



Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Sumber Kabupaten Cirebon)

Ary Haryagung¹, Pratikso², Rifqi Brilyant Arief³

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung^{1,2,3}

Received: 06 Maret 2026
Revised: 16 Maret 2026
Accepted: 28 Maret 2026

Abstrak

Penelitian ini menganalisis faktor-faktor penyebab keterlambatan penyelesaian proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber di Kabupaten Cirebon. Menggunakan metode House of Risk (HOR), tahap pertama mengidentifikasi 30 agen risiko, dengan 20 risiko prioritas berdasarkan nilai Aggregate Risk Potential (ARP) tertinggi. Risiko utama meliputi kesalahan perencanaan material, estimasi waktu yang tidak akurat, keterlambatan pengiriman, miskomunikasi, dan lemahnya quality control. Tahap kedua menghasilkan 13 strategi mitigasi utama berdasarkan nilai Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD), seperti penyusunan regulasi teknis, pelatihan pekerja, sistem reward & punishment, dan peningkatan koordinasi proyek. Strategi ini diharapkan mampu mencegah keterlambatan dan meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek.

Kata Kunci: keterlambatan proyek, House of Risk, risiko konstruksi, mitigasi, manajemen proyek.

(*) Corresponding Author: Aryharyagung7@gmail.com

How to Cite: Haryagung, A., Pratikso, P., & Arief, R. (2026). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 12(4.B), 1-22. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/12844>.

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang terorganisasi dengan menggunakan sumber daya dan memiliki batas jangka waktu. Sumber daya yang dibutuhkan dalam proyek konstruksi diantaranya man, material, money, machine, dan method. Dalam proyek konstruksi terdapat 3 aspek utama yang perlu diperhatikan yakni waktu, biaya, dan mutu. Pada umumnya pelaksanaan proyek konstruksi menginginkan waktu penyelesaian proyek secepat mungkin dengan biaya yang seminimal mungkin, dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi sering terjadinya ketidaksesuaian antara rencana dengan realisasi di lapangan. Ketidaksesuaian tersebut dapat berupa keterlambatan waktu penyelesaian proyek yang akan berpengaruh pada pembengkakan biaya. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan keterlambatan diantaranya; metode konstruksi yang tidak tepat, kualitas tenaga kerja yang buruk, kekurangan material, dan kekurangan tenaga kerja (Komang Andriani Ayu Jayatri, 2023).

Pemilik dan kontraktor sering mengalami kerugian akibat keterlambatan proyek konstruksi. Keterlambatan dapat menimbulkan kerugian terutama pemilik dan kontraktor karena adanya perbedaan pendapat, tuntutan waktu, biaya dan penyimpangan kualitas spesifikasi bahan yang digunakan untuk penyelesaian proyek (Putri Anggun Sari, 2023).

Tujuan proyek konstruksi yaitu menyelesaikan proyek tanpa mengalami keterlambatan dengan biaya yang minimal. Dalam pengelolaan proyek dari awal pelaksanaan sampai selesai dibutuhkan manajemen proyek yang mengatur secara sistematis jalannya kegiatan proyek, untuk mengatasi tingkat keterlambatan proyek dan mengembalikan kemajuan ke jadwal yang

ditentukan diperlukan suatu upaya percepatan pekerjaan proyek walaupun akan mempengaruhi meningkatnya biaya proyek (Setiawan & Ridwan Usman, 2020).

Kabupaten Cirebon adalah sebuah kabupaten yang terletak di pesisir utara Jawa dan termasuk dalam propinsi Jawa Barat. Cirebon dengan letak geografisnya di daerah pesisir pantai Pulau Jawa, tentu saja termasuk ke dalam mata rantai perdagangan internasional (Jalur Sutra) pada masa itu dan sering dikunjungi oleh orang Persia, India, Cina.

Masjid Agung Sumber adalah sebuah masjid yang terletak di Kabupaten Cirebon. Peletakan batu pertama pembangunan masjid ini pada bulan November 1988 oleh Bupati Cirebon kala itu. Mengingat keterbatasan dana dan kekurangan tenaga ahli maka pembangunan masjid ini sangat lambat, baru pada bulan Agustus 1992 dengan uluran tangan dari pihak swasta dan intensifikasi pengumpulan dana, pembangunan dapat berjalan dengan cepat dan lancar sehingga pada tanggal 29 September 1993 pembangunan masjid dapat diselesaikan dan diresmikan oleh Bapak Gubernur Jawa Barat.

Masjid Agung Sumber dibangun di atas tanah milik Pemerintah Daerah Kabupaten Cirebon dengan luas 10.916 M². Luas bangunan 2.393,50 M² terdiri dari 2 lantai yang meliputi di dalamnya ruang utama/ruang salat, ruang serbaguna, ruang perpustakaan, sekretariat DKM, DMI, RISMA, LPTQ, dan memiliki 5 unit tempat wudhu 6 kamar mandi kamar kecil, menara mesjid serta halaman parkir yang cukup luas.

Menara Masjid adalah bagian yang sangat melekat pada bangunan tempat peribadatan yaitu Masjid. Secara Arsitektur rancangan Menara masjid yang ideal adalah disamping dapat menyentuh perasaan yang mendalam dari setiap jama'ahnya untuk memperoleh kedamaian dan ketentrangan rohani dan kepuasan batin dalam menghadap Allah SWT, bangunan Menara merupakan bangunan yang dapat menunjukkan fungsinya yaitu selain sebagai tempat untuk meletakkan pengeras suara pada saat adzan, design Menara juga dapat berarti lambang dari peribadatan. Seperti halnya bangunan Menara Masjid Agung Sumber yang telah berdiri tinggi di bagian bangunan masjid yang berada di pusat pemerintahan Daerah Kab. Cirebon, yang mana pada sampai saat ini proses pengerjaan masih belum selesai. Sedangkan Kabupaten Cirebon yang terus berkembang dengan tingkat pembangunan yang terus meningkat dan diikuti dengan pesatnya perkembangan perusahaan konstruksi. Oleh karena itu pembangunan proyek konstruksi semakin banyak dilakukan oleh pengembang untuk memenuhi kebutuhan bagi warga Kabupaten Cirebon. Namun dalam pelaksanaan Pembangunan Menara Masjid Agung Sumber konstruksi mengalami kendala keterlambatan penyelesaian pekerjaan, sehingga waktu penyelesaian pekerjaan tidak sesuai dengan perencanaan pekerjaan sebagaimana kontrak pekerjaan.

Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Sumber merupakan bentuk kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas. Namun kondisi di lapangan kini belum sesuai dengan apa yang telah di rencanakan sehingga di duga mengalami keterlambatan dalam pelaksanaannya. Yaitu Suatu proyek mengalami keterlambatan apabila perencanaan dan pengendalian tidak dilakukan dengan tepat.

Keterlambatan penyelesaian proyek menyebabkan bertambahnya biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, dari hasil pengamatan langsung terhadap proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Sumber diduga mengalami Keterlambatan yang di lihat dari beberapa faktor seperti Tenaga Kerja, Waktu, Biaya, Metode Pelaksananya dan perubahan-perubahan desain. Selain itu faktor-faktor yang diduga mempengaruhi keterlambatan proyek diantaranya berasal dari penyedia jasa, pengguna jasa dan pihak lain yang terlibat sehingga berberdampak terhadap penambahan waktu dan biaya diluar rencana. Apabila faktor keterlambatan berasal dari kontraktor (penyedia jasa), maka kontraktor dapat

dikenakan denda, sebaliknya jika keterlambatan berasal dari pengguna jasa, maka pengguna jasa akan membayar kerugian yang ditanggung oleh penyedia jasa.

Dalam perencanaan sering timbul permasalahan operasional yang menghambat penyelesaian suatu proyek misalnya kurangnya sumber daya dan alokasi sumber daya yang kurang tepat, keterlambatan dalam pelaksanaan proyek dan masalah masalah lainnya diluar jadwal dalam perencanaan (Nicholas. M, 1997).

Assaf dan Al-Hejji (2006) menyebutkan bahwa penyebab keterlambatan antara lain dapat dilihat dari sisi material, tenaga kerja, peralatan, biaya, perubahan-perubahan desain, hubungan dengan instansi terkait, penjadwalan dan pengendalian, lambatnya prosedur pengawasan, lingkungan, masalah kontrak, dan konsultan manajer kurang profesional. (Assaf & Al-Hejji, 2006)

Menurut Mohammad Abedi et al, yang dikutip Maria Elfrida dan Hadi Sutanto, (2019), menyatakan bahwa terdapat enam dampak yang diakibatkan dari keterlambatan penyelesaian proyek konstruksi di Malaysia, yaitu penambahan waktu (Time Overrun), penambahan biaya (Cost Overrun), perselisihan (Dispute), Arbitrasi (Arbitration), proses pengadilan (Litigation), dan keadaan tertinggal (Abandonment) (Maria Elfrida Sibuea dan Hadi Sutanto Saragi, 2019)

Menurut Lia Amelia dan Lirawati (2020), faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pelaksanaan konstruksi terdiri dari tujuh kategori, yaitu tenaga kerja, material, peralatan, kontrak, perencanaan proyek, kondisi lapangan, manajerial dan keuangan, faktor eksternal seperti intensitas curah hujan, kondisi ekonomi, dan kecelakaan kerja (Lia Amelia Megawati dan Lirawati, 2020). Sedangkan menurut Bakhtiyar (2012), keterlambatan proyek (construction delay) merupakan penundaan penyelesaian pekerjaan sesuai kontrak kerja, secara hukum melibatkan beberapa situasi yang menyebabkan timbulnya klaim. (Bakhtiyar dkk., 2012)

