

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam upaya memajukan ekonomi negara berkembang seperti Indonesia, infrastruktur menjadi salah satu hal yang tak dapat diabaikan. Menurut laporan Kementerian Keuangan, anggaran untuk infrastruktur pada tahun 2021 mencapai jumlah tertinggi dalam enam tahun terakhir, yaitu sebesar Rp 417,4 triliun. Fokus pembangunan infrastruktur adalah untuk memperkuat pelayanan dasar dan meningkatkan produktivitas melalui pembangunan infrastruktur konektivitas dan mobilitas. Agar anggaran dapat dimanfaatkan secara efektif, penting untuk menerapkan sistem manajemen konstruksi yang efisien dan meningkatkan kualitas. Hal ini dikarenakan potensi penghematan waktu dan biaya yang signifikan dapat diperoleh melalui langkah-langkah tersebut. (Irianie, 2011).

Salah satu jenis infrastruktur yang sangat penting dan dapat ditemui di hampir setiap kota di dunia yaitu Gedung. Dalam konstruksi bangunan gedung, beton bertulang seringkali menjadi pilihan utama sebagai struktur utama. Namun, meskipun populer, beton bertulang memiliki kelemahan, seperti waktu konstruksi yang lama dan ketidakpastian mutu. Sebaliknya, penggunaan struktur baja profil menawarkan mutu yang terjamin sesuai standar dengan waktu pengerjaan yang lebih singkat dibandingkan beton bertulang. (Eri Rihandiar, 2020). Permintaan baja di Indonesia telah meningkat secara drastis. Berdasarkan data dari Asosiasi Industri Besi dan Baja Indonesia (IISIA), konsumsi baja dalam negeri naik dari sekitar 12,7 juta ton pada tahun 2015 menjadi sekitar 15 juta ton pada tahun 2020. Tren ini diperkirakan akan terus meningkat hingga tahun 2025, dan sekitar 60-70% dari total konsumsi baja di Indonesia digunakan oleh sektor konstruksi, mencakup pembangunan gedung-gedung bertingkat, jembatan, serta berbagai jenis infrastruktur publik. Dalam perencanaan konstruksi gedung bertingkat, terdapat dua bahan material yang sering digunakan, yaitu beton dan baja. Keduanya menghasilkan struktur yang baik. Tetapi dipillihlah struktur baja karena memiliki kekuatan tinggi, keawetan, sifat elastis yang memadai, dan tingkat adaptabilitas

yang tinggi. Selain itu, pelaksanaan konstruksi menggunakan baja juga lebih cepat. (Setiawan, 2008).

Material baja dirasa memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan dan biaya. Konstruksi baja berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periodik harus dicat. Perlindungan terhadap bahaya kebakaran juga harus menjadi perhatian serius, sebab material baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastis akibat kenaikan temperatur yang cukup tinggi, di samping itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik, sehingga nyala api dalam suatu bangunan justru dapat menyebar dengan lebih cepat (FS Kambu, dkk, 2020). Kelemahan lain dari struktur baja adalah masalah tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan suatu penampang. (Ajiansyah, 2022).

Pada pelaksanaan konstruksi sering sekali terjadi kendala yang tidak terduga. Proses konstruksinya melibatkan kerumitan tinggi dan melibatkan berbagai pihak, sehingga menyebabkan pekerjaan konstruksi menjadi tidak aman dan rentan terhadap beberapa risiko yang mungkin timbul dan berdampak negatif. (Fortezza, dkk, 2022). Beberapa penelitian mencatat bahwa sektor konstruksi memiliki tingkat insiden yang paling tinggi dibandingkan dengan sektor industri lainnya. (Zheng, 2011). Oleh karena itu, manajemen risiko menjadi kunci penting yang harus diterapkan dalam proyek konstruksi. (El-Karim, 2017).

Manajemen risiko adalah sebuah proses terstruktur yang melibatkan langkah-langkah identifikasi, analisis, dan respons terhadap risiko yang ada, dengan tujuan untuk memperbesar dampak positif dan meminimalkan dampak negatif yang mungkin terjadi dalam proyek konstruksi yang sedang dilakukan. (El-Karim, 2017). Banyak risiko dalam proyek konstruksi terjadi selama pelaksanaan kegiatan konstruksi. Oleh karena itu, pihak yang bertanggung jawab atas pelaksanaannya memiliki peran penting dalam mengidentifikasi risiko dan merencanakan respons terhadap risiko tersebut. Hal ini bertujuan untuk mencegah gangguan selama proses konstruksi yang dapat menyebabkan keterlambatan atau masalah yang tidak diinginkan. (Yahya, 2020). Risiko dalam proyek konstruksi tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, namun dapat diminimalkan atau dialihkan ke pihak lain. (Kangari, 1995).

