

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kecelakaan dan Kesehatan Kerja (K3)

ILO (2003) mendefinisikan K3 adalah upaya pemeliharaan dan peningkatan derajat kesehatan para pekerja baik secara fisik, mental, dan sosial. Hal ini berhubungan dengan kecelakaan yang terjadi di tempat kerja. Kecelakaan yang sering terjadi di tempat kerja seperti luka dan pendarahan, patah tulang, luka bakar, pajanan bahan kimia, sengatan listrik, kekurangan oksigen, pajanan bahan kimia, dan lainnya (ILO, 2013). Menurut Asiyanto (2005) faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja konstruksi, sebagai berikut:

1. Pelaku-pelaku konstruksi
2. Material konstruksi
3. Peralatan konstruksi
4. Metode konstruksi
5. Desain konstruksi

Sebab itu diperlukan sistem manajemen yang dapat mengontrol dan mengawasi kecelakaan di tempat kerja, sistem manajemen ini dikenal dengan SMK3. Sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (SMK3) berdasarkan OHSAS 18001:2007 adalah bagian dari suatu sistem manajemen yang digunakan untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan K3 (keselamatan dan kesehatan kerja) dan mengelola risiko-risiko K3. Dengan kata lain SMK3 adalah kegiatan untuk mengidentifikasi risiko dan mengolah risiko K3 dengan

menerapkan sistem keselamatan kerja sehingga peluang kecelakaan menjadi berkurang.

Risiko kecelakaan kerja timbul karena adanya potensi bahaya kecelakaan pada setiap pekerjaan. ILO (2013) membagi potensi bahaya yang menimbulkan risiko dalam empat kategori sebagai berikut :

Tabel 2.1 Potensi Bahaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja Didasarkan pada Dampak Korban

Kategori A	Kategori B	Kategori C	Kategori D
Potensi bahaya yang menimbulkan risiko dampak jangka panjang pada kesehatan	Potensi bahaya yang menimbulkan risiko langsung pada keselamatan	Risiko terhadap kesejahteraan atau kesehatan sehari-hari	Potensi bahaya yang menimbulkan risiko pribadi dan psikologis
Bahaya factor kimia (debu, uap logam, uap)	Kebakaran	Air Minum	Pelecehan, termasuk intimidasi dan pelecehan seksual
Bahaya faktor biologi (penyakit dan gangguan oleh virus, bakteri, binatang dsb.)	Listrik	Toilet dan fasilitas mencuci	Terinfeksi HIV/AIDS
Bahaya faktor fisik (bising, penerangan, getaran, iklim kerja, jatuh)	Potensi bahaya Mekanikal (tidak adanya pelindung mesin)	Ruang makan atau Kantin	Kekerasan di tempat kerja
Cara bekerja dan bahaya factor ergonomis (posisi bangku kerja, pekerjaan berulang-ulang, jam kerja yang lama)	House keeping (perawatan buruk pada peralatan)	P3K di tempat kerja	Stress
Potensi bahaya lingkungan yang disebabkan oleh polusi pada perusahaan di masyarakat		Transportasi	Narkoba di tempat kerja

Sumber : ILO 2013

Dari tabel di atas, risiko yang biasanya menjadi perhatian penuh dalam proyek konstruksi pada kategori B yaitu risiko langsung pada keselamatan. Kecelakaan yang timbul dari kategori B berasal dari penyebab langsung. Penyebab langsung kecelakaan berdasarkan teori efek domino (Heinrich, 1959), berasal dari *unsafe act* dan *unsafe condition*.

## 2.2 Teori Efek Domino

Berdasarkan teori efek domino (Heinrich, 1959), kecelakaan terjadi melalui mata rantai yang berhubungan, sebab akibat dari faktor penyebab kecelakaan kerja yang saling berhubungan sehingga menimbulkan kecelakaan kerja dan kerugian lainnya. Faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja seperti penyebab langsung kecelakaan kerja, penyebab tidak langsung kecelakaan kerja, dan penyebab dasar kecelakaan kerja.

Termasuk faktor penyebab langsung kecelakaan kerja adalah kondisi tidak aman (*unsafe condition*) dan tindakan tidak aman atau berbahaya (*unsafe action*). Contoh penyebab kondisi tidak aman seperti tempat kerja tidak memenuhi syarat/standar, alat pelindung diri tidak sesuai standar yang ditetapkan, pencahayaan serta instalasi listrik yang buruk, alat kerja/mesin/kendaraan yang kurang layak pakai, material berbahaya, dan waktu atau jam kerja yang berlebihan. Contoh tindakan tidak aman seperti bekerja sambil bercanda, meninggalkan prosedur kerja, tidak menggunakan alat pelindung diri (APD), bekerja tanpa perintah, mengabaikan instruksi kerja, tidak mematuhi rambu-rambu di tempat kerja, tidak melaporkan adanya kerusakan alat/mesin ataupun APD, dan tidak mengurus izin kerja berbahaya sebelum memulai pekerjaan dengan risiko/bahaya tinggi.