Setiap proyek konstruksi dilaksanakan sesuai dengan rencana pelaksanaan yang telah disusun berdasarkan surat perjanjian, syarat umum kontrak, syarat khusus kontrak, spesifikasi teknis. Pada setiap perencanaan diuraikan waktu kapan proyek harus dimulai, waktu proyek selesai, sehingga owner dapat menghitung dengan tepat bila terjadi keterlambatan pada proyek sehingga dapat mengklaim pihak pelaksana bila hal tersebut terjadi. Pihak owner juga perlu melakukan kewajibannya dengan baik dalam hal menyediakan desain dan dokumen lain yang diperlukan (Gibson R dkk., 2016). Pelaksana proyek konstruksi tentu mengharapkan pelaksanaan proyek konstruksi sesuai dengan perencanaan yang dibuat, namun pada kenyataannya tidak ada proyek yang dapat mencapai kondisi ideal tersebut. Pada semua proyek konstruksi pasti akan terjadi perubahan rencana atau hambatan lain yang seringkali menyebabkan terjadinya keterlambatan. Keterlambatan pada proyek konstruksi seringkali berujung pada peningkatan biaya karena bertambahnya durasi pengerjaan yang menyebabkan terjadinya peningkatan dalam penggunaan sumber daya yang digunakan. Hal ini tentu saja dapat menyebabkan kerugian baik bagi kontraktor maupun pemilik proyek (owner). Terlepas dari semua perencanaan yang ada, proses Pembangunan Menara Masjid Agung Sumber Kelurahan Sumber Kabupaten Cirebon seringkali terganggu oleh dispute yang muncul selama proses pembangunan berlangsung. Hal ini akan berpengaruh terhadap kinerja waktu penyelesaian proyek. Permasalahan tersebut yang harus dicari solusinya. Maka dari itu, perlu adanya analisa keterlambatan dan bagaimana memitigasi faktor keterlambatan tersebut. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi faktor-faktor keterlambatan yang mungkin timbul dalam proses pembangunan Menara Masjid Agung Sumber Kelurahan Sumber Kabupaten Cirebon, dan melakukan analisa terhadap keterlambatan pelaksanaan penyelesaian proyek yang akan terjadi selama pelaksanaan proyek, dan menentukan langkah mitigasi yang efektif untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya keterlambatan.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada tesis ini akan diteliti faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek dan bagaimana memitigasi keterlambatan tersebut pada proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber Kelurahan Sumber Kabupaten Cirebon. Untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan dan analisa mitigasinya, tesis ini akan mencoba mengadopsi metode house of risk untuk mencari penyebab dan solusi dari keterlambatan tersebut. Metode house of risk adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko dan penyebab risiko serta bagaimana mengurangi penyebab keterlambatan dalam rangka pencegahan dan mitigasi risiko. Metode ini diaplikasikan dengan menganalogikan resiko sebagai kejadian keterlambatan. Metode ini diharapkan dapat menghasilkan suatu strategi prioritas pemeliharaan yang proaktif dengan memfokuskan pada identifikasi keterlambatan proyek, penyebab keterlambatan, menentukan prioritas dan strategi penanganan dalam penyelesaian proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber Kelurahan Sumber Kabupaten Cirebon. Dengan mengurangi faktor penyebab keterlambatan diharapkan dampaknya dapat dikurangi atau dicegah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dalam Tesis ini digunakan untuk penyusunan strategi penanganan keterlambatan pada pembangunan proyek, agar proyek tersebut dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya keterlambatan, dalam penelitian ini diperlukan rancangan penelitian, yaitu berupa langkah-langkah yang terencana dan sistematis agar mendapatkan suatu pemecahan masalah atau mendapatkan jawaban terhadap suatu masalah secara sistematis dan terintegrasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan *House of Risk* (HOR)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Proyek

Proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber berlokasi di Kecamatan Sumber, Kabupaten Cirebon. Proyek ini didanai oleh APBD Kabupaten Cirebon Tahun Anggaran 2022 dan dikerjakan oleh kontraktor pelaksana CV. Nasya Mas dengan masa pelaksanaan selama 120 hari kalender, terhitung sejak 25 Agustus 2022 sampai 22 Desember 2022. Konsultan pengawas proyek adalah PT. Arsikon Tama Design.

Tujuan dari proyek ini adalah membangun menara masjid yang representatif. Namun, dalam pelaksanaannya ditemukan keterlambatan yang menjadi objek analisis dalam penelitian ini dengan menggunakan pendekatan *House of Risk* (HOR).

Data Progres Pelaksanaan Proyek

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi terhadap kejadian risiko beserta faktor-faktor penyebabnya, yang menjadi input untuk fase pertama HOR. Selain itu, dilakukan penilaian tingkat keparahan (*severity*) dari masing-masing kejadian risiko, penentuan kemungkinan terjadinya (*occurrence*) penyebab risiko, serta analisis hubungan (korelasi) antara kejadian risiko dan penyebabnya. Selanjutnya, dihitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan disusun berdasarkan urutan dari nilai tertinggi hingga terendah. Hasil dari fase ini adalah daftar penyebab risiko yang menjadi prioritas utama untuk penanganan.

Identifikasi Kejadian Risiko (Risk Event)

Pada tahap awal dilakukan pemetaan aktivitas proyek konstruksi berdasarkan lima proses inti dalam model SCOR. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran secara sistematis dan menyeluruh mengenai alur kerja proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber. Pemetaan ini dilakukan untuk mempermudah proses identifikasi kejadian risiko yang dapat terjadi pada setiap tahapan pelaksanaan proyek. Dengan pendekatan ini, aktivitas proyek

diklasifikasikan ke dalam lima proses utama, yaitu *Plan, Source, Make, Delivery*, dan *Return*. Model ini membantu dalam menganalisis dan mengevaluasi potensi risiko yang timbul berdasarkan aktivitas proyek yang ada.

Setelah pemetaan aktivitas berdasarkan model SCOR dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi kejadian risiko yang berpotensi terjadi selama pelaksanaan proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber. Dalam proses identifikasi ini, setiap aktivitas proyek yang telah dipetakan sebelumnya dijadikan sebagai acuan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan risiko yang dapat menghambat pencapaian tujuan proyek, khususnya dari segi waktu, biaya, dan mutu. Risiko yang diidentifikasi merupakan kejadian-kejadian potensial yang dapat mempengaruhi kelancaran pelaksanaan proyek. Identifikasi kejadian risiko ini diperoleh melalui observasi lapangan serta wawancara langsung dengan pihak yang terlibat dalam proyek, seperti manajer proyek, pengawas lapangan, dan pelaksana teknis.

Identifikasi Tingkat Dampak (*Severity*)

Pada tahap ini dilakukan penilaian tingkat keparahan (*severity*) dari setiap kejadian risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya. Nilai *severity* menunjukkan sejauh mana dampak dari kejadian risiko tersebut dapat mengganggu pelaksanaan dan penyelesaian proyek konstruksi. Penilaian ini dilakukan berdasarkan studi literatur yang relevan, serta disesuaikan dengan kondisi aktual proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber. Penentuan *severity* dilakukan melalui diskusi dan kesepakatan bersama dengan pihak proyek, termasuk manajer proyek, pengawas lapangan, dan staf teknis, agar hasil penilaian mencerminkan kondisi riil di lapangan.

Selanjutnya adalah melakukan penilaian terhadap tingkat dampak atau keparahan (*severity*) dari masing-masing kejadian risiko. Penilaian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana dampak dari kejadian tersebut dapat mengganggu pencapaian tujuan proyek. Nilai *severity* diberikan berdasarkan kesepakatan bersama pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek, dengan mempertimbangkan tingkat gangguan yang ditimbulkan terhadap jadwal, biaya, mutu, serta keberlanjutan kegiatan proyek.

Hasil penilaian tingkat dampak risiko, dapat dilihat bahwa nilai *severity* tertinggi terdapat pada kejadian risiko E8 (kekurangan dana untuk pembelian material) dan E13 (hasil pekerjaan tidak sesuai standar mutu), masing-masing dengan nilai *severity* sebesar 8. Kedua risiko ini memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap proyek karena berpotensi mengganggu keberlangsungan pelaksanaan secara menyeluruh. Kurangnya modal dapat menghambat pembelian material utama yang esensial bagi keberlanjutan pekerjaan, sementara mutu pekerjaan yang buruk dapat menyebabkan pembongkaran atau pekerjaan ulang yang memakan waktu, biaya, dan tenaga tambahan. Di sisi lain, nilai *severity* terendah terdapat pada E10 (kerusakan material saat pemindahan) dan E15 (kesalahan dokumentasi atau labelisasi material), masing-masing dengan nilai *severity* sebesar 2. Risiko-risiko tersebut tergolong ringan karena dampaknya relatif mudah ditangani dan tidak memerlukan waktu atau biaya besar untuk diperbaiki. Misalnya, material yang rusak ringan saat dipindahkan umumnya masih dapat digunakan, dan kesalahan label dapat diperbaiki tanpa mengganggu jadwal proyek secara keseluruhan.

