

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini secara garis besar mencoba menjelaskan langkah-langkah dalam mengevaluasi tingkat kecelakaan kerja yang bersumber dari bahaya *unsafe condition* pada pekerjaan proyek konstruksi. Pekerjaan dengan tingkat risiko kecelakaan tertinggi menjadi prioritas dalam evaluasi dan perbaikan. Secara umum tahapan pada penelitian ini diawali dengan identifikasi potensi bahaya kecelakaan pada setiap pekerjaan struktur gedung. Kemudian menentukan pekerjaan dengan tingkat risiko kecelakaan tertinggi dengan metode FMEA sebagai prioritas perbaikan. Selanjutnya pekerjaan yang memiliki tingkat risiko kecelakaan tertinggi akan dimodelkan dengan sistem dinamik, dengan sumber bahaya berasal dari *unsafe condition*. Sistem dinamik akan memodelkan sistem keselamatan kerja dan potensi bahaya, yang menghasilkan besarnya tingkat kecelakaan dan biaya keselamatan kerja sebagai pertimbangan mengambil keputusan. Penelitian menggunakan studi kasus proyek gedung X di Yogyakarta.

Tahap awal metode FMEA dengan melakukan identifikasi potensi bahaya kecelakaan kerja pada pekerjaan struktur gedung secara umum. Potensi bahaya kecelakaan kerja yang mungkin terjadi ditentukan dari penelitian-penelitian yang terkait dengan potensi bahaya kecelakaan kerja konstruksi gedung. Tahap selanjutnya menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada potensi bahaya kecelakaan kerja pekerjaan struktur gedung X yang mungkin terjadi. Tahap terakhir dari metode FMEA menghitung RPN (*risk priority*

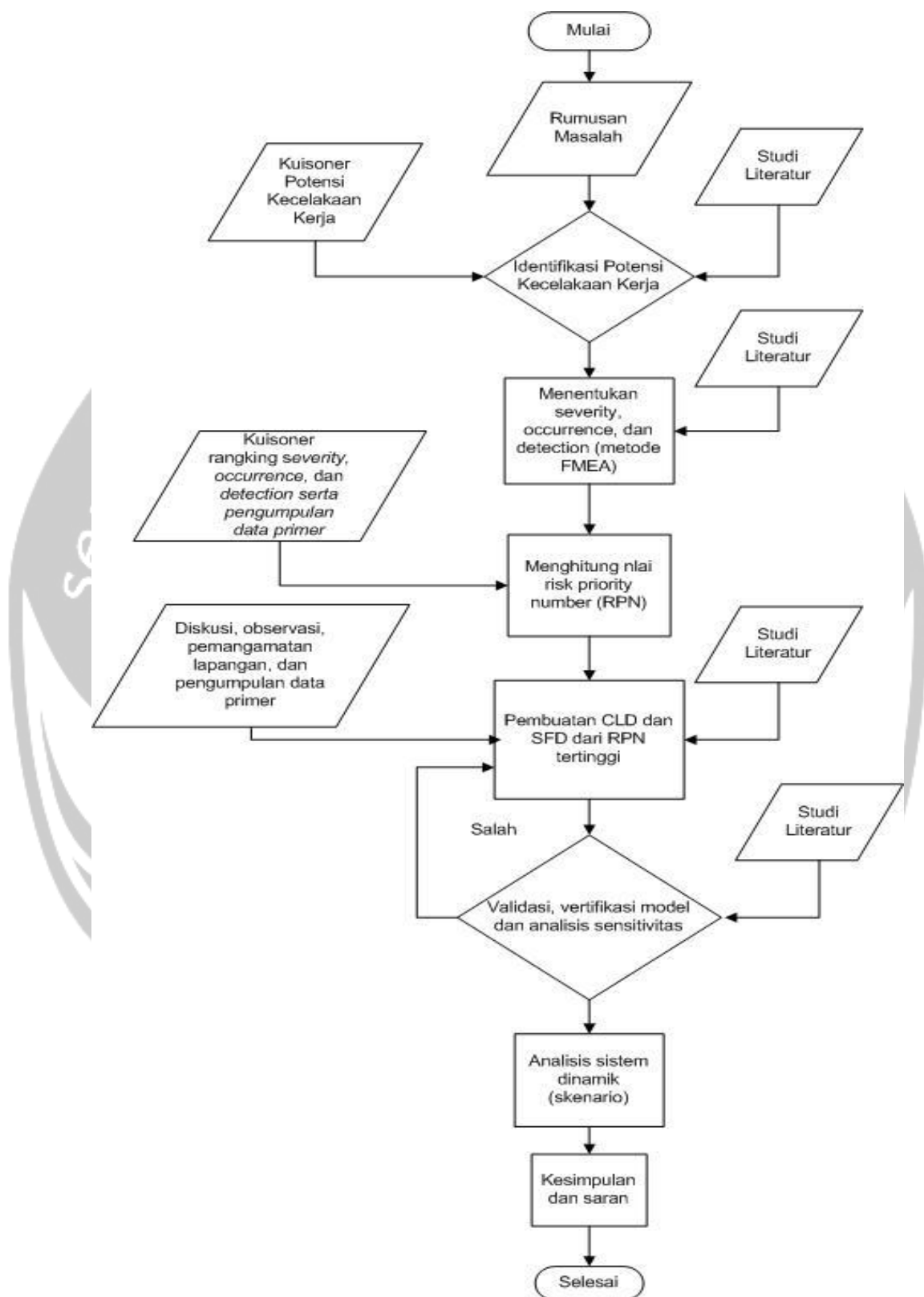
number) dari perkalian *severity*, *occurance*, dan *detection*. Nilai RPN menunjukkan besarnya nilai risiko kecelakaan kerjai, semakin besar nilai RPN semakin besar kemungkinan risiko kecelakaan tersebut menjadi prioritas perbaikan.