Dalam ISO 31000, manajemen risiko terdiri dari beberapa tahapan, yakni penetapan konteks, identifikasi risiko, penilaian risiko, penanganan risiko, monitoring dan review, dan komunikasi dan konsultasi. Dalam pengelolaan risiko, terdapat dua asal risiko yang harus diperhatikan, yakni risiko internal dan risiko eksternal perusahaan. Untuk menilai risiko yang mungkin timbul dalam suatu perusahaan, identifikasi risiko perlu dilakukan (Durst, dkk, 2019). Identifikasi risiko adalah tindakan untuk mengestimasi risiko dalam suatu kegiatan, merupakan langkah awal yang harus diambil sebelum melibatkan penilaian risiko (Izatri, dkk, 2020). Di sisi lain, penilaian risiko adalah usaha untuk mengukur, mengendalikan, menangani, dan mengantisipasi berbagai bentuk risiko secara efisien dan efektif.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penelitian mengenai **“ANALISIS RISIKO PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI BAJA PADA PROYEK GEDUNG TEKNIK MESIN KAMPUS II PNUP DENGAN PENDEKATAN ANALISIS MONTE CARLO.”** Penelitian ini akan bermanfaat untuk menganalisis risiko yang ada pada proyek konstruksi gedung.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa saja risiko-risiko yang berpotensi terjadi pada pekerjaan konstruksi baja di proyek Gedung Teknik Mesin Kampus II PNUP?
2. Seberapa besar tingkat risiko pada pekerjaan konstruksi baja di proyek Gedung Teknik Mesin Kampus II PNUP?
3. Bagaimana penanganan risiko pada pekerjaan konstruksi baja di proyek Gedung Teknik Mesin Kampus II PNUP?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi risiko yang terdapat pada pekerjaan konstruksi baja di proyek Gedung Teknik Mesin Kampus II PNUP
2. Menganalisis tingkat risiko pada pekerjaan konstruksi baja di proyek Gedung Teknik Mesin Kampus II PNUP.

3. Menentukan penanganan risiko pada pekerjaan konstruksi baja di proyek Gedung Teknik Mesin Kampus II PNUP.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi industri konstruksi, penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh pihak-pihak yang terkait/stakeholder untuk mengatasi konsekuensi negatif yang terjadi dalam proyek konstruksi.
2. Manfaat bagi pengembangan keilmuan, penelitian ini berkontribusi pada perkembangan pengetahuan dalam ilmu manajemen konstruksi.
3. Manfaat bagi mahasiswa, penelitian ini dapat menjadi acuan dan referensi untuk penelitian selanjutnya terkait perbandingan tingkat risiko pada proyek.

1.5 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini difokuskan pada seluruh fase konstruksi proyek Pembangunan Gedung Teknik Mesin Kampus II PNUP.
2. Seluruh responden penelitian ini dari pihak internal penyedia jasa yaitu kontraktor dan konsultan, dengan harapan hasil yang didapat dari kuesioner tersebut valid.
3. Mengidentifikasi risiko dilakukan dengan studi literatur dan observasi langsung, metode pengumpulan data menggunakan kuisisioner dan wawancara, serta metode analisis data menggunakan analisis deskriptif dan analisis monte carlo.
4. Pengendalian risiko pada penelitian ini, dengan menggunakan teori pareto.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proyek Konstruksi

Proyek merupakan suatu upaya yang bersifat temporary untuk menciptakan produk atau layanan yang tidak umum. Secara umum, proyek melibatkan kolaborasi antara berbagai individu yang saling terhubung dalam kegiatan mereka, dan sponsor utama proyek cenderung tertarik pada pemanfaatan sumber daya secara efisien guna menyelesaikan proyek dengan tepat waktu. (Ida Ayu, 2019).

Proyek konstruksi merupakan rangkaian tindakan yang hanya terjadi atau dilaksanakan sekali, memiliki batasan waktu tertentu yang dapat bervariasi tergantung pada kompleksitas, skala, dan faktor-faktor lainnya yang memengaruhi pelaksanaannya. (Erviyanto, 2023).

Menurut Erviyanto (2023), berdasarkan jenisnya proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan, yaitu:

1. Bangunan Gedung: rumah, kantor, pabrik dan lain-lain. Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah:
 - 1) Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal.
 - 2) Pelaksanaan pekerjaan pada lokasi yang relatif sempit dan tipe fondasi yang umumnya sudah diketahui.
 - 3) Dibutuhkan manajemen terutama untuk kepentingan *progressing* pekerjaan.
2. Bangunan Sipil: jalan, jembatan, bendungan, dan infrastruktur lainnya. Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah:
 - 1) Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia.
 - 2) Pelaksanaan pekerjaan pada lokasi yang luas atau panjang dan kondisi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.

