., Priyarsono, D. S., & Budiman, A. (2018). Manajemen Risiko Berbasis SNI ISO 31000.
- Wira, N., & Yekti, W. (2023). Penerapan Manajemen Risiko Berbasis Aset Sebagai Salah Satu Bentuk Pengamanan Perusahaan pada PT.XYZ. MAMEN: Jurnal Manajemen, 2(1), 93–102. <https://doi.org/10.55123/mamen.v2i1.1209>
- Yadi, R. F., & Priyanto, B. (2023). PENGELOLAAN RISIKO DAMPAK HUJAN LEBAT TERHADAP PELAKSANAAN PEKERJAAN TIMBUNAN PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN JLANTAH. Jurnal Sosial Dan Teknologi (SOSTECH), 3(3).
- Yasa, I. W., Sulistiyono, H., Hartana, H., Jayanegara, I. D. G., Saidah, H., Saadi, Y., & Agastya, D. M. (2024). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Kedalaman dan Intensitas Hujan. REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development, 23–28. <https://doi.org/10.22487/renstra.v5i1.618>
- Yudistira, D., & Christian, H. (2021). Peluang Bencana Banjir Pada Saat Hujan Lebat dan Sangat Lebat di Kawasan Pantura Provinsi Jawa Barat. Buletin GAW Bariri, 2(1), 16–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.31172/bgb.v2i1.34>

Zakaria, A., Susilowati, K., & Rasimin. (2014). Pemodelan Periodik Dan Stokastik Curah Hujan Kota Bandar Lampung. *Jurnal Rekayasa*, 18(1), 33–47.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
FORMULIR KUESIONER VALIDASI PAKAR

Lampiran 1 Formulir Kuesioner Validasi Pakar

Kode	Variabel	Setuju	Tidak Setuju	Keterangan
X 1.1	Ketersediaan material terganggu	66,7 %	33,3 %	Valid
X 1.2	Harga material mengalami kenaikan	22,2 %	77,8 %	Tidak Valid
X 1.3	Kurangnya tempat penyimpanan material	44,4 %	55,6 %	Tidak Valid
X 1.4	Kerusakan material sebelum digunakan	66,7 %	33,3 %	Valid
X 1.5	Pesanan material yang terlambat	55,6 %	44,4 %	Valid
X 2.1	Kerusakan peralatan proyek	44,4 %	55,6 %	Tidak Valid
X 2.2	Produktivitas alat rendah	66,7 %	33,3 %	Valid
X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat	77,8 %	22,2 %	Valid
X 2.4	Kurangnya jumlah unit	11,1 %	88,9 %	Tidak Valid
X 3.1	Berkurangnya produktivitas	100 %	0 %	Valid
X 3.2	Kesehatan pekerja terganggu	77,8 %	22,2 %	Valid
X 3.3	Kecelakaan kerja akibat hujan	55,6 %	44,4 %	Valid
X 3.4	Kekurangan tenaga kerja	66,7 %	33,3 %	Valid
X 4.1	Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek	66,7 %	33,3 %	Valid
X 4.2	Genangan pada lubang galian	100 %	0 %	Valid
X 4.3	Kenaikan muka air tanah	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.4	Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.5	Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)	66,7 %	33,3 %	Valid

X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.7	Terganggunya pekerjaan pemasangan dinding luar dan finishing fasad	88,9 %	11,1 %	Valid
X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah	88,9 %	11,1 %	Valid
X 5.1	Pengawasan proyek yang tidak dilakukan dengan baik	44,4 %	55,6 %	Tidak Valid
X 5.2	Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan	55,6 %	44,4 %	Setuju
X 5.3	Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat	88,9 %	11,1 %	Valid
X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	100 %	0 %	Valid
X 6.1	Kondisi lapangan berubah	88,9 %	11,1 %	Valid
X 6.2	Terlambatnya persetujuan perubahan desain	11,1 %	88,9 %	Tidak Valid
X 6.3	Desain yang mengalami perubahan	11,1 %	88,9 %	Tidak Valid

LAMPIRAN 2
FORMULIR KUESIONER METODE FMEA

Lampiran 2 Formulir Kuesioner Metode FMEA

Tabel Penentuan *Severity*

Kode	Variabel	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13	K 14	K 15
X 1.1	Ketersediaan material terganggu	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	3
X 1.4	Kerusakan Material Sebelum digunakan	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4
X 1.5	Pesanan Material yang Terlambat	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	6	4
X 2.2	Produktivitas alat rendah	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3	4	4	4	5	3
X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	4	4	5	3

	pekerjaan akibat hujan															
X 4.5	Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)	5	5	4	5	5	3	5	5	5	4	5	5	6	6	4
X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	4	4	3	4	4	5	4	5	3	3	4	4	5	5	3
X 4.7	Terganggunya pekerjaan pasangan dinding luar dan finishing fasad	4	4	3	4	5	4	4	4	3	4	4	3	5	5	4
X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah	5	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	3	5	5	4
X 5.2	Kesalahan memperkirakan	3	4	4	2	4	2	3	2	2	1	1	4	3	2	3

	kompleksitas pekerjaan															
X 5.3	Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat	5	4	4	4	4	3	4	4	3	3	2	4	4	4	3
X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	4	4	3	4	3	2	4	4	2	3	2	4	3	3	3
X 6.1	Kondisi lapangan berubah	5	5	5	5	5	4	5	5	4	3	3	4	3	5	4