Pekerjaan kontruksi proyek gedung X dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama untuk perbaikan. Perbaikan yang dimaksud adalah mengurangi tingkat kecelakaan yang terjadi di pekerjaan struktur gedung X. Pekerjaan struktur dengan nilai RPN tertinggi akan menjadi pekerjaan yang dimodelkan dengan sistem dinamik. Sistem dinamik menyelesaikan suatu masalah tidak dilihat pada satu pokok bagian saja, tetapi dilihat semua pengaruhnya terhadap semua yang berhubungan dengan masalah tersebut. Hal ini sesuai dengan sistem keselamatan kerja, karena didalam sistem keselamatan kerja banyak variabel yang saling mempengaruhi. Selain itu sistem dinamik menggunakan metode pendekatan eksperimental yang mendasari pengamatan kenyataan untuk memahami tingkah laku sistem.

Model dinamis dipakai untuk penelitian ini, model dinamis merupakan model yang dapat dikembangkan untuk menunjukkan perubahan over time. Model juga merupakan sebuah model analog yang mewakili situasi dinamik, yaitu keadaan berubah menurut waktu. Sesuai dengan tujuan penelitian pengukuran akan dilakukan berdasarkan tingkat kecelakaan dengan tambahan biaya keselamatan. Mengetahui jenis varibel yang mempengaruhi tingkat kecelakaan dan biaya keselamatan untuk mempermudah pembuatan model agar perilaku model dapat mewakili kenyataan.

Kebijakan yang digunakan dalam pemodelan bertujuan sebagai pengontrol terhadap variabel keluaran berupa tingkat kecelakaan dan biaya keselamatan. Kebijakan ini akan digunakan sebagai dasar pembuatan skenario yang memberi gambaran optimasi pada model. Skenario memberi gambaran bagi manajemen keselamatan proyek gedung X membuat keputusan rasional sehingga memperoleh tingkat kecelakaan dan biaya keselamatan yang optimal.

Dari *flowchat* pada gambar 3.1 menunjukan tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian. Metode penelitian sebagai landasan dan acuan dalam melakukan penelitian, sehingga berjalan dengan sistematis, terstruktur, dan terarah sesuai dengan urutan yang sudah disusun. Penjelasan secara detail setiap tahapan penelitian dijelaskan di bawah ini.



Gambar 3.1 Metode Penelitian

3.2 Identifikasi Potensi Kecelakaan Kerja

Tahap ini dilakukan identifikasi terhadap potensi bahaya kecelakaan kerja yang mungkin terjadi pada kegiatan pembangunan gedung. Lalu membuat daftar potensi bahaya kecelakaan kerja berdasarkan pekerjaan struktur gedung secara umum. Potensi bahaya kecelakaan kerja diperoleh dari penelitian yang membahas bahaya kecelakaan pada bangunan gedung. Selanjutnya potensi bahaya tersebut perlu dilakukan konfirmasi untuk melihat potensi bahaya yang mungkin timbul di pekerjaan struktur gedung. Konfirmasi dilakukan dengan cara meminta pendapat dari responden melalui kuisioner.