- 3) Dibutuhkan manajemen terutama untuk menyelesaikan berbagai macam permasalahan.

2.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) sampai selesainya proyek untuk menjamin proyek dilaksanakan secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (Ervianto, 2023). Menurut Bambang (2017), Manajemen proyek adalah suatu ilmu dan seni untuk mengadakan perencanaan, perorganisasian, pengarahan, pengoordinasian, dan mengadakan pengawasan terhadap orang dan barang untuk mencapai tujuan tertentu dari suatu proyek. Tujuan dari manajemen proyek adalah untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal waktu, biaya, dan kualitas. Manajemen proyek mencakup berbagai proses, teknik, dan alat yang digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan risiko dalam proyek. (Ronald Belferik, dkk, 2023).

Menurut Iis Kartini, dkk, (2022) fungsi dari manajemen proyek adalah :

1. Fungsi perencanaan, pada umumnya perencanaan berupa tindakan pengambilan Keputusan yang mengandung data data informasi, ataupun fakta kegiatan yang akan dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang.
2. Fungsi organisasi, pada umumnya fungsi organisasi adalah mempersatukan Kumpulan kegiatan manusia, yang mempunyai pekerjaan masing-masing, saling berhubungan satu sama lain dengan tata cara tertentu dan berinteraksi dengan lingkungannya dalam rangka mendukung tercapainya tujuan.
3. Fungsi pelaksanaan, adalah menyelaraskan seluruh anggota organisasi dalam kegiatan pelaksanaan, serta mengupayakan agar seluruh anggota organisasi dapat bekerja sama dalam pencapaian tujuan bersama.
4. Fungsi pengendalian, adalah mengukur kualitas penampilan dan penganalisisan serta pengevaluasian penampilan yang diikuti dengan tindakan perbaikan yang harus diambil terhadap penyimpangan yang terjadi.

Menurut PMBOK edisi keenam tahun 2017, terdapat 10 area pengetahuan utama yang harus dikelola untuk memastikan keberhasilan proyek, dan manajemen

risiko merupakan salah satu dari 10 area pengetahuan yang sangat penting dalam keberhasilan proyek.

2.3 Manajemen Risiko

Menurut PMBOK edisi ketiga tahun 2004, Manajemen risiko adalah langkah-langkah yang teratur dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan pengendalian risiko proyek. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan peluang dan konsekuensi dari kejadian-kejadian yang positif dan meminimalkan peluang dan konsekuensi dari kejadian-kejadian negative terhadap tujuan proyek.

Menurut Vaugan (1978) mengemukakan beberapa definisi risiko sebagai berikut :

1. *Risk is The Chance of Loss* (Risiko adalah Kans Kerugian) biasanya dipergunakan untuk menunjukkan suatu keadaan Dimana terdapat suatu keterbukaan terhadap kerugian atau suatu kemungkinan kerugian.
2. *Risk is The Possibility of Loss* (Risiko adalah Kemungkinan Kerugian) bahwa probabilitas sesuatu peristiwa berada di antara nol dan satu. Definisi ini agak longgar, tidak cocok dipakai dalam analisis secara kuantitatif.
3. *Risk is Uncertainty* (Risiko adalah Ketidakpastian) yaitu adanya risiko karena adanya ketidakpastian. Ketidakpastian seperti ini bersifat subjektif dan inilah yang menimbulkan risiko dalam pengambilan.
4. *Risk is The Dispersion of Actual from Expected Results* (Risiko Merupakan Penyebaran Hasil Aktual dari Hasil yang Diharapkan) merupakan versi lain dari definisi *risk is uncertainty*, Dimana penyimpangan relatif merupakan suatu pernyataan uncertainty secara statistic.
5. *Risk is The Probability of Any Outcome Different from The One Excepted* (Risiko adalah Probabilitas Suatu Hasil Berbeda dari yang Diharapkan) yaitu risiko bukan probabilitas dari suatu kejadian tunggal, melainkan probabilitas dari beberapa kejadian yang berbeda dari yang diharapkan.

Menurut Herman Darmawi (2016) risiko dapat didefinisikan dalam berbagai cara dan setiap definisi itu mengandung kelebihan, serta kelemahannya. Risiko dihubungkan dengan kemungkinan terjadinya akibat buruk (kerugian) yang tak diinginkan, atau tidak terduga. Dengan kata lain, kemungkinan itu sudah menunjukkan adanya ketidakpastian. Ketidakpastian itu merupakan kondisi yang menyebabkan tumbuhnya risiko.