Identifikasi Penyebab Risiko (*Risk Agent*)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap penyebab-penyebab dari kejadian risiko (*risk event*) yang telah diuraikan pada tahap sebelumnya. Identifikasi ini bertujuan untuk menemukan akar penyebab yang dapat memicu terjadinya keterlambatan maupun kegagalan dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Penyebab risiko atau *risk agent* diidentifikasi melalui wawancara dengan pihak-pihak yang terlibat langsung dalam pelaksanaan proyek, seperti

manajer proyek, pengawas lapangan, dan pelaksana teknis. Setiap risk event dapat memiliki satu atau lebih penyebab, yang nantinya akan menjadi dasar dalam analisis matriks HOR1.

Kriteria Penilaian Peluang Kemunculan (*Occurrence*)

Penilaian terhadap peluang kemunculan atau *occurrence* dilakukan untuk mengetahui seberapa sering suatu agen risiko kemungkinan akan terjadi dalam proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber. Penilaian ini penting untuk menetapkan prioritas penanganan terhadap agen-agen risiko yang paling mungkin terjadi. Kriteria penilaian disusun berdasarkan studi literatur dan disesuaikan dengan kondisi aktual proyek melalui kesepakatan bersama pihak terkait, seperti manajer proyek, pengawas lapangan, serta pelaksana teknis. Dengan adanya kriteria ini, maka peluang kemunculan setiap agen risiko dapat dinilai secara lebih objektif dan akurat.

Penilaian peluang kemunculan (*occurrence*) dilakukan terhadap seluruh penyebab risiko (*risk agent*) yang telah teridentifikasi sebelumnya. Penilaian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan terjadinya masing-masing agen risiko selama proses pelaksanaan proyek. Semakin sering agen risiko tersebut muncul, maka semakin tinggi tingkat urgensinya untuk mendapatkan perhatian dalam mitigasi. Penilaian dilakukan melalui diskusi dan kesepakatan bersama antara pihak-pihak yang memiliki pengalaman langsung di proyek. Hasil penilaian ini menjadi dasar dalam tahap analisis prioritas risiko. Tabel 4.7 berikut ini menyajikan hasil penilaian tingkat peluang kemunculan (*occurrence*) dari masing-masing agen risiko.

Berdasarkan Tabel Hasil Penilaian Peluang Kemunculan (*Occurrence*) pada proyek pembangunan Menara Masjid Agung, diketahui bahwa nilai *occurrence* tertinggi terdapat pada A1 yaitu “Keterlambatan pasokan material konstruksi utama” dengan nilai 9. Hal ini menunjukkan bahwa kendala keterlambatan material, terutama untuk item utama seperti besi beton, semen, atau baja profil, merupakan risiko yang sangat sering terjadi di lapangan dan dapat menyebabkan gangguan besar terhadap jadwal pekerjaan struktur maupun arsitektur. Menyusul setelahnya adalah A2, yaitu “Pembayaran proyek dari pihak ketiga tertunda” dengan nilai *occurrence* 8, yang mencerminkan kendala administratif dan birokrasi pembayaran yang sering kali menyebabkan arus kas proyek tersendat.

Sementara itu, nilai *occurrence* terendah dalam penilaian ini adalah 4, yang diberikan pada beberapa penyebab risiko seperti A9 (“Cuaca buruk menyebabkan pekerjaan struktur terlambat”) dan A10 (“Material datang tidak sesuai spesifikasi teknis”). Meskipun frekuensi kejadiannya tidak setinggi penyebab lainnya, risiko-risiko tersebut tetap harus diperhatikan karena dampaknya bisa signifikan jika terjadi di fase kritis pembangunan, seperti pengecoran atau pemasangan struktur atas.

Setelah penilaian *occurrence* dilakukan, tahapan berikutnya adalah melakukan penilaian terhadap korelasi antara risk event (kejadian risiko) dengan risk agent (penyebab risiko). Penilaian korelasi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan hubungan antara suatu kejadian risiko dengan penyebabnya. Mengingat bahwa satu risk agent dapat memicu lebih dari satu kejadian, dan sebaliknya satu kejadian bisa disebabkan oleh banyak risk agent, maka pemetaan hubungan ini menjadi penting. Proses ini dilakukan melalui diskusi bersama tim proyek, yang terdiri dari pelaksana lapangan, manajer proyek, serta bagian pengadaan. Nilai korelasi dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu 9 untuk korelasi kuat, 3 untuk korelasi sedang, dan 1 untuk korelasi lemah. Hasil korelasi ini akan digunakan dalam perhitungan Aggregate Risk Potential (ARP) sebagai dasar prioritas penanganan risiko dalam tahapan analisis House of Risk selanjutnya.

Perhitungan nilai Aggregate Risk Potential (ARP)

Setelah dilakukan penilaian terhadap tingkat keparahan (*severity*), peluang kemunculan (*occurrence*), serta hubungan korelasi antara kejadian risiko (*risk event*) dan penyebab risiko (*risk agent*), maka tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP). Perhitungan nilai ARP bertujuan untuk menentukan prioritas agen risiko yang paling penting untuk segera ditangani, berdasarkan kombinasi antara tingkat dampak, peluang terjadinya, dan seberapa besar hubungan penyebab terhadap kejadian.

Nilai ARP dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$ARP_j = O_j \times \sum_{i=1}^n (S_i \times R_{ij})$$

Keterangan:

O_j = Nilai occurrence dari risk agent ke-j

S_i = Nilai severity dari risk event ke-i

R_{ij} = Nilai korelasi antara risk event ke-i dengan risk agent ke-j

$\sum(S_i \times R_{ij})$ = total weighted severity terhadap satu risk agent

Berikut adalah contoh perhitungan nilai ARP:

ARP1 (A1 = Keterlambatan pasokan material utama)

Occurrence (O_i) = 9

E2 ($S_i=8$), $R_{ij}=9$

E14 ($S_i=8$), $R_{ij}=3$

Severity (S_i) \times Korelasi (R_{ij}) = $(8 \times 9) + (8 \times 3) = 96$

ARP = $9 \times 96 = 864$

Setelah nilai ARP untuk seluruh agen risiko dihitung, langkah berikutnya adalah melakukan pengurutan nilai ARP dari yang tertinggi hingga yang terendah. Hasil ini akan menjadi dasar dalam penyusunan diagram Pareto, yang digunakan untuk memprioritaskan penyebab risiko mana yang perlu ditangani terlebih dahulu. Setelah dilakukan perhitungan nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP) terhadap seluruh agen risiko (*risk agent*), maka dilakukan proses pengurutan nilai ARP dari yang tertinggi hingga yang terendah. Pengurutan ini bertujuan untuk menentukan prioritas penanganan terhadap penyebab risiko yang paling berpengaruh terhadap kejadian risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya. Nilai ARP yang tinggi menunjukkan bahwa agen risiko tersebut memiliki kombinasi nilai severity, occurrence, dan korelasi yang signifikan, sehingga perlu mendapatkan perhatian dan penanganan lebih awal dalam strategi mitigasi risiko.

Hasil pengurutan nilai ARP ini menjadi dasar dalam penyusunan diagram Pareto dan strategi pengendalian risiko yang efektif.

Tabel Hasil HOR Fase 1

Setelah dilakukan proses identifikasi kejadian risiko (*risk event*) dan penyebab risiko (*risk agent*), dilanjutkan dengan penilaian tingkat dampak (*severity*) terhadap setiap kejadian risiko serta penilaian tingkat peluang kemunculan (*occurrence*) terhadap masing-masing penyebab risiko, maka tahap berikutnya adalah penilaian korelasi antara risk event dan risk agent. Seluruh proses ini dilakukan melalui diskusi dan kesepakatan bersama pihak internal perusahaan, untuk memastikan penilaian sesuai dengan kondisi aktual.

Berdasarkan nilai severity, occurrence, serta hasil penilaian korelasi, kemudian dilakukan perhitungan *Aggregate Risk Potential* (ARP) untuk masing-masing agen risiko. Nilai ARP dihitung sebagai dasar untuk menentukan tingkat prioritas penanganan terhadap penyebab risiko yang paling berpengaruh. Setelah nilai ARP diperoleh, dilakukan pengurutan dari yang tertinggi hingga terendah untuk memudahkan proses analisis dan penyusunan strategi mitigasi risiko.

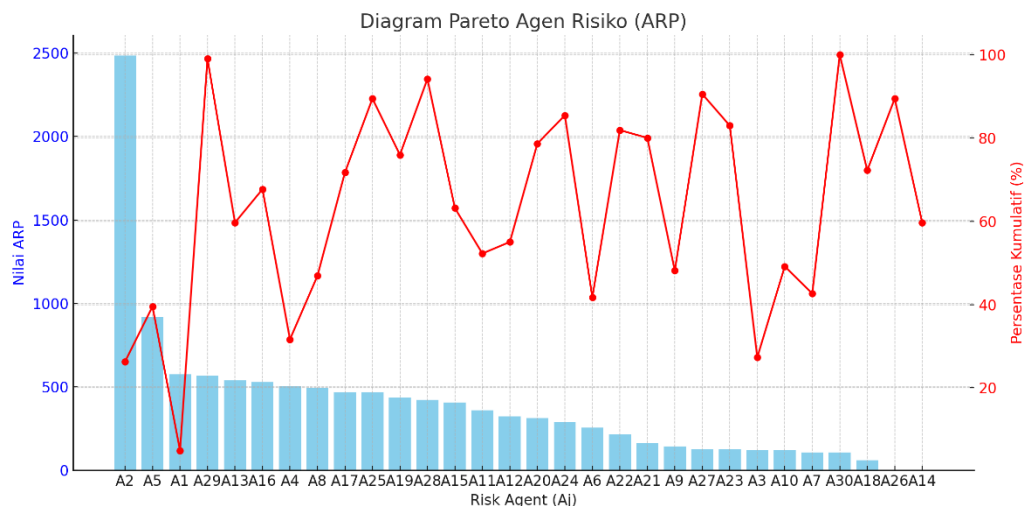
Seluruh hasil tersebut selanjutnya disajikan dalam bentuk Tabel HOR Fase 1, yang merupakan ringkasan komprehensif dari keseluruhan proses identifikasi, penilaian, dan pengurutan risiko dalam fase awal pendekatan House of Risk (HOR). Tabel ini menjadi acuan utama dalam menentukan agen risiko yang harus menjadi prioritas dalam penyusunan strategi pengendalian pada tahap HOR Fase 2. Tabel HOR 1 pada lampiran 1.