Selanjutnya kuisionernya ini di kuisioner ini diisi oleh orang-orang yang berkaitan dengan proyek pembangunan gedung yang memiliki pengalaman yang cukup dan terkait dengan kecelakaan kerja. Jumlah kuisioner yang disebar berjumlah ganjil, dimana potensi bahaya akan dianggap mungkin timbul terjadi bila 50% lebih menjawab mungkin.

3.3 Menentukan *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*

Tahap ini menentukan ranking untuk *severity*, *occurance*, dan *detection* berdasarkan sumber terkait dengan melakukan studi literatur dan survei lapangan. Nazir (1983) mengungkapkan metode survei adalah penelitian lapangan yang dilakukan untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala-gejala yang ada untuk mencari keterangan secara faktual. Pada tahap ini juga ditentukan apakah potensi bahaya yang sudah diidentifikasi sesuai dengan proyek ditinjau, bila tidak sesuai dengan proyek ditinjau dilakukan kembali pengidentifikasian potensi kecelakaan

kerja. Pekerjaan sktruktur yang memiliki catatan kecelakaan yang pernah terjadi akan dinilai tingkat risikonya, karena FMEA digunakan untuk mengukur risiko pada proses yang sudah terjadi keagalannya. Berikut penentuan ranking atau skala *severity*, *occurance*, dan *detection* :

1. *Severity failure mode* menunjukkan tingkat keseriusan akibat yang ditimbulkan.

Skala / ranking yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan standar *Incident Severity Scale* (National Incident Database Report, 2011 dan Wang, et al, 2009), tabel skala *severity* dapat dilihat pada lampitan A, tabel A.2. Standar ini memberi dampak dari potensi kecelakaan kerja mengenai luka, penyakit, bahaya sosial, dan *psychological*, serta bahaya terhadap mesin atau peralatan. Penelitian ini hanya melihat dampak yang ditimbulkan dari potensi kecelakaan kerja berupa luka yang ditimbulkan. Nilai untuk *severity* untuk potensi kecelakaan kerja di dapat dari hasil kuisioner yang dibagikan ke staf HSE proyek gedung X.

2. *Occurance* merupakan frekuensi dari penyebab kegagalan (potensi kecelakaan kerja) secara spesifik dari suatu proyek tersebut terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan. Skala yang digunakan dari 1 (hampir tidak pernah) sampai dengan 10 (hampir sering). Standar *occurance* yang digunakan penelitian ini berdasarkan penelitian dari Wang, et al (2009), tabel skala *occurance* dapat dilihat pada lampitan A, tabel A.3. Nilai untuk *occurance* untuk potensi kecelakaan kerja di dapat dari hasil kuisioner yang dibagikan ke staf HSE proyek gedung X.

3. *Detection* merupakan pengukuran terhadap kemampuan mendeteksi atau mengontrol kegagalan (potensi kecelakaan kerja) yang bisa terjadi. Skala yang digunakan dari 1 (alat bisa mengontrol atau mendeteksi kegagalan) sampai dengan 10 (alat tidak bisa mengontrol atau mendeteksi kegagalan). Standar *detection* yang digunakan penelitian ini berdasarkan penelitian dari Wang, et al (2009), tabel skala *detection* dapat dilihat pada lampiran A, tabel A.3. Nilai untuk *detection* untuk potensi kecelakaan kerja di dapat dari hasil kuisioner yang dibagikan ke staf HSE proyek gedung X.

3.4 Menghitung Nilai Risk Priority Number (RPN)

Nilai RPN didapat dari perkalian SOD (*Severity, Occurance, Detection*). Pekerjaan struktur gedung X dengan nilai RPN paling tinggi mempunyai prioritas perbaikan. Untuk nilai SOD didapat dari nilai rata-rata kuisioner yang diisi staf HSE proyek gedung X.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots\dots\dots(1)$$

3.5 Pendekatan Sistem dan Pemodelan Sistem Dinamik

Sebelum membuat model dinamik, pertama dilakukan identifikasi variabel yang mempengaruhi terhadap tingkat kecelakaan dan biaya keselamatan. Proses identifikasi menggunakan literatur yang ada dan penelitian yang terkait. Pemodelan akan mencakup sistem keselamatan kerja, sumber bahaya, pengawasan dan pengontrolan bahaya, dan biaya keselamatan. Variabel-variabel

ini ada yang menjadi pengontrol, penguat, dan penyeimbang yang akan dilihat pada pemodelan *casual loop diagram* (CLD).