Risiko dikategorikan dalam dua kategori yaitu risiko spekulatif, kejadian sesungguhnya kadang-kadang menyimpang dari perkiraan ke salah satu dari dua arah. Artinya ada kemungkinan penyimpangan yang menguntungkan dan ada pula penyimpangan yang merugikan. Jika kedua kemungkinan itu ada maka dikatakan risiko itu bersifat spekulatif. Dan risiko murni, yaitu yang ada hanya kemungkinan kerugian. Risiko ini hanyalah mempunyai kemungkinan kerugian dan tidak mempunyai kemungkinan untung.

Berdasarkan ISO 31000 terdapat 11 prinsip manajemen risiko yaitu :

1. Manajemen risiko menciptakan dan melindungi nilai.

Manajemen risiko berkontribusi pada pencapaian tujuan dan perbaikan kinerja yang dapat didemonstrasikan dalam, misalnya, keselamatan dan Kesehatan manusia, keamanan, kepatuhan pada hukum dan perundang-undangan, keberterimaan oleh publik, perlindungan lingkungan, efisiensi dalam operasi, tata kelola, dan reputasi.

2. Manajemen risiko adalah bagian terpadu dari semua proses dalam organisasi.

Manajemen risiko bukan kegiatan berdiri sendiri yang terpisah dari kegiatan dan proses utama sebuah organisasi. Manajemen risiko adalah bagian dari tanggung jawab manajemen dan merupakan bagian terpadu dari semua proses organisasi, termasuk perencanaan strategis dan semua proses manajemen proyek dan proses manajemen perubahan.

3. Manajemen risiko merupakan bagian dari pengambilan keputusan.

Manajemen risiko membantu para pengambil keputusan untuk membuat pilihan berdasarkan informasi yang dianggap cukup, prioritas tindakan, dan membedakan di antara berbagai alternatif tindakan.

4. Manajemen risiko secara eksplisit ditujukan pada ketidakpastian.

Manajemen risiko secara eksplisit mempertimbangkan ketidakpastian, sifat dari ketidakpastian, dan bagaimana ketidakpastian tersebut disikapi.

5. Manajemen risiko bersifat sistematis, terstruktur, dan tepat waktu.

Manajemen risiko merupakan sebuah pendekatan yang terstruktur, tepat waktu, dan sistematis yang berkontribusi terhadap efisiensi dan hasil yang konsisten, dapat diperbandingkan dan andal.

6. Manajemen risiko berdasarkan informasi terbaik yang tersedia.

Manajemen risiko merupakan masukan pada proses pengelolaan risiko berdasarkan sumber-sumber informasi seperti data historis, pengalaman, umpan balik pemangku kepentingan, observasi, prakiraan, dan penilaian ahli. Namun, para pembuat keputusan harus memiliki informasi yang cukup bagi dirinya dan harus juga memperhitungkan keterbatasan data atau model yang digunakan atau kemungkinan perbedaan pendapat di antara para ahli.

7. Manajemen risiko disesuaikan penggunaannya.

Manajemen risiko diselaraskan dengan konteks eksternal dan internal organisasi serta profil risiko.

8. Manajemen risiko mempertimbangkan faktor manusia dan budaya.

Manajemen risiko mengakui kapabilitas, persepsi, dan intensi dari orang-orang (pihak eksternal dan internal) yang dapat memfasilitasi atau menghambat pencapaian sasaran organisasi.

9. Manajemen risiko bersifat transparan dan inklusif.

Keterlibatan yang layak dan tepat waktu dari para pemangku kepentingan, khususnya pengambil keputusan di semua tingkat organisasi, memastikan bahwa manajemen risiko tetap relevan dan mutakhir. Keterlibatan juga membolehkan pemangku kepentingan untuk diwakili secara tepat serta guna mendapatkan pandangan mereka untuk dipertimbangkan dalam menentukan kriteria risiko.

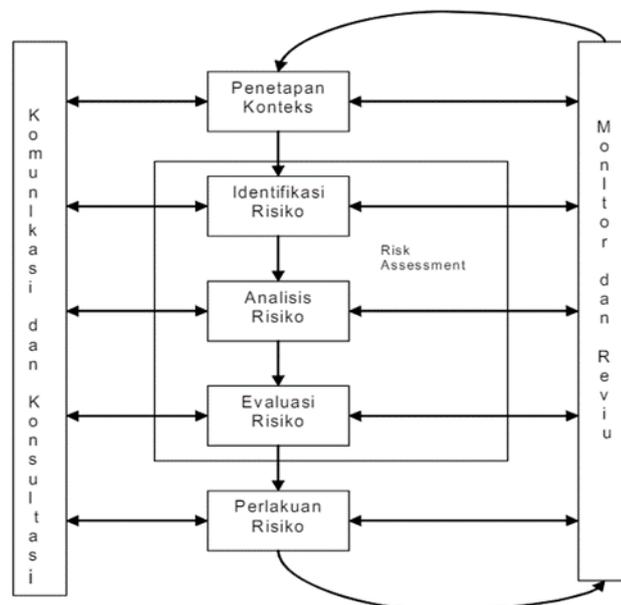
10. Manajemen risiko bersifat dinamis, berulang, dan responsif terhadap perubahan.

