

Analisis Risiko Hujan terhadap Penyelesaian Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi

Julius Andrew^{1)*}, Bella Koes Paulina Cantik²⁾, Amelia Makmur³⁾, Mulyadi Sugih Dharsono⁴⁾

^{1,2,3,4} Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pradita, Kabupaten Tangerang, Indonesia

*Corresponding Author: julius.andrew@student.pradita.ac.id

Info Artikel

Artikel diterima:
19 Februari 2025
Artikel direvisi:
03 Maret 2025
Artikel diterbitkan:
29 Maret 2025

Abstrak

Perubahan iklim berdampak negatif pada berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor industri konstruksi, terutama melalui peningkatan intensitas curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan peringkat risiko akibat hujan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur, mulai dari yang paling tinggi hingga terendah, dan menyusun langkah mitigasi untuk mengelola risiko tersebut. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini dengan beberapa metode. Analisis Sensitivitas digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh curah hujan terhadap keterlambatan progres proyek. Metode Delphi melibatkan konsultasi bertahap kepada pakar untuk memvalidasi variabel penelitian. Metode Failure Mode and Effect Analysis mengidentifikasi potensi risiko pada setiap variabel, sementara Metode Risk Priority Number digunakan untuk mengurutkan risiko berdasarkan tingkatannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa progress proyek sangat sensitif terhadap curah hujan harian. Melalui Metode Delphi, 21 variabel telah divalidasi oleh pakar. Metode Failure Mode and Effect Analysis mengidentifikasi 18 risiko dengan tingkat Risk Priority Number tertinggi, seperti penghentian operasi alat berat, perubahan kondisi lapangan, dan absensi tenaga kerja akibat sakit. Hasil Failure Mode and Effect Analysis ini digunakan sebagai dasar dalam menyusun mitigasi dan respon terhadap risiko yang teridentifikasi selama pelaksanaan proyek konstruksi.

Kata kunci: Hujan, Risiko, Mitigasi, Proyek Konstruksi

Abstract

Climate change negatively affects various aspects of life, including the construction industry, through increased rainfall intensity and the number of rainy days. This study aims to determine the risk rating caused by rain during structural work implementation, from the highest to the lowest, and prepare mitigation measures to manage these risks. A quantitative approach is applied using several methods. Sensitivity analysis identifies the effect of rainfall on construction project delays. The Delphi Method involves expert

consultations to validate research variables. The Failure Mode and Effect Analysis method identifies potential risks for each variable, while the Risk Priority Number Method ranks these risks from highest to lowest based on Failure Mode and Effect Analysis results. The study's findings lead to mitigation measures and responses to risks caused by rain during construction. Sensitivity analysis reveals that project progress is highly sensitive to daily rainfall. The Delphi Method validates 21 variables with expert input. The Failure Mode and Effect Analysis Method identifies 18 risks with the highest Risk Priority Method, including the cessation of heavy equipment operations, changes in field conditions, and labor absenteeism due to illness. These Failure Mode and Effect Analysis results will form the basis for developing mitigation and response strategies for the identified risk variables.

Keywords: Rain, Risk, Mitigation, Construction Project

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim berdampak pada ekonomi, sosial, dan lingkungan (Malihah, 2022). Indonesia rentan terhadap peningkatan curah hujan dan jumlah hari hujan (Suhadi dkk., 2023; Yasa dkk., 2024), mempengaruhi industri konstruksi, terutama keterlambatan proyek, produktivitas, keselamatan, dan kualitas pekerjaan (Aminullah, 2020; Dwinanda et al., 2023). Pekerjaan struktur sangat terdampak hujan tinggi (Charstarindra dan Nurcahyo, 2021). Proyek Summarecon Crown Gading di Bekasi menghadapi tantangan akibat hujan deras dan banjir (Prabawadhani et al., 2016; Yudistira dan Christian, 2021). Penelitian ini menganalisis dampak hujan deras terhadap keterlambatan proyek dan risiko pekerjaan struktur sebagai dasar mitigasi risiko.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Presipitasi