Setelah mengidentifikasi variabel dalam pemodelan, pembuatan diagram *input-output* untuk mempermudah kita menyusun CLD. Diagram *input-ouput* memperlihatkan variabel mana yang menjadi pengaruh dan varibal mana yang dipengaruhi. Diagram ini juga memperlihatkan variabel mana yang bisa dikontrol dan tidak bisa dikontrol. Model dituntun kompleks sehingga dapat menangkap perilaku sesuai sistem yang nyata. Tingkat kompleksitas model sering menjadi kelemahan karena model akan menjadi bias dan tidak dapat menangkap perilaku kenyataan. Sehingga kelemahan ini dihindari dengan cara pemodelan sistem yang lebih detail untuk menghindari kompleksitas yang tidak diperlukan.

Penggunaan FMEA sebelum metode sistem dinamik bertujuan untuk memperoleh pekerjaan struktur dengan tingkat risiko kecelakaan tertinggi, pekerjaan ini menjadi prioritas perbaikan. Tujuan lainnya juga membatasi tuntutan kompleksitas sehingga model akan lebih spesifik dan dapat menangkap perilaku sesuai kenyataan. Proses ini haruslah sistematis sehingga bisa dipertanggung jawabkan hasilnya, maka itu FMEA sebagai metode awal untuk menentukan spesifikasi model yang akan dibuat.

Model dibuat mewakili pekerjaan dengan nilai RPN kecelakaan tertinggi dan sistem keselamatan yang berpengaruh terhadap pekerjaan tersebut dari metode FMEA sebelumnya. Pemodelan sistem manajemen keselamatan menggunakan model keselamatan kerja (Mozier, 1999), untuk sumber bahaya dan risiko berasal dari kondisi tidak aman (*unsafe condition*) pada tempat kerja.

Pembuatan berdasarkan model pekerjaan dengan nilai RPN tertinggi, lalu berikutnya pembuatan model metal dengan diagram *casual loop diagrams* (CLD). Struktur model dilanjutkan dengan membangun diagram alir dengan alat SFD (*stock-flow diagrams*) sebagai bahasa bersama pemodelan SD. Penentuan variabel atau parameter yang akan dijadikan *stock* (akumulasi) dan *flow* (aliran yang dapat mengubah nilai *stock*). Lalu formulasi model simulasi dari SFD menggunakan alat bantu program komputer STELLA.

Penyusunan model SFD ini berdasarkan sistem yang nyata dilapangan, untuk itu perlunya pengamatan langsung dilapangan, diskusi, wawancara, dan observasi sesuai kondisi lapangan. Model SFD diharapkan mempunyai struktur yang stabil dan menangkap perilaku kenyataan. Sistem manajemennya sendiri berdasarkan model keselamatan kerja Mozier (1999) dan disesuaikan dengan sistem keselamatan proyek gedung X. Pentingnya penyesuaian ini karena model Mozaier (1999) digunakan pada industri kayu, sedangkan pada penelitian ini mengukur keselamatan kerja konstruksi.

Penyesuain yang dilakukan dapat berupa kebijakan, waktu yang dipakai, jenis bahaya, dan perbedaan yang pasti pada sumber bahaya yaitu *unsafe condition*. Sumber bahaya *unsafe condition* diukur dengan cara observasi tertutup karena peneliti mau mendapatkan keadaan sebenarnya dilapangan. Observasi ini akan memperoleh seberapa besar *unsafe condition* dilapangan (lampiran C2), hal ini akan digunakan dalam model sebagai nilai acuan menyusun parameter, konstanta, fungsi tabel dan tingkatan.

Nilai parameter, konstanta, fungsi tabel, dan tingkatan diperoleh dengan cara diskusi, wawancara, dan melihat rekap data HSE proyek gedung X. Jenis-jenis bahaya diambil dari HIRAC di *safety plan* proyek gedung X. Kebijakan dan waktu-waktu pengawasan berdasarkan hasil wawancara staf HSE dan rekap jadwal pada *safety plan* proyek gedung X. Biaya yang dikeluarkan dalam sistem keselamatan proyek gedung X menggunakan data yang bersumber dari internet, seperti upah staff proyek gedung X ada disitus kontraktor resminya. Regulasi dalam model berperan memberi batasan agar perhitungan data sesuai dengan peraturan pemerintah yang ada.