Termasuk dalam faktor penyebab tidak langsung kecelakaan kerja ialah faktor pekerjaan dan faktor pribadi. Contoh faktor pekerjaan seperti pekerjaan tidak sesuai dengan tenaga kerja, pekerjaan tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, pekerjaan berisiko tinggi namun belum ada upaya pengendalian di

dalamnya, dan beban kerja yang tidak sesuai. Contoh faktor pribadi seperti mental/kepribadian tenaga kerja tidak sesuai dengan pekerjaan, konflik, stress, dan keahlian yang tidak sesuai.

Termasuk dalam faktor penyebab dasar kecelakaan kerja ialah lemahnya manajemen dan pengendaliannya, kurangnya sarana dan prasarana, kurangnya sumber daya, kurangnya komitmen, dan lainnya. Dalam teori efek domino manajemen keselamatan kerja menjadi salah satu yang mempengaruhi kecelakaan, sehingga perlu sebuah manajemen yang dapat bekerja dengan baik. Heinrich (1959) juga menyatakan bahwa kontribusi terbesar penyebab kasus kecelakaan adalah kelalaian manusia sebesar 88%, faktor ketidaklayakan alat/properti dan kondisi lingkungan kerja sebesar 10%, dan sisanya 2% faktor lain-lain.

### **2.3 FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*)**

Sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (SMK3) pada proyek konstruksi dalam membuat *safety plan* perlu melakukan identifikasi potensi bahaya yang timbul. Setelah melakukan identifikasi bahaya lalu dilakukan pengukuran tingkat risiko kecelakaan. Identifikasi potensi bahaya dan pengukuran tingkat risiko kecelakaan menurut ILO (2013) bertujuan untuk memberikan informasi secara menyeluruh dan mendetail mengenai risiko yang ditemukan dengan menjelaskan konsekuensi dari yang paling ringan sampai dengan yang paling berat. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk identifikasi bahaya kecelakaan, pengukuran tingkat kecelakaan, dan evaluasinya antara lain inspeksi, *check list*, *hazops*, *what if*, FMEA, *audits*, CIA (*Confidentiality, Integrity, and*

*Availability*), FTA (*Fault Tree Analysis*), dan ETA (*Event Tree Analysis*). Metode FMEA mempunyai kelebihan dalam penilaian tingkat risiko kecelakaan kerja. Metode ini memberi nilai tingkat risiko kecelakaan berdasarkan dampak (*severity*), kemungkinan kejadian (*occurance*), dan alat pencegah atau pendeteksi (*detection*). Identifikasi dan pengukuran pada metode ini dilakukan pada setiap sub pekerjaan. Sehingga dianggap metode ini cocok untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menilai tingkat risiko kecelakaan pada proyek konstruksi yang memiliki sub pekerjaan yang banyak.

*Failure modes and effects analysis* (FMEA) adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, *error*, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen (Satamatis, 1995). Berikut langkah-langkah dalam menggunakan metode FMEA menurut Kustiyaningsih (2011) :

1. Penjabaran produk atau proses beserta fungsinya
2. Membuat blok diagram, yaitu diagram yang menunjukkan komponen terhubung oleh garis yang menunjukkan komponen berhubungan
3. Membuat formulir FMEA, berisi produk/sistem, subsitem/ subproses, komponen, dan desain FMEA (dimodifikasi sesuai kebutuhan)
4. Mengidentifikasi potensi kegagalan, yaitu kondisi dimana komponen, sub sitem, sistem, ataupun proses tidak sesuai desain seharusnya
5. Mendaftar setiap kegagalan secara teknis, untuk fungsi dari setiap komponen atau langkah-langkah proses