House of Risk (HOR) Fase 2

House of Risk (HOR) Fase 2 merupakan tahapan lanjutan dalam metode HOR yang berfokus pada penanganan risiko secara proaktif dengan merancang strategi atau tindakan pencegahan terhadap penyebab risiko (risk agent) yang telah diprioritaskan berdasarkan nilai Aggregate Risk Potential (ARP) pada HOR Fase 1. Tujuan dari fase ini adalah untuk menentukan strategi mitigasi yang paling efektif dan efisien guna menurunkan dampak maupun peluang terjadinya risiko. Langkah-langkah dalam HOR Fase 2 meliputi penentuan agen risiko terpilih, penyusunan strategi penanganan, penilaian korelasi antara strategi dan agen risiko, perhitungan nilai Total Effectiveness (TEK), penilaian tingkat kesulitan implementasi strategi atau Degree of Difficulty (Dk), serta perhitungan rasio efektivitas terhadap tingkat kesulitan (Effectiveness to Difficulty Ratio atau ETDk). Hasil akhir dari tahap ini adalah prioritas strategi mitigasi yang disusun berdasarkan nilai ETDk tertinggi, yang akan menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pengendalian risiko.

Penentuan Penyebab Risiko (Risk Agent)

Setelah pada tahap sebelumnya, yaitu HOR Fase 1, diperoleh nilai Aggregate Risk Potential (ARP) dari masing-masing agen risiko dalam proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber, maka pada bagian ini dilakukan pemilihan agen risiko yang termasuk dalam kategori prioritas maupun non-prioritas. Pemilihan ini menggunakan alat bantu berupa diagram Pareto, karena tidak semua agen risiko perlu ditangani secara langsung, terutama apabila mempertimbangkan efisiensi dari sisi biaya, waktu, dan usaha yang diperlukan, serta apabila dampaknya terhadap proyek tergolong rendah. Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi agen risiko mana saja yang memiliki kontribusi terbesar terhadap keseluruhan nilai ARP, sehingga upaya mitigasi dapat difokuskan pada penyebab risiko yang paling krusial. Pada diagram Pareto yang menggambarkan nilai ARP dari masing-masing agen risiko dalam bentuk column chart, sedangkan garis line chart menunjukkan persentase kumulatif terhadap total ARP. Untuk mendukung visualisasi tersebut.



Gambar Diagram Pareto
 Sumber : I Made Negara Gineng Pratiidnya (2018)

Diagram Pareto digunakan sebagai alat bantu analisis untuk menentukan prioritas penanganan terhadap agen risiko berdasarkan nilai Aggregate Risk Potential (ARP) yang telah dihitung sebelumnya. Dengan menggunakan prinsip 80:20, diagram ini membantu mengidentifikasi sejumlah kecil agen risiko yang berkontribusi besar terhadap total potensi risiko proyek. Berdasarkan hasil diskusi dengan manajer proyek dan tim pelaksana teknis, ditetapkan bahwa 10 agen risiko teratas dipilih sebagai prioritas mitigasi karena secara kumulatif menyumbang sekitar 74% dari keseluruhan risiko yang teridentifikasi. Agen-agen risiko tersebut memiliki dampak signifikan terhadap kelancaran dan keberhasilan proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber, sehingga menjadi perhatian utama dalam penyusunan strategi mitigasi yang efektif. Informasi lengkap mengenai agen risiko prioritas ini disajikan sebagai hasil interpretasi dari diagram Pareto.

Tabel Perhitungan Pareto Nilai ARP (*Aggregate Risk Potential*)

Kode	Rank	Nilai ARP	Kumulatif ARP	% ARP	% Kumulatif	Kategori
A1	3	576	576	4,95%	4,95%	Prioritas
A2	1	2484	3060	21,34%	26,29%	
A3	24	120	3180	1,03%	27,32%	
A4	7	504	3684	4,33%	31,65%	
A5	2	918	4602	7,89%	39,54%	
A6	18	255	4857	2,19%	41,73%	
A7	26	108	4965	0,93%	42,65%	
A8	8	495	5460	4,25%	46,91%	
A9	21	144	5604	1,24%	48,14%	
A10	24	120	5724	1,03%	49,18%	
A11	14	360	6084	3,09%	52,27%	Non Prioritas
A12	15	324	6408	2,78%	55,05%	
A13	5	540	6948	4,64%	59,69%	
A14	29	0	6948	0,00%	59,69%	
A15	13	405	7353	3,48%	63,17%	
A16	6	528	7881	4,54%	67,71%	
A17	9	468	8349	4,02%	71,73%	
A18	28	60	8409	0,52%	72,24%	
A19	11	435	8844	3,74%	75,98%	
A20	16	312	9156	2,68%	78,66%	
A21	20	162	9318	1,39%	80,05%	
A22	19	216	9534	1,86%	81,91%	
A23	22	126	9660	1,08%	82,99%	
A24	17	288	9948	2,47%	85,46%	
A25	9	468	10416	4,02%	89,48%	
A26	29	0	10416	0,00%	89,48%	
A27	22	126	10542	1,08%	90,57%	
A28	12	423	10965	3,63%	94,20%	
A29	4	567	11532	4,87%	99,07%	

A30	26	108	11640	0,93%	100,00%	
-----	----	-----	-------	-------	---------	--

Sumber : I Made Negara Gineng Pratiidnya (2018)

Berdasarkan hasil analisis Pareto terhadap nilai Aggregate Risk Potential (ARP), diketahui bahwa sebagian besar risiko yang berkontribusi signifikan terhadap potensi kerugian proyek berasal dari sejumlah kecil agen risiko. Hal ini sejalan dengan prinsip Pareto 80/20, di mana sekitar 20 – 30% agen risiko menyumbang hingga 80% dari total nilai ARP. Dalam konteks proyek pembangunan Menara Masjid Agung, agen risiko seperti keterlambatan pasokan material konstruksi utama (A1), pembayaran proyek dari pihak ketiga tertunda (A2), dan miskomunikasi antara pelaksana lapangan dan manajemen proyek (A3) menjadi penyebab risiko dengan nilai ARP tertinggi. Ketiga agen risiko tersebut secara kumulatif mencakup lebih dari 40% total ARP keseluruhan, yang menunjukkan bahwa penanganan terhadap penyebab risiko ini dapat secara signifikan mengurangi tingkat risiko proyek. Oleh karena itu, agen-agen risiko dengan kontribusi tertinggi dikategorikan sebagai prioritas utama dalam strategi mitigasi. Melalui pendekatan ini, sumber daya penanganan risiko dapat difokuskan secara lebih efisien pada penyebab yang paling berdampak, sehingga proses pengendalian risiko proyek menjadi lebih efektif dan terarah.

Perencanaan Strategi Penanganan

Berdasarkan sepuluh agen risiko prioritas yang telah ditentukan, dirancang sejumlah strategi mitigasi sebagai upaya untuk mengurangi kemungkinan terjadinya maupun dampak dari masing-masing penyebab risiko dalam pelaksanaan proyek. Strategi mitigasi ini difokuskan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan proyek konstruksi menara masjid, terutama dalam aspek pasokan material, pengelolaan sumber daya, pengendalian mutu, serta komunikasi antar pihak yang terlibat. Penyusunan strategi ini bertujuan untuk memberikan arahan langkah preventif yang realistis, efektif, dan efisien, agar potensi hambatan proyek dapat ditekan sejak dini. Berikut ini merupakan strategi-strategi mitigasi yang diusulkan untuk menangani risiko-risiko prioritas tersebut:

1. Menyusun jadwal pasokan material utama secara terintegrasi (PA1)

Untuk mengatasi keterlambatan pasokan material konstruksi utama (A1), perlu disusun jadwal pasokan material yang detail dan terintegrasi dengan timeline proyek. Jadwal ini harus mencakup waktu pemesanan, waktu pengiriman, hingga estimasi tiba di lokasi proyek, dan disosialisasikan kepada semua vendor. Dengan sistem ini, potensi keterlambatan dapat diminimalkan, dan pekerjaan konstruksi bisa berjalan sesuai rencana.

2. Menetapkan sistem pengingat dan monitoring pembayaran dari pihak ketiga (PA2)

Untuk mengatasi keterlambatan pembayaran dari pihak ketiga (A2), perlu dibuat sistem pengingat otomatis terhadap termin pembayaran dan reminder berkala kepada pemilik proyek atau institusi pembayar. Sistem ini juga dapat dilengkapi dengan dashboard tracking pembayaran sehingga tim manajemen keuangan dapat mengambil tindakan lebih cepat jika terjadi keterlambatan yang berdampak pada arus kas proyek.