Siklus penguapan mencakup penguapan, transpirasi, kondensasi, dan presipitasi (Badaruddin dkk., 2021). Hujan terbentuk dari massa udara lembab, inti kondensasi, dan pendinginan udara (Ramadhan dan Yustiana, 2023). Presipitasi berupa hujan, salju, hujan es, atau embun (Radjab, 2024). Tipe hujan meliputi konveksional, frontal, dan

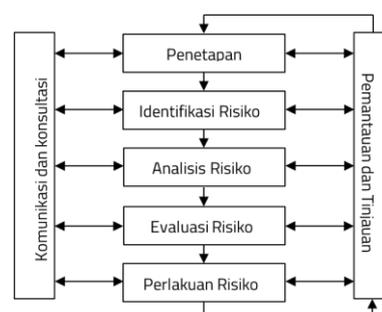
orografik (Silvia, 2016). Bentuk hujan beragam, seperti gerimis, hujan, glase, rime, salju, hujan es, dan sleet (Ishomi dan Maulana, 2022; Salsabila dan Lusi, 2020).

2.2. Parameter Hujan

Curah hujan diukur dalam mm, menunjukkan kedalaman air jika tersebar merata di area tangkapan (Zakaria dkk., 2014). Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam mm/jam atau mm/hari (Sanusi dan Side, 2016). Durasi hujan adalah waktu sejak awal hingga akhir, sedangkan distribusinya dapat disajikan dalam hyetograph (Aryanto, 2023).

2.3. Manajemen Risiko

Manajemen risiko meningkatkan nilai organisasi melalui identifikasi, evaluasi, dan pengelolaan risiko untuk mengurangi dampak negatif dan memanfaatkan peluang (Hairul, 2020).



GAMBAR 1. TAHAPAN MANAJEMEN RISIKO (NOVITA DAN MARIA, 2024)

Risiko dapat diminimalkan atau dihindari melalui mitigasi (Fathoni, 2020). Manajemen risiko mencakup pemantauan aset, hak milik, dan keuntungan serta kebijakan pengendalian (Sarjana et al., 2022). Risiko dikategorikan sebagai internal, eksternal, dan lingkungan (Tri, 2018). (Tri, 2018). Analisis dan evaluasi risiko menetapkan prioritas mitigasi (Yuli, 2023). Monitoring dan review memastikan efektivitas strategi (Puspita dkk., 2024).

2.4. Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas mengukur dampak perubahan variabel dalam sistem dengan berbagai perkiraan alternatif (Fadel dan Gusman, 2021). Metode ini menganalisis perubahan unsur tertentu terhadap hasil (Mada dan Sultan, 2023) untuk mengidentifikasi variabel paling berpengaruh, mendukung keputusan (Firdasari et al., 2022), dan mengevaluasi risiko melalui simulasi (Agustinus dkk., 2023).

2.5. Metode Delphi

Metode Delphi adalah teknik sistematis untuk menyatukan pendapat ahli melalui kuesioner bertahap dengan umpan balik terkontrol (Gilang dan Viendra, 2018). Proses ini terdiri dari beberapa putaran untuk menyempurnakan pendapat ahli (Basten dkk., 2018).



GAMBAR 2. TAHAPAN METODE DELPHI (SOEBAGYO, 2021)

2.6. Metode Failure Mode and Effect Analysis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), mengevaluasi potensi kegagalan dalam sistem, desain, atau proses untuk menentukan langkah mitigasi berdasarkan risiko (Sasi et al., 2023). Metode ini mengidentifikasi elemen sistem, menilai risiko, dan mengembangkan tindakan perbaikan (Raja dan Pamungkas, 2020). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), menggunakan tiga variabel utama: Severity, Occurrence, dan Detection (Jevon dan Rahardjo, 2021).

Tabel 2. 1 Kategori RPN

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

Risk Priority Number dihitung dari ketiga faktor ini untuk membandingkan penyebab kegagalan dan menentukan langkah mitigasi efektif guna meningkatkan keamanan serta efisiensi proses.