Manajemen risiko peka dan responsif secara terus-menerus terhadap perubahan. Pada saat dilakukan pemantauan dan tinjauan risiko, akibat dari terjadinya peristiwa eksternal dan internal, konteks dan pengetahuan berubah maka risiko baru muncul, beberapa berubah, dan lainnya menghilang.

11. Manajemen risiko memfasilitasi perbaikan terus-menerus dari organisasi.

Organisasi harus mengembangkan dan mengimplementasikan strategi untuk meningkatkan kematangan manajemen risiko bersamaan dengan semua aspek lain dari organisasi mereka.

Berdasarkan ISO 31000 proses manajemen risiko adalah penerapan kebijakan, prosedur, dan praktik manajemen yang bersifat sistematis atas aktivitas komunikasi dan konsultasi, penetapan konteks, identifikasi risiko, analisis risiko, evaluasi risiko, perlakuan risiko, serta monitor dan reviu. Keterkaitan antar tahapan proses manajemen risiko dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1 Proses Manajemen Risiko (ISO 31000 : 2018)

1. Penetapan Konteks

Penetapan Konteks manajemen risiko merupakan pendefinisian batasan-batasan yang menjadi acuan dalam pelaksanaan proses manajemen risiko. Adapun contoh konteks manajemen risiko yang dimaksud adalah antara lain:

- a. Tujuan yang hendak dicapai dalam proses manajemen risiko;
- b. Jenis risiko yang dikelola organisasi;
- c. Para pihak yang terlibat dalam proses pengelolaan risiko (masing-masing jenis risiko di atas);
- d. Cakupan dan kedalaman proses manajemen risiko (untuk tiap jenis pengelolaan risiko), termasuk di dalamnya frekuensi dan waktu pelaksanaannya;
- e. Rincian aktivitas, berikut waktu, perangkat, teknik, alat bantu yang digunakan;
- f. Keluaran dan metode evaluasi efektivitasnya, dsb.

2. Identifikasi Risiko

Menurut ISO 31000, identifikasi risiko merupakan proses menemukan, mengenali dan memberikan gambaran risiko. Tidak hanya peristiwa risiko saja, ISO 31000 juga mengarahkan proses identifikasi risiko untuk mengidentifikasi sumber risiko baik yang terkendali maupun yang tidak, area dampak yang membantu untuk menentukan kriteria dampak apa saja yang relevan untuk digunakan saat melakukan analisis risiko pada proses selanjutnya, penyebab (munculnya) peristiwa risiko, serta dampak potensial apa yang mungkin timbul (ketika peristiwa risiko terjadi).

3. Analisis Risiko

Aktivitas analisis risiko mengacu pada serangkaian kegiatan pengukuran eksposur dampak risiko dan kemungkinannya yang dapat dilakukan secara kualitatif, semi-kuantitatif, maupun kuantitatif. SNI 31000 juga mengingatkan bahwa suatu peristiwa risiko dapat menimbulkan beberapa dampak sekaligus yang dapat mempengaruhi beberapa sasaran organisasi. Proses analisis risiko juga menghasilkan keluaran suatu daftar nilai risiko yang umumnya merupakan kombinasi dari eksposur dampak maupun kemungkinannya.

4. Evaluasi Risiko

Berdasarkan hasil analisis risiko, organisasi kemudian melakukan evaluasi risiko, yaitu menentukan risiko mana saja yang perlu mendapatkan perlakuan lebih lanjut, atau diikutsertakan dalam proses 'Perlakuan Risiko' selanjutnya, dengan cara membandingkan hasil dari aktivitas analisis risiko dengan kriteria risiko (dalam hal ini adalah selera risiko organisasi) yang telah ditetapkan. Dalam praktiknya, bisa saja aktivitas evaluasi risiko mengarahkan organisasi untuk melakukan analisis risiko secara lebih mendalam guna mendapatkan gambaran yang lebih lengkap mengenai eksposur suatu risiko. Dengan terlaksanakannya aktivitas evaluasi risiko maka keseluruhan proses penilaian telah terselesaikan dengan keluaran berupa profil risiko.