Tabel Penentuan *Occurence*

Kode	Variabel	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13	K 14	K 15
-------------	-----------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

X 1.1	Ketersediaan material terganggu	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3
X 1.4	Kerusakan Material Sebelum digunakan	5	4	3	3	5	3	4	4	4	4	5	4	5	5	4
X 1.5	Pesanan Material yang Terlambat	5	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	5	4
X 2.2	Produktivitas alat rendah	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	5	4	4	4	3
X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	6	3	4	4	3
X 3.1	Berkurangnya produktivitas	6	3	3	4	3	4	3	3	3	4	4	3	3	6	4
X 3.2	Kesehatan pekerja terganggu	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	4

X 3.3	Kecelakaan kerja akibat hujan	5	3	5	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	3
X 3.4	Kekurangan tenaga kerja	6	4	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	6	4
X 4.1	Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek	5	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4	5	2
X 4.2	Genangan pada lubang galian	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	3
X 4.3	Kenaikan muka air tanah	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	3
X 4.4	Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan	5	3	5	4	4	4	4	3	4	3	4	4	5	5	3
X 4.5	Penghentian operasi alat	6	4	5	5	5	6	5	5	5	4	5	5	6	6	4

	berat (<i>Concrete Pump</i>)															
X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	4
X 4.7	Terganggunya pekerjaan pasangan dinding luar dan finishing fasad	5	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	3	5	5	4
X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah	6	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	3	5	5	4
X 5.2	Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan	5	4	4	2	2	3	2	3	2	4	2	3	3	4	3
X 5.3	Penentuan durasi waktu	5	5	5	4	2	4	3	4	4	3	2	2	3	3	4

	kerja yang tidak tepat															
X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	6	4	4	3	2	4	4	4	3	3	2	3	3	4	4
X 6.1	Kondisi lapangan berubah	5	5	5	4	4	5	4	5	3	4	3	3	4	4	3

Tabel Penentuan *Detection*

Kode	Variabel	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13	K 14	K 15
X 1.1	Ketersediaan material terganggu	3	4	3	5	5	5	5	5	5	4	3	4	4	3	3
X 1.4	Kerusakan Material Sebelum digunakan	6	5	3	6	6	6	6	5	6	4	5	4	5	5	4
X 1.5	Pesanan Material yang Terlambat	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4
X 2.2	Produktivitas alat rendah	4	4	5	4	5	4	4	3	4	3	4	4	4	5	4
X 2.3	Mobilisasi alat yang terlambat	5	5	4	5	6	5	4	4	4	4	5	4	4	5	4
X 3.1	Berkurangnya produktivitas	4	4	4	3	5	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3

X 3.2	Kesehatan pekerja terganggu	3	6	5	5	6	5	5	5	5	4	4	5	4	6	4
X 3.3	Kecelakaan kerja akibat hujan	5	5	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	5	4
X 3.4	Kekurangan tenaga kerja	5	6	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	3	3
X 4.1	Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	8	3
X 4.2	Genangan pada lubang galian	5	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	7	3
X 4.3	Kenaikan muka air tanah	4	4	3	4	4	3	4	4	5	4	3	3	4	8	3
X 4.4	Ketidaksesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan	5	5	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	6	4

X 4.5	Penghentian operasi alat berat (<i>Concrete Pump</i>)	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	5	2	5	6	4
X 4.6	Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif	5	6	4	4	5	4	5	4	3	3	5	3	4	6	3
X 4.7	Terganggunya pekerjaan pasangan dinding luar dan finishing fasad	5	5	4	5	5	4	4	4	3	4	5	3	5	5	3
X 4.8	Terganggunya pekerjaan tanah	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	5	3	5	5	3
X 5.2	Kesalahan memperkirakan kompleksitas pekerjaan	4	3	4	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	5	3

X 5.3	Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat	5	3	5	4	4	4	4	4	2	3	3	3	3	4	4
X 5.4	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik	5	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	2	2	4	4
X 6.1	Kondisi lapangan berubah	4	5	5	5	5	4	2	5	3	4	5	3	3	4	4

LAMPIRAN 3
MASTER SCHEDULE CLUSTER SUMMARECON CROWN GADING