2.7. Mitigasi dan Respon Risiko

Mitigasi risiko proyek bertujuan meminimalkan ancaman dan memaksimalkan peluang (Kristiana et al., 2022). Risiko tidak bisa dihilangkan sepenuhnya, sehingga strategi proaktif diperlukan (Hairul, 2020). Risk response plan memastikan kesiapan tim menghadapi ketidakpastian (Damayanti et al., 2022) dan mengelola risiko yang teridentifikasi (Nugraha et al., 2015). Strategi mencakup Risk Reducing (Apriliyani & Amin, 2019), Risk Sharing (Wira & Yekti, 2023), Risk Transfer (Apriliyani & Amin, 2019), dan Risk Avoidance (Wira & Yekti, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan menyebarkan kuesioner kepada responden. Data yang terkumpul dihitung dan dianalisis menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk menganalisis risiko dalam proyek Cluster Summarecon Crown Gading. Penelitian mencakup identifikasi, evaluasi, dan strategi mitigasi risiko.

Dua jenis data digunakan: data primer dari kuesioner, wawancara, dan observasi, serta data sekunder dari jadwal proyek. Risiko diidentifikasi melalui kuesioner, dihitung dengan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan dikategorikan menggunakan Risk Priority Number (RPN) untuk menentukan tingkat risiko.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi dampak hujan terhadap keterlambatan proyek dengan menggunakan data curah hujan GPM-IMERG serta catatan keterlambatan proyek

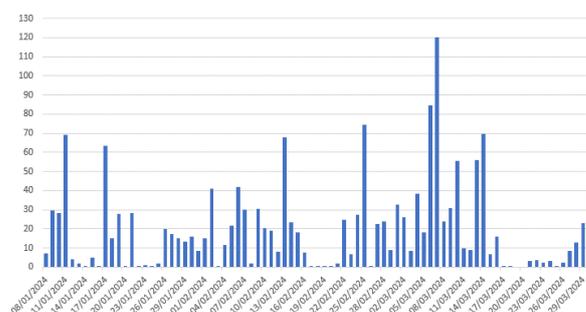
4.1. Identifikasi Risiko

Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa hujan berpengaruh terhadap berbagai aspek dalam proyek konstruksi, di antaranya:

1. Penghentian operasi alat berat akibat kondisi tanah yang basah dan licin.
2. Perubahan kondisi lapangan yang menghambat mobilisasi material.
3. Absensi tenaga kerja akibat penyakit yang disebabkan oleh kondisi kerja yang basah dan lembab.

4.2. Analisis Sensitivitas

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa progress proyek sangat sensitif terhadap curah hujan harian.



GAMBAR 3. DATA HUJAN HARIAN DI KABUPATEN BEKASI

Data hujan menunjukkan bahwa pada hari-hari dengan curah hujan lebih dari 50 mm dapat menjadi salah satu penyebab progress proyek mengalami keterlambatan atau deviasi rata-rata 20–30% dari target harian.

4.3. Hasil Metode Delphi

Melalui proses Delphi yang melibatkan para pakar dan menghasilkan 21 variabel risiko yang telah divalidasi di antaranya Ketersediaan material terganggu Kerusakan material sebelum digunakan, Pesanan material yang terlambat, Produktivitas alat rendah, Mobilisasi alat yang terlambat, Berkurangnya produktivitas, Kesehatan pekerja terganggu, Kecelakaan kerja akibat hujan, Kekurangan tenaga kerja, Timbulnya kemacetan di sekitar lokasi proyek, Genangan pada lubang galian, Kenaikan muka air tanah, Ketidakesuaian kualitas pekerjaan akibat hujan, Penghentian operasi alat berat (Concrete Pump), Implementasi metode pelaksanaan kurang efektif, Terganggunya pekerjaan pasangan dinding luar dan finishing fasad, Terganggunya pekerjaan tanah, Kesalahan memperkirakan kompleksitas, Penentuan durasi waktu kerja yang tidak tepat, Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik dan Kondisi lapangan berubah Torre, L. A. (1989). Waterfront Development.