5. Perlakuan Risiko

Perlakuan risiko merupakan proses untuk memodifikasi risiko, khususnya dalam hal menurunkan eksposur risiko. Adapun perlakuan risiko dapat berupa beberapa bentuk aktivitas sebagai berikut :

- a. Tolak (atau 'Hindari'), dengan cara tidak melanjutkan aktivitas atau mengejar sasaran di mana risiko yang ingin ditolak atau dihindari melekat;
- b. Turunkan, dengan cara melakukan aktivitas tertentu dalam rangka meningkatkan efektivitas kendali risiko yang kita miliki atau jalankan saat ini, baik untuk menurunkan eksposur dampak maupun eksposur kemungkinan risiko;
- c. Transfer (atau 'Berbagi') dengan cara berbagi eksposur risiko dengan pihak lain;
- d. Terima, dilakukan dengan cara tidak melakukan suatu perlakuan tertentu terhadap risiko karena eksposur risiko telah sesuai dengan selera risiko organisasi. Umumnya perlakuan risiko dengan bentuk seperti ini mengarah cukup pada aktivitas pemantauan yang perlu dilakukan terhadap pergerakan atau perubahan eksposur risiko tersebut.

2.4 Konstruksi Baja

Menurut Eva Arifi (2020) Baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan setelah beton. Material yang berbahan dasar logam ini mempunyai banyak kelebihan, khususnya kekuatan dan kecepatan pengerjaan sehingga banyak diminati sebagai bahan konstruksi, baik struktur bangunan maupun jembatan.

Kekuatan material baja dalam menerima beban sangat ditentukan oleh sifat mekanisnya. Sifat mekanis suatu bahan adalah kemampuan bahan tersebut dalam memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja pada bahan tersebut. Adapun keunggulan dari penggunaan material baja :

- a. Baja mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur yang secara langsung akan mengurangi berat struktur secara keseluruhan.
- b. Material penyusun baja lebih seragam dibandingkan dengan beton.
- c. Tingkat elastisitas yang tinggi.
- d. Daktilitas yang cukup tinggi, dimana daktilitas adalah kemampuan material menahan deformasi yang besar tanpa terjadinya keruntuhan dengan tegangan tarik yang tinggi.
- e. Kekerasan adalah kemampuan dari material untuk menyerap energi dalam jumlah besar.

Selain memiliki keunggulan, material baja juga memiliki beberapa kelemahan yang harus diperhatikan karena dapat menurunkan kekuatan dari struktur baja. Beberapa kelemahan yang ada adalah sebagai berikut :

- a. Mudah mengalami korosi apabila terpapar dengan udara dan air secara langsung sehingga harus diberikan perlakuan khusus misalkan dicat secara periodic.
- b. Terdapat biaya tambahan untuk pemberian lapisan tahan api (*fireproofing*) karena baja merupakan material penghantar panas yang sangat baik. Jika

terpapar oleh api atau berada pada suhu tinggi, maka kekuatannya akan mengalami penurunan secara drastis.

- c. Mudah mengalami tekuk, terutama untuk struktur batang tekan. Oleh karena itu, jika dipakai sebagai material kolom, maka perlu diberikan tambahan pengaku baja untuk mencegah tekuk tersebut.
- d. Sifat lelah (*fatigue*) harus dipertimbangkan untuk elemen struktur dan sambungannya yang menahan beban perulangan.
- e. Keruntuhan akibat getas, dimana pada kondisi tertentu sifat daktilitas baja dapat hilang dan terjadi *brittle failure* pada bagian yang mempunyai konsentrasi tegangan yang tinggi.

2.5 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah sebuah metode analisis yang didasarkan dengan nilai data-data acak yang melahirkan sebuah statistik probabilitas yang selanjutnya digunakan untuk memahami dampak dari sebuah ketidakpastian. Penggunaan Monte Carlo sendiri sudah sangat berkembang dalam bidang evaluasi proyek, manajemen proyek, analisis biaya, dan lainnya. (Felix Septian, 2019)

Metode Monte Carlo merupakan metode analisis numerik yang melibatkan pengambilan sampel eksperimen bilangan acak. Salah satu model simulasi yang paling populer pada pengendalian persediaan adalah simulasi Monte Carlo. Model simulasi monte carlo merupakan bentuk simulasi probabilistik dimana solusi dari suatu masalah diberikan berdasarkan proses randomisasi (acak). Proses acak ini melibatkan suatu distribusi probabilitas dari variable - variabel data yang dikumpulkan berdasarkan data masa lalu maupun distribusi probabilitas teoritis. Bilangan acak digunakan untuk menjelaskan kejadian acak dan secara berurutan mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses simulasi (Putra, 2018).