3.6 Validasi dan Vertifikasi Model

Setelah model dibuat perlu dilakukan validasi dan vertifikasi model, kedua hal ini tidak terlepas satu dengan lainnya. Eriyatno (2003) menyebutkan bahwa verifikasi model adalah pembuktian bahwa model komputer yang telah disusun pada tahap sebelumnya mampu melakukan simulasi dari model abstrak yang dikaji. Secara umum dapat diartikan bahwa proses untuk mengecek bahwa program komputer yang dibuat sudah benar penerapannya. Cara yang dilakukan adalah menguji sejauh mana program komputer yang dibuat telah menunjukkan perilaku dan respon yang sesuai dengan tujuan dari model.

Validasi adalah proses penyimpulan apakah model sistem tersebut merupakan perwakilan yang sah dari realitas yang dikaji, sehingga dapat menghasilkan kesimpulan yang meyakinkan. Dalam proses pemodelan validasi

dan verifikasi dilakukan untuk setiap tahap pemodelan yaitu validasi terhadap model konseptual, verifikasi terhadap model komputer dan validasi operasional.

Pengujian validasi model konseptual dan oprasional pada model penelitian ini dilakukan dengan cara uji *sensitivitas* pada setiap parameter, konstanta, fungsi tabel, dan tingkatan yang dipakai dalam model. *Sensitivitas* yang dilakukan dengan pengujian ekstrem nilai, dengan membuat nilai parameter dalam model menjadi nol atau mendekati nol dan membuatnya dua kali lipat. Validasi dengan kondisi ekstrem ini untuk melihat apakah strutur model tetap mengambil perilaku kenyataan saat kondisi yang berbeda, bila perilaku model tetap maka model valid secara konseptual konseptual dan oprasional. Saat *sensitivitas* kondisi ekstrem juga dapat dilihat parameter kebijakan mana yang paling sensitif terhadap perubahan, parameter kebijakan bisa digunakan sebagai pembuatan skenario. Setelah model dinyatakan valid untuk setiap parameternya, selanjutnya model akan dijalankan dengan data yang didapat dari lapangan.

Pengujian validasi juga dilakukan dengan mengeluarkan nilai hasil simulasi variabel utama dengan membandingkannya dengan pola perilaku data aktual. Uji statistik dilakukan setelah secara visual meyakinkan dengan mengecek nilai error antara data simulasi dan data aktual dalam batas deviasi yang diperkenankan antara 5-10%. Ukuran relatif untuk menentukan nilai MSE (*Mean Squared Error*) dan RMSPE (*Root Mean Squared Percentage Error*). Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa besar perbedaan hasil dari simulasi dengan kenyataan. Hasil yang dikeluarkan simulasi diharapkan tidak jauh berbeda dengan kenyataan, hal ini untuk menunjukan bahwa simulasi dapat mewakili kenyataan.

3.7 Analisis Sistem Dinamik (Skenario)

Setelah dinyatakan valid selanjutnya dilakukan simulasi model dengan skenario *business as usual*, artinya kegiatan atau bisnis dilakukan seperti biasa tanpa ada *intervensi* dalam sistem. Simulasi akan memberi gambaran kinerja baik yang sekarang maupun yang akan mendatang. Penelitian bertujuan memberi gambaran sistem keselamatan kerja memberi kondisi optimal untuk waktu mendatang. Kondisi optimal yang dimaksud merupakan keadaan dimana manajemen keselamatan kerja proyek gedung X memperoleh tingkat kecelakaan yang rendah dan biaya keselamatan yang tidak naik. Kondisi optimal juga harus memberi sebuah keadaan stabil dimasa mendatang.

Simulasi model dengan skenario *intervensi* dilakukan dengan beberapa alternatif skenario yang disusun. Hasil simulasi akan memberi gambaran prediksi dari masing-masing skenario. Penelitian ini yang menjadi *intervensi* untuk skenario adalah kebijakan-kebijakan yang mempengaruhi tingkat kecelakaan dan biaya keselamatan. Hasil dari gambaran prediksi skenario akan memberi pertimbangan manajemen keselamatan dalam membuat keputusan.