4.4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)
FMEA digunakan untuk menentukan risiko

yang memiliki dampak terbesar terhadap keterlambatan proyek. Sebagai contoh, dalam pengolahan kuesioner mengenai variabel penghentian operasi alat berat (Concrete Pump), nilai rata-rata untuk kategori Severity adalah 3,78.

$$\text{Severity} = \frac{(K1+K2+K3+K4+K5+\dots+K90)}{90} = \frac{259}{90}$$

Severity = 3.8

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 menghitung nilai rata-rata untuk ketiga kategori dalam Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dilakukan penyusunan peringkat terhadap variabel risiko berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN). Nilai RPN dihitung menggunakan rumus:

$$\text{RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

$$\text{RPN} = 3,78 \times 4,94 \times 4,01$$

$$\text{RPN} = 74,92$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus RPN dan kategori tingkat risiko yaitu $\geq 43,97$ (High), $15,65 - 42,97$ (Medium) dan $\leq 14,65$ (Low). Maka dihasilkan tiga teratas dengan tingkat risiko High yaitu Penghentian Alat Berat dengan nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 74,92 kemudian Kondisi lapangan berubah dengan RPN 58,19 dan Kesehatan pekerja terganggu dengan RPN 50,19

4.5. Mitigasi & Respon Risiko

Berdasarkan hasil penelitian, strategi mitigasi disusun untuk mengurangi dampak hujan terhadap proyek konstruksi:

1. Penghentian alat berat yaitu dengan memastikan kondisi cuaca dan siapkan perlindungan seperti tenda atau terpal jika hujan turun. Pengecoran dapat dilanjutkan saat hujan ringan, namun harus dihentikan jika hujan lebat, serta pesanan beton ke batching plant ditunda. Jika pengecoran terhenti, upayakan penyelesaian dalam satu bidang untuk mencegah retak dan kebocoran akibat *joint* yang terlalu lama.
2. Kondisi lapangan berubah dengan cara membuat saluran pembuangan agar air dapat mengalir, lalu perbaiki akses jalan agar alat berat dapat berfungsi kembali. Siapkan lokasi terlindung seperti gudang atau area tertutup di lapangan, serta sediakan terpal atau plastik untuk melindungi pengecoran.
3. Kesehatan pekerja dengan cara menyiapkan pekerjaan di lokasi yang terlindung dari cuaca untuk memastikan bahwa pekerjaan tetap dapat dilakukan meskipun kondisi cuaca tidak mendukung.

5. KESIMPULAN

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

Risiko hujan dalam pekerjaan struktur di proyek Cluster Summarecon Crown Gading mencakup gangguan material (ketersediaan, kerusakan, keterlambatan), penurunan produktivitas alat dan pekerja, gangguan kesehatan, kecelakaan, keterlambatan mobilisasi, kemacetan, genangan, kenaikan muka air tanah, ketidaksesuaian kualitas pekerjaan, penghentian alat berat, serta metode kerja yang tidak efektif.

Mitigasi dilakukan dengan melindungi material

menggunakan terpal atau gudang, memastikan pengiriman tepat waktu, memantau cuaca dan lalu lintas, serta mengatur jadwal kerja agar lebih fleksibel. Risiko kesehatan pekerja dikurangi dengan menyediakan area kerja terlindung dan perlengkapan pelindung. Efektivitas metode kerja ditingkatkan dengan penyesuaian jadwal, optimalisasi pekerjaan yang tidak terpengaruh cuaca, dan lembur saat cuaca mendukung. Perubahan kondisi lapangan diatasi dengan saluran pembuangan, perbaikan akses jalan, dan perlindungan lokasi kerja.

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

1. Penyedia jasa konstruksi disarankan mengelola risiko hujan dengan memantau cuaca secara real-time menggunakan teknologi prakiraan, memberikan pelatihan keselamatan kerja saat cuaca ekstrem, serta meningkatkan koordinasi tim, pemasok, dan subkontraktor.
2. Penelitian lanjutan disarankan untuk menganalisis risiko konstruksi di berbagai kondisi cuaca guna mengoptimalkan strategi mitigasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pakar dan narasumber yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Wawasan, bimbingan, serta masukan yang diberikan sangat berharga dalam memperdalam analisis dan meningkatkan kualitas penelitian ini. Dukungan serta kesediaan mereka dalam berbagi ilmu dan

pengalaman merupakan kontribusi yang sangat berarti bagi penyelesaian penelitian ini. Semoga ilmu yang telah dibagikan dapat memberikan manfaat serta berkontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- 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. 3531-SM. Juenal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, 3(2).<https://doi.org/https://doi.org/10.31602/jk.v3i2.4241>
- 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. Fajeriadi, 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

Christarindra, S., & Nurcahyo, C. B. (2021). Analisis Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2).

<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>

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