Sifat dari random number yaitu memiliki bersifat uniform pada setiap kumpulan random number yang dihasilkan dan hasil probabilitas dalam mendapatkan suatu random number tidak dipengaruhi oleh angka sebelumnya (Suteja, 2017). Metode ini direkomendasikan untuk penelitian kompleks yang

melibatkan beberapa variable. Simulasi Monte Carlo memiliki karakter stokastik, yaitu metode ini didasarkan pada penggunaan bilangan acak dan kemampuan untuk mengidentifikasi masalah. Metode ini sebelumnya digunakan untuk menyelesaikan masalah kuantitatif dengan proses fisik. Langkah – Langkah utama dalam simulasi monte carlo (Hasugian, 2022) :

1. Menentukan distribusi probabilitas yang diketahui untuk data tertentu yang diperoleh dari kumpulan data di masa lalu. Selain menggunakan data historis, distribusi probabilitas juga dapat ditentukan dari distribusi normal dan itu tergantung pada jenis apa yang diamati. Variabel yang digunakan dalam simulasi harus diatur untuk distribusi kemungkinan.
2. Ubah distribusi probabilitas menjadi bentuk frekuensi kumulatif. Distribusi probabilitas kumulatif digunakan sebagai dasar untuk mengelompokkan interval - interval bilangan acak.
3. Jalankan proses simulasi dengan angka acak. Angka acak diklasifikasikan menurut rentang distribusi probabilitas kumulatif daridari variabel yang digunakan dalam simulasi. Faktor yang tidak pasti sering digunakanbilangan acak untuk menggambarkan kondisi sebenarnya. Urutan proses simulasi dengannomor acak memberikan gambaran tentang variasi yang sebenarnya. Ada banyak cara untuk mendapatkan angka acak, yaitumenggunakan tabel angka acak, kalkulator, komputer, dll.
4. Analisis hasil simulasi sebagai masukan untuk alternatif pemecahan masalah dan perumusan kebijakan.

Penelitian terdahulu

Tabel 1 Penelitian Terdahulu

NO	Judul Penelitian	Penulis	Tahun Penelitian	Tujuan	Metode Penelitian		Hasil Penelitian
					Data	Analisis	
1	An Analysis of Schedule Risk Factors of Structural Steel Work	Kook Donghoon, Kim Sunkuk	(n.d)	Untuk menganalisis proses pekerjaan serta mengidentifikasi potensi risiko jadwal dalam melaksanakan pekerjaan baja struktur gedung bertingkat sehingga dapat menerapkan manajemen risiko jadwal yang efisien pada pra konstruksi	Studi Literatur, wawancara	Analisis Alur Kerja	Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis manajemen risiko terjadwal yang berfokus pada pekerjaan struktur baja. Alat manajemen risiko terjadwal yang diusulkan ini akan memberikan pedoman yang akan memungkinkan para insinyur lokasi dengan berbagai tingkat pengalaman dan keahlian untuk mengidentifikasi potensi risiko pada tahap awal dan menangani risiko secara tepat waktu, sehingga memitigasi risiko proyek secara keseluruhan.
2	Identifikasi Risiko Konstruksi Pada Pekerjaan Struktur Baja Workshop PT. INKA BANYUWANGI Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)	I Ketut Hendra Wiryasuta, Qurrotus Shofiyah, Wilghis Meilinia Azizah	2022	Untuk mengidentifikasi kemungkinan risiko yang dapat terjadi, dan kategori keawatannya terhadap proyek.	Studi Literatur, Kuisisioner	AHP	Berdasarkan hasil dan perhitungan yang telah dilakukan peneliti dapat disimpulkan bahwa dari 81 variabel risiko didapatkan 24 variabel risiko yang relevan dan terjadi pada proyek pembangunan workshop PT.INKA Banyuwangi yang didapat dari perhitungan eliminasi by conjunctive constraints. Variabel risiko tersebut terbagi dalam 7 kategori, yaitu: Risiko force majeure, Risiko material dan peralatan, Risiko tenaga kerja, Risiko kontraktual, Risiko pelaksanaan, Risiko desain dan teknologi, Risiko manajemen. Yang menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan hasil perhitungan identifikasi level risiko yang terjadi