3. Meningkatkan koordinasi antara pelaksana lapangan dan manajemen proyek (PA3)

Guna mengurangi miskomunikasi antara pelaksana lapangan dan manajemen proyek (A3), perlu dilakukan rapat koordinasi rutin mingguan dan pelaporan progres berbasis dokumen digital. Selain itu, penggunaan aplikasi proyek berbasis cloud juga dapat meningkatkan transparansi informasi dan mempermudah akses data bagi seluruh stakeholder proyek.

4. Membuat kesepakatan SLA (Service Level Agreement) dengan supplier material (PA4)

Keterlambatan pengiriman material dari supplier (A4) dapat dikurangi dengan membuat kesepakatan tertulis berupa SLA yang mencakup waktu pengiriman, jenis material, dan sanksi bila terjadi keterlambatan. Hal ini akan meningkatkan komitmen supplier terhadap proyek dan memberikan dasar hukum bagi kontraktor jika terjadi penyimpangan dari kesepakatan.

5. Menambah atau menjadwalkan ulang tenaga kerja di fase puncak proyek (PA5)

Evaluasi terhadap kinerja supplier merupakan langkah penting dalam upaya peningkatan efektivitas rantai pasok dan pengendalian risiko keterlambatan maupun ketidaksesuaian bahan baku. Penilaian ini bertujuan sebagai dasar pemberian masukan kepada supplier terkait aspek-aspek yang perlu diperbaiki, serta sebagai pertimbangan untuk mempertahankan, mengurangi, atau menghentikan kerja sama. Selain itu, karena dalam proyek ini terdapat lebih dari satu alternatif supplier bahan baku, evaluasi juga berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan dalam alokasi pemesanan bahan baku secara proporsional.

6. Menyusun SOP pemeliharaan dan inspeksi alat berat secara berkala (PA6)

Mengatasi kerusakan alat berat selama proses pengecoran (A6) dapat dilakukan dengan menyusun Standar Operasional Prosedur (SOP) untuk perawatan alat secara berkala dan inspeksi harian sebelum alat digunakan. Selain itu, penting juga untuk memiliki teknisi siaga serta cadangan alat berat untuk menghindari downtime pada pekerjaan penting.

7. Menyusun rencana kebutuhan material lebih akurat menggunakan data historis proyek sejenis (PA7)

Kesalahan dalam perencanaan volume material (A7) dapat diminimalkan dengan menerapkan metode perencanaan berbasis data historis proyek sebelumnya dan mempertimbangkan waste factor secara realistis.

8. Membuat sistem checklist konfirmasi kebutuhan material dengan supplier (PA8)

Agar tidak terjadi kesalahan akibat tidak adanya konfirmasi ulang kebutuhan material (A8), tim pengadaan harus menggunakan sistem checklist digital untuk setiap transaksi pengadaan. Checklist ini memuat jenis material, spesifikasi teknis, jumlah, dan waktu pengiriman, dan harus dikonfirmasi ulang secara formal (email atau form digital) oleh supplier sebelum pengiriman dilakukan.

9. Menyusun protokol tanggap darurat untuk kondisi cuaca buruk (PA9)

Cuaca buruk yang menyebabkan keterlambatan pekerjaan struktur (A9) harus diantisipasi dengan penyusunan protokol tanggap darurat, seperti penggunaan terpal untuk perlindungan area kerja terbuka, sistem drainase sementara, serta penjadwalan ulang pekerjaan outdoor. Prakiraan cuaca harian juga harus dimasukkan ke dalam sistem monitoring proyek.

10. Menetapkan standar spesifikasi material dan pengawasan saat penerimaan (PA10)

Untuk menghindari material datang tidak sesuai spesifikasi teknis (A10), diperlukan dokumen standar spesifikasi teknis yang menjadi acuan saat inspeksi penerimaan material. Petugas gudang dan pengawas lapangan harus dibekali form checklist inspeksi, dan apabila material tidak sesuai, langsung dilakukan berita acara penolakan kepada supplier.

11. Menerapkan sistem komunikasi proyek berbasis aplikasi digital (project dashboard) (PA11)

Keterlambatan akibat miskomunikasi internal (seperti A3 dan A19) dapat diatasi dengan penggunaan aplikasi proyek seperti Trello, Asana, atau MS Project Online, yang memungkinkan pembagian tugas, pelacakan progres, dan komunikasi antar tim secara real-time. Hal ini mencegah kesalahan akibat informasi yang tidak tersampaikan dengan benar.

12. Meningkatkan Akurasi Penentuan Target (PA12)

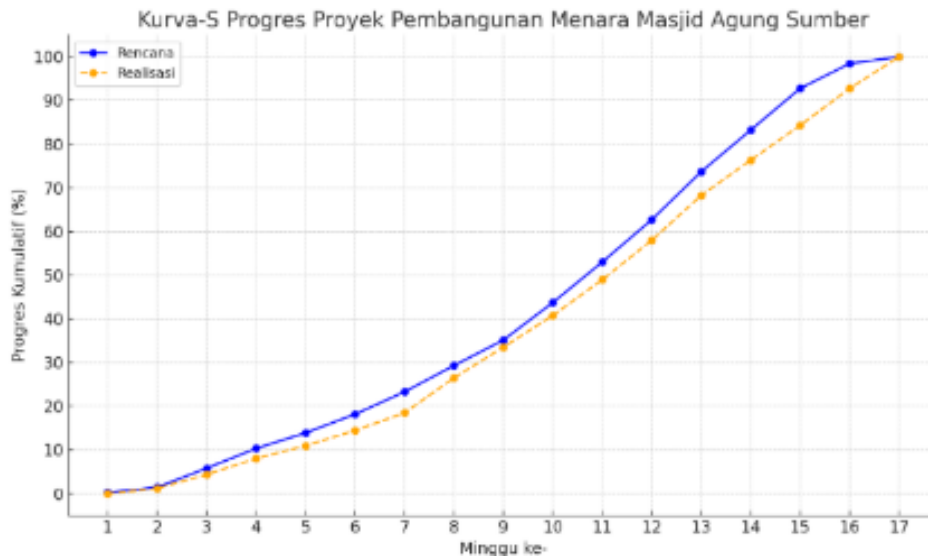
Dalam konteks proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber, perencanaan volume pekerjaan dan estimasi kebutuhan sumber daya (termasuk bahan, alat, dan tenaga kerja) sangat memengaruhi keberhasilan proyek. Selama ini, penentuan target kebutuhan material atau waktu pengerjaan sering kali mengacu pada data historis proyek sebelumnya tanpa mempertimbangkan dinamika kondisi di lapangan. Akibatnya, proyek kerap menghadapi kekurangan stok bahan atau ketidaksesuaian durasi pengerjaan terhadap realisasi di lapangan. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan peningkatan akurasi dalam penentuan target perencanaan produksi atau pelaksanaan kerja konstruksi. Salah satu cara yang disarankan

adalah menerapkan metode peramalan (forecasting), khususnya model time series untuk memproyeksikan kebutuhan material dan durasi pekerjaan berdasarkan tren dari data proyek-proyek sebelumnya. Model time series dapat digunakan karena memanfaatkan faktor waktu sebagai dasar proyeksi, dan proyek ini juga memiliki data historis penyerapan material dan progres mingguan dari laporan sebelumnya. Selain itu, perusahaan juga perlu mempertimbangkan variabel lain seperti permintaan aktual, kendala cuaca, waktu kedatangan material, dan kapasitas tenaga kerja yang tersedia agar estimasi lebih realistis. Dengan strategi ini, risiko kesalahan perencanaan target kerja atau volume produksi (A1) dapat diminimalkan, serta membantu meningkatkan efisiensi dan kontinuitas pembangunan menara sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

Tabel Data Progres Mingguan Proyek Menara Masjid Agung Sumber

Tahun	Minggu	Realisasi (%)	Tahun	Minggu	Rencana (%)
2024	1	0.00	2024	1	0.24
2024	2	1.44	2024	2	1.20
2024	3	5.82	2024	3	4.38
2024	4	10.34	2024	4	4.52
2024	5	13.90	2024	5	3.56
2024	6	18.17	2024	6	4.27
2024	7	23.29	2024	7	5.12
2024	8	29.31	2024	8	6.02
2024	9	35.15	2024	9	5.83
2024	10	43.73	2024	10	8.58
2024	11	53.02	2024	11	9.29
2024	12	62.70	2024	12	9.68
2024	13	73.69	2024	13	10.99
2024	14	83.22	2024	14	9.53
2024	15	92.75	2024	15	9.53
2024	16	98.44	2024	16	5.69
2024	17	100.00	2024	17	1.56

Selanjutnya dibuatlah grafik yang merepresentasikan Data Progres Mingguan Proyek Menara Masjid Agung Sumber.



Gambar 4.2

Gambar Kurva-S Progres Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Sumber
Sumber : Penulis (2025)

Gambar di atas menunjukkan grafik Kurva-S yang membandingkan progres kumulatif rencana dan progres kumulatif realisasi proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber dari minggu ke-1 hingga minggu ke-17. Garis biru merepresentasikan progres kumulatif berdasarkan perencanaan awal proyek (rencana). Garis oranye menunjukkan progres aktual (realisasi) di lapangan selama pelaksanaan proyek. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada minggu-minggu awal (minggu ke-1 hingga ke-5), progres realisasi cukup mengikuti rencana. Namun, terdapat keterlambatan yang mulai terlihat signifikan dari minggu ke-6 hingga minggu ke-10, di mana garis realisasi berada di bawah garis rencana. Hal ini menunjukkan adanya hambatan dalam pelaksanaan, baik dari sisi tenaga kerja, logistik, atau kondisi lapangan. Meskipun demikian, grafik menunjukkan adanya pemulihan kinerja proyek. Progres realisasi secara bertahap meningkat lebih tajam mulai minggu ke-11 hingga minggu ke-17. Pada minggu ke-17, proyek berhasil mencapai 100% penyelesaian, sejajar dengan target rencana, yang berarti proyek berhasil diselesaikan tepat waktu meskipun sempat mengalami keterlambatan di pertengahan periode.