6. Mendeskripsikan efek penyebab dari setiap kegagalan, sesuai dengan persepsi konsumen
7. Menentukan faktor *probabilitas*, yaitu pembobotan *numeric* pada setiap penyebab yang menunjukkan setiap keseringan terjadi.
8. Identifikasi kontrol yang ada, yaitu mekanisme yang mencegah penyebab kegagalan terjadi
9. *Review Risk Priority Number (RPN)*, yaitu hasil perkalian antara:
  - a) Keseringan terjadi kesalahan (*occurance*)
  - b) Alat kontrol akibat penyebab yang potensial (*detection*)
  - c) Keseriusan akibat kesalahan terhadap proses (*severity*)
10. Menentukan rekomendasi untuk kegagalan potensial yang memiliki RPN tinggi
11. *Update FMEA* apabila ada perubahan desain atau proses

Metode FMEA menilai tingkat risiko kecelakaan berdasarkan nilai RPN (*risk priority number*), nilai menunjukkan tingkat risiko kecelakaan yang timbul akibat potensi bahaya kecelakaan pada pekerjaan. *Risk priority number (RPN)* adalah produk matematis yang menunjukkan tingkat keparahan, tingkat keseringan atau kemungkinan terjadi yang akan mempunyai pengaruh/ akibat, dan kemampuan kegagalan sebelum terjadi. RPN dipengaruhi oleh *severity*, *occurance*, dan *detection*.

*Severity* adalah penilaian seberapa besar dampak dari bentuk kegagalan yang terjadi, dengan skala 1 sampai 10. Rangkaian penilaian untuk *severity* dapat dilihat pada lampiran A tabel A.2 sesuai dengan standar “*Incident Severity Scale*”

(National Incident Database Report, 2011 dan Wang, et al, 2009) disesuaikan dengan proses yang dianalisis.

*Occurance* adalah frekuensi dari penyebab kegagalan secara spesifik dari suatu proyek tersebut terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan yang terjadi, dengan skala 1 sampai 10. Ranking penilaian *occurance* dapat dilihat pada lampiran A tabel A.3 sesuai dengan tabel “*Crisp Ratings for Occurance of a Failure*” (Wang, et al, 2009) disesuaikan dengan proses atau pekerjaan yang dianalisis.

*Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan alat untuk mendeteksi atau mengontrol kegagalan yang terjadi, dengan skala 1 sampai 10. Ranking penilaian *detection* dapat dilihat pada lampiran A tabel A.4 sesuai dengan tabel “*Crisp Ratings for Detection of a Failure*” (Wang, et al, 2009) disesuaikan dengan proses atau pekerjaan yang dianalisis.

Metode FMEA dalam identifikasi potensi bahaya dan penilaian tingkat risiko digunakan bersama metode lain untuk mencari penyebab kecelakaan dan perbaikan yang perlu dilakukan. Metode lain yang biasanya digunakan bersama FMEA mencari penyebab kecelakaan dan rekomendasi perbaikan seperti FTA (*Fault Tree Analysis*), ETA (*Event Tree Analysis*) dan JSA (*Job Safety Analysis*). Tetapi metode ini hanya memberi hasil yang kualitatif untuk rekomendasi perbaikannya, selain itu rekomendasi yang diberikan juga tidak dapat uji hasilnya. Diperlukan sebuah metode lainnya yang memberi hasil dari penyebab kecelakaan yang lebih kompleks dan menunjukkan hasil perubahan tingkat kecelakaan dari waktu ke waktu. Metode yang dapat melihat permasalahan lebih kompleks dan

perubahannya dari waktu ke waktu, salah satunya adalah sistem dinamik. Sistem dinamik dapat memberikan penyebab kecelakaan, tingkatan kecelakaan dari waktu ke waktu, dan hasil yang kuantitatif. Hasil dari sistem dinamik dapat diukur dengan nilai riil sehingga lebih mudah dalam mengevaluasi dan pengambilan keputusan.

#### **2.4 Sistem Dinamik**

Kim (1999) salah satu pentingnya untuk memahami sistem adalah mengetahui tujuannya, baik sebagai suatu entitas yang terpisah maupun dalam kaitannya dengan sistem yang lebih besar tempat sistem tersebut berada. Jay W. Forrester merupakan orang pertama kali mengenalkan sistem dinamik pada sekitar tahun 1950-an, merupakan suatu metode untuk memecahkan masalah-masalah yang kompleks yang timbul karena adanya kecenderungan sebab akibat dari berbagai variabel dalam sistem.