3	Analisis HIRARC Risiko K3 Fabrikasi dan Erection Gedung Baja Pembangunan Hotel Loji Kridanggo Boyolali	Delfiarina Andriani, Anik Ratnaningsih, Paksitra Purnama Putra	2022	Untuk memperoleh identifikasi risiko, penilaian risiko, dan mitigasi pengendalian risiko paling tinggi	Risk Breakdown Structure (RBS), Studi literatur, Wawancara, dan Kuisisioner	Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)	Hasil analisis diperoleh 10 pekerjaan yang terdiri dari : Pekerjaan persiapan, marking dan pengukuran material baja, cutting dan pengeboran, setting atau penyetelahan komponen baja, pekerjaan pengelasan komponen baja, finishing dan checking, mobilisaasi dan persiapan erection, pekerjaan levelling, lifting dan pemasangan (erection), pemasangan dan pengencangan baut. Penilaian risiko diperoleh Presentase low 7%, moderate 49%, high 38%, dan extreme 6%. Hasil hierarki pengendalian risiko dilakukan pengendalian yang terdiri dari : administrative control, engineering control, dan Alat Pelindung Diri (APD).
4	Analisis Implementasi Manajemen Risiko Pada Pembangunan Museum Dan Galeri Seni SBY*ANI Dengan HIRARC (HAZARD Identification, Risk Assesment, And Risk Control)	Tahta Athallah Nur Cahyo, Ir. Agung Sutarto	2022	Untuk mengetahui proses implementasi manajemen risiko K3L serta penanganan-penanganan yang dilakukan dalam meminimalisir risiko yang terjadi	Studi Literatur, Wawancara, Kuisisioner	HIRARC	Hasil olahan data tersebut, maka diketahui bahwa risiko tertinggi terdapat pada variabel risiko pekerja jatuh dari ketinggian pada pekerjaan Pemasangan Penutup Atap dengan hasil dari indeks risiko yang diperoleh sebesar 5,90. Sedangkan risiko terendah terdapat pada variabel risiko Sling TC putus saat mengangkat baca pada Pekerjaan Struktur Baja Utama dengan hasil dari indeks risiko yang diperoleh sebesar 2,56.
5	Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pembangunan Konstruksi Tower Besi Baja	Alfandi Arifuddin	2022	Untuk mengetahui risiko dan jenis risiko yang paling besar pada pembangunan konstruksi tower besi	Wawancara, Kuisisioner	Matriks Risiko	Risiko yang dapat terjadi pada pembangunan konstruksi tower besi baja : Risiko Terbakar, Risiko Kerusakan Peralatan, Risiko Pekerja Terjatuh, Risiko Akibat Cuaca, Risiko Tertusuk/Tergores, Risiko Kejatuhan benda dan diperoleh risiko kejatuhan benda yang paling besar dengan persentase sebesar 32%.

6	Identifikasi dan Analisa Risiko Pelaksanaan Proyek Gudang 4 Unit (Blok A) Menggunakan Metode Project Risk Management (PRM) Dengan Pendekatan Jalur Kritis di PT. KIEC	Raden Roro Indira Ramadhani, Hadi Setiawan, Suparno	2016	Untuk mendapatkan alternative identifikasi dan analisa risiko proyek yang lebih mencerminkan kondisi real dilapangan yang menggambarkan operasional pembangunan proyek melalui pendekatan Critical Path Method (CPM) dan Project Risk Management (PRM).	Studi Literatur, Wawancara, Dokumen Proyek	Critical Path Method (CPM)	Hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa: Pekerjaan-pekerjaan yang bersifat kritis sebanyak 7 kegiatan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah keseluruhan, pekerjaan pondasi dan sloof, pekerjaan baja, pekerjaan atap, pekerjaan elektrikal dan pekerjaan finishing, Variabel risiko yang relevan terdapat 53 variabel risiko yang terdiri dari 14 variabel risiko sumber daya manusia, 32 variabel risiko operasional dan 7 variabel risiko biaya.
7	Quality Risk Assessment of Prefabricated Steel Structural Components during Production Using Fuzzy Bayesian Networks	Chunling Zhong, Jin Peng	2024	Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah kualitas dalam produksi struktur baja pre-fabrikasi untuk bangunan dengan menyelidiki tantangan dalam penilaian risiko kualitas	Studi Literatur, Konsultasi Para Ahli	Fuzzy	Studi ini menggunakan alat penilaian risiko ilmiah yang dirancang untuk mengatasi tantangan pengendalian kualitas yang umum dialami dalam pembuatan komponen struktur baja. Faktor-faktor risiko penting yang mempengaruhi kualitas memberdayakan perusahaan produksi aktual untuk mengembangkan strategi manajemen risiko dan langkah-langkah perbaikan dengan cara yang lebih terfokus, sehingga memfasilitasi alokasi sumber daya serta pencegahan dan pengendalian risiko yang lebih efektif
8	Manufacturing Risk Identification in the Steel Industry	Dharu Dewi, Imam Bastori, Arief Tris Yuliyanto, Karina Stankevica, Arnold Soetrisnanto	2020	Untuk identifikasi faktor risiko dan dan penilaian risiko dengan menggunakan Matriks Boston.	Studi Literatur, Wawancara	Metode Boston	Hasil analisis menunjukkan jadwal yang tidak realistis, keterampilan yang tidak sesuai, peralatan yang tidak tersedia, hambatan transportasi ke bengkel, fluktuasi harga material baja, spesifikasi yang salah dari pemilik, interpretasi spesifikasi yang salah, interpretasi gambar yang salah, volume yang salah, penyimpanan material, salah pemotongan, salah pemasangan, dan salah urutan merupakan faktor yang mempunyai risiko sedang dan tinggi.