Mempertimbangkan kondisi eksternal, seperti musiman, kejadian tertentu, dan peningkatan aktivitas pariwisata di daerah sekitar. Selain menggunakan pendekatan data historis dan metode peramalan seperti time series, penentuan target pekerjaan proyek juga perlu mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang berpotensi mempengaruhi kelancaran pelaksanaan proyek. Beberapa faktor tersebut meliputi kondisi musiman seperti musim hujan yang dapat menghambat pekerjaan struktur, kejadian khusus seperti hari besar keagamaan atau agenda pemerintah daerah yang berpotensi membatasi akses dan distribusi material, serta peningkatan jumlah wisatawan di kawasan sekitar Masjid Agung Sumber yang dapat memengaruhi mobilitas proyek, terutama jika lokasi proyek berdekatan dengan area publik. Dengan mempertimbangkan variabel-variabel eksternal ini, tim proyek dapat melakukan penyesuaian perencanaan secara lebih adaptif, seperti mengatur ulang jadwal kerja, mempercepat penyelesaian pekerjaan krusial, atau melakukan antisipasi terhadap kemungkinan keterlambatan.

13. Melakukan Penyuluhan kepada Pekerja dan Subkontraktor Terkait Standar Kualitas dan Prosedur (PA13)

Penyuluhan dalam proyek konstruksi merupakan kegiatan penting untuk memastikan bahwa seluruh pihak yang terlibat, baik pekerja maupun subkontraktor, memiliki pemahaman yang sama terhadap standar pelaksanaan, kualitas pekerjaan, serta prosedur keselamatan. Tujuan dari penyuluhan ini adalah meminimalkan risiko kesalahan kerja, ketidaksesuaian spesifikasi teknis, serta meningkatkan produktivitas dan efisiensi pelaksanaan di lapangan.

Beberapa materi penting yang dapat disampaikan dalam penyuluhan antara lain:

a. Pemahaman Gambar Kerja dan Spesifikasi

Seluruh pekerja dan pelaksana lapangan perlu memahami gambar kerja struktural dan arsitektural, serta spesifikasi material dan metode pelaksanaan. Penyuluhan ini dapat mencegah risiko pekerjaan yang salah dimensi atau salah material (A5, A11).

b. Standar Kualitas Material dan Teknik Pelaksanaan

Disampaikan mengenai standar material (misalnya mutu beton, jenis besi tulangan, standar plesteran), dan teknik pelaksanaan pekerjaan agar hasil akhir sesuai mutu yang direncanakan. Termasuk teknik pengecoran, pengadukan, serta pemasangan elemen struktural yang benar.

c. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Penyuluhan K3 sangat penting untuk menghindari kecelakaan kerja dan meningkatkan kesadaran penggunaan alat pelindung diri (APD), seperti helm proyek, sepatu safety, sarung tangan, dan sabuk pengaman saat bekerja di ketinggian.

d. Pengelolaan Limbah dan Kebersihan Proyek

Disampaikan prosedur penanganan limbah konstruksi, seperti bekas adukan semen, sampah besi potongan, plastik pembungkus material, serta pentingnya menjaga area kerja tetap rapi untuk menghindari kecelakaan dan mempercepat mobilisasi alat/bahan.

e. Etika dan Komunikasi di Lapangan

Meningkatkan kesadaran pekerja untuk saling berkoordinasi dan menjalin komunikasi baik antar bagian, terutama antara mandor, pelaksana teknis, dan pengawas lapangan, guna menghindari miskomunikasi (A28).

Penyuluhan ini sebaiknya dilakukan secara berkala, seperti di awal minggu kerja atau ketika akan memasuki tahapan pekerjaan baru. Dengan penyuluhan yang tepat, risiko kesalahan teknis, keterlambatan, dan ketidaksesuaian mutu dapat ditekan secara signifikan, sekaligus membangun budaya kerja yang lebih profesional dan produktif.

Penentuan Korelasi Strategi Penanganan dengan Agen Risiko

Pada bagian ini, penilaian korelasi dilakukan terhadap hubungan antara strategi mitigasi risiko yang telah direncanakan sebelumnya dengan agen-agen risiko prioritas yang telah teridentifikasi dalam proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber. Tujuan dari penilaian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana efektivitas masing-masing strategi dalam menangani penyebab risiko tertentu. Penilaian korelasi dilakukan melalui diskusi bersama pihak manajemen proyek dan pengawas lapangan berdasarkan pengalaman teknis serta pengamatan langsung selama pelaksanaan proyek berlangsung.

Tabel Hasil Penilaian Korelasi antara Strategi Mitigasi Risiko dengan Agen Risiko

Kode Agen Risiko (Aj)	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	PA 6	PA 7	PA 8	PA 9	PA1 0	PA1 1	PA1 2	PA1 3
A1	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kode Agen Risiko (Aj)	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	PA 6	PA 7	PA 8	PA 9	PA1 0	PA1 1	PA1 2	PA1 3
A5	9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
A6	3	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	3	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
A18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
A19	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
A20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
A21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
A22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
A23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
A24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
A25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
A26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
A27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
A28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
A29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
A30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0

Sumber : I Made Negara Gineng Pratiidnya (2018)

Perhitungan Total Effectiveness

Perhitungan total effectiveness (TE_k) bertujuan untuk mengukur seberapa besar efektivitas dari masing-masing strategi mitigasi risiko (Preventive Action/ PA_k) dalam menangani agen risiko prioritas yang telah diidentifikasi. Nilai TE_k dihitung berdasarkan kontribusi setiap strategi terhadap agen risiko, yang diukur dari hasil perkalian antara nilai ARP (Aggregate Risk Potential) dari agen risiko dengan nilai korelasi (E_{jk}) antara strategi tersebut terhadap agen risiko tersebut.

Rumus perhitungan total effectiveness sebagai berikut:

$$TE_k = \sum (ARP_j \times E_{jk})$$

Keterangan:

TE_k = Total effectiveness strategi ke-k

ARP_j = Nilai ARP dari agen risiko ke-j

E_{jk} = Nilai korelasi antara agen risiko ke-j dengan strategi mitigasi ke-k

Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai total effectiveness untuk dua strategi pertama:

- $TE_1 = (576 \times 9) + (2484 \times 9) + (120 \times 3) + (504 \times 9) + (918 \times 9) + (255 \times 3) + (108 \times 3) + (495 \times 9) + (144 \times 3) + (120 \times 9) = 47754$

Nilai TE_k yang lebih besar menunjukkan bahwa strategi tersebut berkontribusi terhadap penanganan risiko yang lebih signifikan dan memiliki korelasi tinggi terhadap agen risiko prioritas. Untuk hasil perhitungan total effectiveness secara lengkap, dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel Hasil Perhitungan *Total Effectiveness*

Kode Strategi (PA _k)	Strategi Penanganan (versi konstruksi)	Total Effectiveness (TE _k)
PA1	Menyusun peraturan teknis pengadaan material konstruksi	47754
PA2	Menyepakati skema pembayaran dengan subkon/pihak ketiga	4320
PA3	Meningkatkan koordinasi antar bagian proyek	7452
PA4	Melakukan evaluasi vendor material/beton	3267
PA5	Evaluasi menyeluruh terhadap kinerja supplier konstruksi	1845
PA6	Membuat kontrak teknis terperinci dengan supplier/jasa konstruksi	10854
PA7	Update berkala terhadap jadwal kedatangan material dan konfirmasi permintaan lapangan	2916
PA8	Pengalokasian dan rotasi tenaga kerja proyek	1305
PA9	Penerapan sistem reward & punishment untuk tukang/mandor	12609
PA10	Penyusunan SOP dan jadwal perawatan alat berat dan peralatan proyek	180
PA11	Membangun sistem komunikasi internal berbasis alur informasi proyek	2808
PA12	Meningkatkan akurasi penjadwalan dan perencanaan volume pekerjaan struktur	2727
PA13	Melakukan pelatihan teknis lapangan dan penyuluhan SOP kepada pekerja dan subkon	9639

Sumber: I Made Negara Gineng Pratiidnya (2018)

Penilaian Degree of Difficulty (D_k)

Penilaian degree of difficulty bertujuan untuk menilai sejauh mana tingkat kesulitan implementasi dari masing-masing strategi mitigasi risiko (Preventive Action/PA) yang telah direkomendasikan. Penilaian ini penting agar strategi yang dipilih tidak hanya efektif dari sisi dampak risiko, tetapi juga realistis dan memungkinkan untuk diterapkan di lapangan proyek pembangunan. Penilaian dilakukan secara subjektif oleh pihak proyek, termasuk manajemen pelaksana dan pengawas lapangan, berdasarkan pertimbangan sumber daya yang tersedia, biaya, waktu, serta kompleksitas teknis di lapangan. Mengacu pada klasifikasi dari Pujawan dan Geraldin (2009), derajat kesulitan strategi dibagi ke dalam tiga kategori:

Tabel Skala *Degree of Difficulty*

Skor	Keterangan
3	Low – Strategi penanganan mudah untuk diterapkan
4	Medium – Strategi penanganan sedikit sulit diterapkan
5	High – Strategi penanganan sulit untuk diterapkan

Sumber : I Made Negara Gineng Pratidnya (2018)

Berikut merupakan hasil penilaian degree of difficulty berdasarkan wawancara dan diskusi langsung dengan pihak pelaksana proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber dan dari pihak pengawas teknis proyek, yang akan ditampilkan pada Tabel 4.15.

Tabel Hasil Penilaian *Degree of Difficulty*

Kode Strategi (PA _k)	Strategi Penanganan	Degree of Difficulty (D _k)
PA1	Membuat peraturan teknis pengadaan material konstruksi	4
PA2	Menyusun dan menyepakati mekanisme pembayaran progres proyek dengan pihak ketiga	4
PA3	Meningkatkan komunikasi dan koordinasi antar bagian proyek	4
PA4	Melakukan evaluasi terhadap kinerja vendor material/beton	4
PA5	Melakukan audit dan evaluasi kinerja supplier bahan bangunan	4
PA6	Menyusun kontrak kerja sama yang jelas dengan supplier/pihak jasa konstruksi	4
PA7	Melakukan update jadwal pengadaan dan segera mengonfirmasi kebutuhan material	3
PA8	Penambahan atau rotasi tenaga kerja untuk pekerjaan berat atau waktu kritis	3
PA9	Penerapan sistem reward dan punishment untuk mandor dan tukang	3
PA10	Menyusun dan menerapkan SOP perawatan alat berat dan mesin konstruksi	4
PA11	Membuat sistem komunikasi internal proyek berbasis alur informasi yang jelas	4
PA12	Meningkatkan ketepatan perencanaan volume dan jadwal pekerjaan struktural	4
PA13	Memberikan pelatihan teknis dan penyuluhan metode kerja pada tenaga kerja dan subkon	3

Sumber : I Made Negara Gineng Pratidnya (2018)

Perhitungan Rasio Effectiveness to Difficulty (ETD_k)

Setelah dilakukan perhitungan total effectiveness (TE_k) dan penilaian degree of difficulty (D_k) terhadap masing-masing strategi mitigasi risiko, maka tahap selanjutnya adalah menghitung rasio effectiveness to difficulty (ETD_k). Rasio ini digunakan untuk menentukan

strategi mana yang paling layak dan prioritas untuk diterapkan lebih dahulu berdasarkan kombinasi antara efektivitas dan tingkat kemudahan implementasi.

Nilai ETD_k dihitung menggunakan rumus berikut:

$$ETD_k = \frac{TE_k}{D_k}$$

Semakin tinggi nilai ETD_k , maka strategi tersebut dianggap memiliki efektivitas tinggi dan relatif mudah untuk dilaksanakan, sehingga lebih prioritas untuk diimplementasikan dalam konteks mitigasi risiko proyek pembangunan menara.

Berikut adalah contoh perhitungan:

- $ETD_1 = TE_1 / D_1 = 47754 / 4 = 11938,5$

Untuk hasil perhitungan lengkap ETD_k dari seluruh strategi mitigasi (PA₁–PA₁₃), ditampilkan pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel Hasil Perhitungan Rasio *Effectiveness to Difficulty* Berdasarkan Urutan Terbesar

Kode Strategi (PA _k)	Strategi Penanganan	ETD_k
PA1	Menyusun peraturan teknis pengadaan material konstruksi	11938,5
PA9	Penerapan sistem reward & punishment untuk tukang/mandor	4203
PA13	Melakukan pelatihan teknis lapangan dan penyuluhan SOP kepada pekerja dan subkon	3213
PA6	Membuat kontrak teknis terperinci dengan supplier/jasa konstruksi	2713,5
PA3	Meningkatkan koordinasi antar bagian proyek	1863
PA2	Menyepakati skema pembayaran dengan subkon/pihak ketiga	1080
PA7	Update berkala terhadap jadwal kedatangan material dan konfirmasi permintaan	972
PA4	Melakukan evaluasi vendor material/beton	816,75
PA11	Membangun sistem komunikasi internal berbasis alur informasi proyek	702
PA12	Meningkatkan akurasi penjadwalan dan perencanaan volume pekerjaan struktur	681,75
PA5	Evaluasi menyeluruh terhadap kinerja supplier konstruksi	461,25
PA8	Pengalokasian dan rotasi tenaga kerja proyek	435
PA10	Penyusunan SOP dan jadwal perawatan alat berat dan peralatan proyek	45

Sumber : I Made Negara Gineng Pratiidnya (2018)

Tabel HOR fase 2

Setelah seluruh tahapan dalam metode House of Risk (HOR) fase 2 dilaksanakan, mulai dari identifikasi agen risiko prioritas, perencanaan strategi mitigasi, evaluasi hubungan antara agen risiko dan strategi mitigasi, perhitungan total effectiveness (TE_k), penentuan tingkat kesulitan implementasi atau degree of difficulty (D_k), hingga perhitungan rasio effectiveness to difficulty (ETD_k), maka tahap akhir adalah melakukan pengurutan nilai ETD_k dari yang tertinggi hingga yang terendah. Hasil pengurutan ini disajikan dalam bentuk Tabel HOR Fase 2 yang menjadi dasar dalam menentukan prioritas strategi mitigasi risiko yang paling efektif

dan realistis untuk diterapkan dalam proyek pembangunan Menara Masjid Agung Sumber. Tabel HOR 2 terdapat pada lampiran 2.

Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengumpulan dan analisis data pada Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Sumber, telah diidentifikasi sebanyak 30 kejadian risiko (risk event) yang mencerminkan berbagai potensi penyebab keterlambatan pada tahapan perencanaan, pelaksanaan, hingga pengendalian proyek konstruksi. Kejadian-kejadian ini dianalisis lebih lanjut dengan pendekatan House of Risk (HOR) Fase 1 untuk mengidentifikasi 30 agen risiko (risk agent) yang menjadi akar penyebab dari kejadian keterlambatan tersebut. Penilaian terhadap setiap agen risiko dilakukan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu tingkat keparahan dampak jika risiko terjadi (severity), tingkat kemungkinan atau frekuensi terjadinya (occurrence), dan kekuatan hubungan antara agen penyebab dengan kejadian risiko yang ditimbulkannya (relationship), dengan skala penilaian tertentu. Data tersebut diperoleh melalui kombinasi observasi lapangan, dokumentasi proyek, dan diskusi kelompok terarah (Focus Group Discussion) dengan pihak pelaksana, pengawas, serta stakeholder proyek. Hasil perhitungan nilai Aggregate Risk Potential (ARP) menunjukkan bahwa dari seluruh agen risiko yang teridentifikasi, terdapat 10 agen risiko dengan nilai ARP tertinggi yang memiliki kontribusi dominan terhadap keseluruhan risiko keterlambatan proyek, sehingga perlu mendapat prioritas penanganan lebih lanjut. Untuk memvisualisasikan konsentrasi risiko, dilakukan analisis diagram Pareto guna memperjelas bahwa sebagian besar dampak berasal dari sebagian kecil agen risiko yang ada. Selanjutnya, melalui HOR Fase 2, disusun strategi mitigasi dalam bentuk 13 tindakan pencegahan (preventive actions) yang efektif untuk menangani agen risiko prioritas tersebut. Setiap strategi dinilai berdasarkan total efektivitas terhadap pengurangan risiko dan tingkat kesulitan implementasinya (difficulty), yang kemudian dihitung dalam bentuk rasio ETD_k (Effectiveness to Difficulty Ratio) untuk menentukan skala prioritas pelaksanaan. Strategi-strategi dengan nilai ETD_k tertinggi menjadi prioritas utama karena dinilai paling efisien dalam menekan risiko dengan sumber daya yang terbatas. Beberapa strategi utama yang menjadi rekomendasi penanganan antara lain adalah menyusun peraturan teknis pengadaan material konstruksi (PA1), menyepakati skema pembayaran yang lebih fleksibel dengan subkontraktor dan pihak ketiga (PA2), penerapan sistem *reward and punishment* terhadap kinerja proyek (PA9), serta pelatihan teknis dan pemahaman prosedur kerja kepada tenaga kerja dan subkontraktor (PA13). Dengan dilaksanakannya strategi-strategi tersebut secara terstruktur dan terukur, diharapkan risiko-risiko keterlambatan dapat diminimalkan secara signifikan sehingga proses penyelesaian proyek berjalan lebih efisien, sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan, dan tetap menjaga mutu pekerjaan sesuai spesifikasi teknis. Analisis ini tidak hanya memberikan gambaran faktor penyebab keterlambatan secara mendalam, tetapi juga menawarkan pendekatan mitigasi berbasis prioritas yang dapat dijadikan pedoman dalam penanganan proyek serupa di masa depan

PENUTUP

Kesimpulan

Bab ini menyajikan rangkuman dari analisis data yang telah dilakukan sebelumnya. Kesimpulan disusun dengan merujuk pada tujuan penelitian yang telah ditetapkan, sebagai bentuk jawaban atas permasalahan yang dikaji. Sementara itu, saran diberikan sebagai masukan yang dapat digunakan untuk pengembangan dan penyempurnaan dalam penelitian selanjutnya.

1. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi sebanyak 30 agen risiko (Risk Agent) yang menjadi penyebab utama keterlambatan dalam proyek pembangunan Menara Masjid Agung

Sumber. Berdasarkan analisis menggunakan metode House of Risk (HOR) fase 1, dipetakan 20 agen risiko prioritas yang memiliki nilai Aggregate Risk Potential (ARP) tertinggi dan berkontribusi signifikan terhadap keterlambatan proyek. Agen-agen tersebut mencakup kesalahan dalam perencanaan volume material (A1), estimasi waktu dan durasi pekerjaan yang kurang akurat (A2), ketidaktepatan perhitungan kebutuhan proyek (A3), ketidaktepatan jadwal kedatangan material (A4), hingga masalah manajerial dan teknis seperti kapasitas supplier yang terbatas (A5), miskomunikasi antara kontraktor dan supplier (A6), keterlambatan pengiriman material (A8), kekurangan tenaga kerja ahli (A11), kecelakaan kerja (A12), serta tidak adanya sistem quality control yang memadai (A17). Risiko-risiko ini muncul akibat kombinasi kelemahan dalam manajemen proyek, perencanaan teknis, pengadaan material, hingga koordinasi antar tim. Dampak dari faktor-faktor tersebut sangat signifikan terhadap keterlambatan pelaksanaan, baik secara langsung melalui gangguan operasional, maupun secara tidak langsung melalui inefisiensi sistem kerja di lapangan.

2. Untuk merumuskan solusi atas keterlambatan tersebut, dilakukan analisis House of Risk (HOR) fase 2 guna menyusun strategi mitigasi yang efektif, efisien, dan terukur. Hasil dari HOR2 menunjukkan 13 strategi penanganan (Preventive Action) yang diprioritaskan berdasarkan nilai Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD), dengan urutan sebagai berikut: PA1 (menyusun peraturan teknis pengadaan material konstruksi), PA9 (penerapan sistem reward & punishment untuk tukang/mandor), PA13 (melakukan pelatihan teknis lapangan dan penyuluhan SOP kepada pekerja dan subkon), PA6 (membuat kontrak teknis terperinci dengan supplier/jasa konstruksi), PA3 (meningkatkan koordinasi antar bagian proyek), PA2 (menyepakati skema pembayaran dengan subkon/pihak ketiga), PA7 (update berkala terhadap jadwal kedatangan material dan konfirmasi permintaan), PA4 (melakukan evaluasi vendor material/beton), PA11 (membangun sistem komunikasi internal berbasis alur informasi proyek), PA12 (meningkatkan akurasi penjadwalan dan perencanaan volume pekerjaan struktur), PA5 (evaluasi menyeluruh terhadap kinerja supplier konstruksi), PA8 (pengalokasian dan rotasi tenaga kerja proyek), dan PA10 (penyusunan SOP dan jadwal perawatan alat berat dan peralatan proyek). Strategi-strategi ini tidak hanya diarahkan untuk merespons permasalahan yang telah terjadi, tetapi juga sebagai langkah pencegahan berkelanjutan agar proyek dapat berjalan lebih efisien, sesuai jadwal, dan dengan mutu yang terjaga. Dengan implementasi strategi tersebut, diharapkan proyek Menara Masjid Agung Sumber dapat mencapai target penyelesaian secara optimal serta menjadi acuan penanganan risiko bagi proyek konstruksi lainnya.

Saran

Saran yang dapat diajukan sebagai upaya perbaikan dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Bagi pihak pelaksana proyek (kontraktor utama), disarankan untuk segera menerapkan strategi mitigasi berdasarkan urutan prioritas yang telah dihasilkan dari analisis House of Risk fase 2. Strategi seperti penyusunan peraturan teknis pengadaan material, sistem reward & punishment, serta pelatihan teknis pekerja dan subkontraktor sebaiknya dijadikan fokus utama dalam tahapan pelaksanaan proyek selanjutnya, agar risiko keterlambatan dapat ditekan sejak awal. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan proyek memiliki dukungan dokumentasi teknis dan pengawasan yang memadai.
2. Bagi manajemen proyek dan pengambil kebijakan, disarankan agar mengembangkan sistem pengendalian internal yang berbasis data dan evaluasi berkala, termasuk pemutakhiran data kebutuhan proyek, evaluasi performa supplier, serta penguatan koordinasi antar divisi. Komunikasi antar tim harus ditata ulang secara sistematis melalui

jalur informasi proyek yang jelas dan terdokumentasi, sehingga miskomunikasi yang menjadi salah satu faktor risiko dominan dapat diminimalisir.

3. Bagi pemerintah daerah atau pemilik proyek, perlu adanya komitmen kuat dalam hal pendanaan tepat waktu, serta keterlibatan aktif dalam proses pengawasan dan koordinasi selama proyek berlangsung. Keterlambatan pembayaran dan perubahan kebijakan yang mendadak harus dihindari karena berpotensi memicu gangguan signifikan terhadap jadwal proyek.
4. Bagi akademisi dan peneliti selanjutnya, metode House of Risk terbukti efektif untuk mengidentifikasi dan memitigasi risiko proyek konstruksi. Oleh karena itu, metode ini dapat digunakan atau dikembangkan lebih lanjut pada berbagai jenis proyek infrastruktur lainnya, baik skala kecil maupun besar, dengan menyesuaikan indikator risiko dan strategi penanganannya berdasarkan karakteristik proyek dan lingkungan pelaksanaannya.

REFERENSI

- Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>
- Bakhtiyar, A., Soehardjono, A., Hasyim, M. H., Universitas,), Lamongan, I., Sipil, J. T., & Teknik, F. (2012). *Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keterlambatan Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung di Kota Lamongan*.
- Elga Nanda Pradana¹, Y. E., Erdhianto, Y., Adhi, I. T., & Surabaya, T. (2022). *Analisis Dan Pencegahan Risiko Menggunakan Metode House Of Risk Pada Divisi Supply Chain PT. PAL Indonesia (Persero)*.
- Enderzon, V. Y., & Soekiman, A. (2020). Manajemen risiko proyek konstruksi flyover di Indonesia dengan metode House of Risk (HOR). *Media Teknik Sipil*, 18(1), 57-68.
- Gibson R, Jordy Ladjao, Edwin Yurianto, Sentosa Limanto, & Endro Wicaksono. (2016). *Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Bangunan Tinggi di Surabaya*.
- Komang Andriani Ayu Jayatri. (2023). Optimalisasi Waktu dan Biaya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Metode Least Cost Analysis. *Skripsi*.
- Lestari, R. (2021). Pengendalian Jadwal Proyek Isolasi Boiler Dengan Metode Time Cost Trade Off Di PT Athirah Gemilang Mandiri. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*.
- Lia Amelia Megawati dan Lirawati. (2020). *Analisis Faktor Keterlambatan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung*.
- Maria Elfrida Sibuea dan Hadi Sutanto Saragi. (2019). Analisis Risiko Keterlambatan Material dan Komponen pada Proyek Pembangunan Kapal dengan Metode House of Risk (HOR) Studi Kasus: Pembangunan Kapal Ro-Ro 300 GT Danau Toba. *Jurnal Sistem Teknik Industri (JSTI)*, 21(2), 28–42.
- Mingkat Buya, H. A. dan W. (2022). *Analisis Faktor Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Konstruksi Pada Pembangunan Kantor Bupati Pulau Taliabu Dengan Metode Analytic Hierarchy Process*.
- Moch Afif Rosdianto. (2017). *Analisa Risiko Keterlambatan Proyek Pembangunan Apartemen di Apartemen Taman Melati Surabaya*.
- Nabut, Y. V., Henong, S. B., & Pattiraja, A. H. (2021). Analisa Faktor-Faktor Yang Paling Dominan Penyebab Keterlambatan Proyek. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(2), 182-190.
- Nicholas. M, J. (1997). *Nicholas. M, John, 1997. Project Management for Business, Engineering, and Technology*.
- Putri Anggun Sari, D. F. A. rahman. (2023). *Analisis Faktor Yang Mempengaruhi*

- Keterlambatan Proyek Peningkatan Kapasitas Struktur Jalan Di Blang Muko-Cot Kumbang.*
- Rusli dan Andi Bustan Didi. (2022). Analisis Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Konstruksi Peningkatan Jalan di Kabupaten Enrekang. *JURNAL KARAJATA ENGINEERING*, 2(2). <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata>
- Situmorang, B. E., Arsjad, T. T., & Tjakra, J. (2018). Analisis Risiko Pelaksanaan Pembangunan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung. *Tekno*, 16(69).
- Setiawan, B., & Ridwan Usman. (2020). Optimalisasi Penjadwalan Proyek dengan Menggunakan Metode CPM di Proyek LRT Pulomas. *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 1(2), 77–87. <https://doi.org/10.37373/jenius.v1i2.52>
- Sholeh, M. N. (2023). *Manajemen Risiko Proyek Konstruksi*. Universitas Diponegoro.
- Triarman, C., & Sekarsari, J. (2018). Analisis faktor penyebab keterlambatan waktu pada pekerjaan struktur atas proyek konstruksi. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 3(2), 1-9.
- Widhiawati, I. R. (2009). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi. *Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung*.
- Yahya Enderzon, V., & Soekiman, A. (2020). Manajemen Risiko Proyek Konstruksi Flyover di Indonesia dengan Metode House of Risk (HOR). *Media Teknik Sipil*, 18(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v18i2.12267>
- Yeriko Emmanuel, M., & Basuki, M. (2019). *Meminimalkan Risiko Keterlambatan Proyek Menggunakan House of Risk Pada Proses*.