Menurut Law dan Kelton (1991), simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah. Dapat disimpulkan model sistem dinamik adalah sebuah pemodelan terhadap suatu sistem yang dimana variabel-variabel didalamnya saling mempengaruhi satu sama lainnya dengan batasan yang telah ditetapkan. Tahapan simulasi sistem dinamik secara umum sebagai berikut :

1. Identifikasi dan definisi masalah
2. Konseptualisasi sistem

3. Formalisasi model
4. Simulasi model
5. Analisa kebijakan
6. Implementasi kebijakan

Pendekatan sistem merupakan tahap awal dalam sistem dinamik dengan simulasi, berdasarkan langkah-langkah di atas pendekatan sistem sebatas formaliasi. Seperti penjelasan di atas, pertama adalah identifikasi dan pendefinisian masalah dilakukan untuk mengetahui dimana pemodelan sistem diperlukan, tahap selanjutnya menetapkan tujuan dan batasan-batasan dari sistem yang dimodelkan. Batasan sistem meliputi kegiatan di dalam sistem sehingga perilaku yang dipelajari timbul karena interaksi komponen-komponen dalam sistem (Purnomo, 2003).

Selanjutnya konseptualisasi model dilakukan pada permasalahan yang didefinisikan, diawali dengan identifikasi komponen atau variabel yang terlibat dalam model. Konseptualisasi model dapat memberi kemudahan bagi pembaca untuk mengikuti pola pikir yang tertuang dalam model untuk pemahaman lebih mendalam tentang sistem (Purnomo, 2003).

Terakhir formalisasi model bertujuan untuk merumuskan setiap relasi dalam model konseptual dengan cara memasukan data kuantitatif kedalam model. Pemodelan yang dilakukan untuk menentukan nilai parameter dan melakukan percobaan-percobaan dalam pengembangan model dengan mengkomunikasikan faktor-faktor yang terlibat, diformulasikan dengan persamaan numerik (Purnomo,

2003). Pada tahap ini akan mendapatkan model dinamik berupa *casual loop diagram*.

Setelah melakukan pendekatan sistem sesuai langkah simulasi sistem dinamik di atas, maka selanjutnya simulasi model dengan bantuan program yang dijelaskan pada sub bab 2.5

## **2.5 Pemodelan Simulasi Sistem Dinamik**

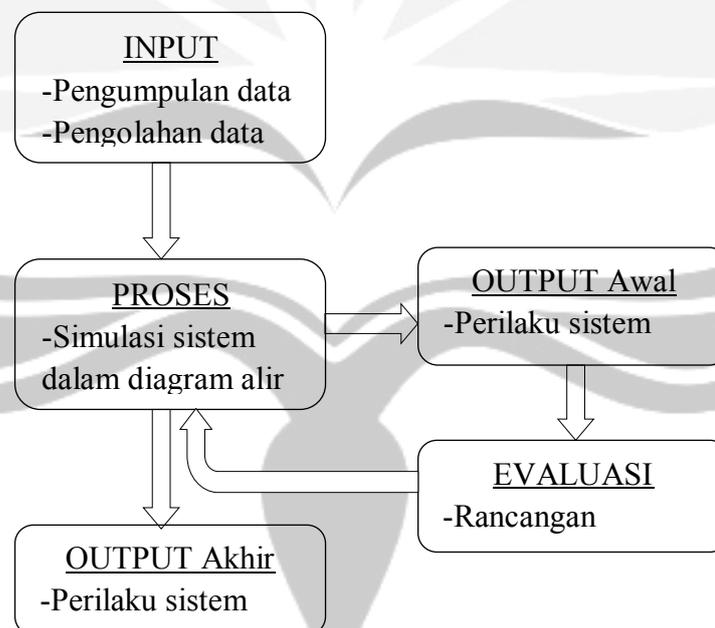
*STELLA* merupakan program komputer untuk simulasi model dikarenakan karena kemudahan dan kecagihan dalam penggunaannya terus dikembangkan. Dalam *STELLA*, model kuantitatif disajikan dalam bentuk grafik dari satu atau lebih variabel terhadap waktu.

Simulasi terhadap model dan melakukan validasi model yang juga akan menimbulkan umpan balik terhadap pemahaman sistem. Menurut Muhammadi, et al (2001), simulasi model dilakukan untuk memahami gejala atau proses sistem, membuat analisis dan peramalan perilaku gejala atau proses tersebut di masa depan. Validasi model dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Permasalahan yang dimodelkan dengan pendekatan sistem dinamik sebaiknya mengandung dua karakteristik (Richardson dan Pugh, 1986), yaitu :

1. Masalah yang akan dimodelkan mempunyai sifat dinamik, artinya menyangkut kuantitas yang berubah menurut waktu, akan direpresentasikan dalam grafik kuantitas terhadap waktu

## 2. Adanya sistem umpan balik

Sistem dinamik menggambarkan sebuah konsep umpan balik pada struktur sistem yang dikenal dengan diagram kausal (*causal loop diagram*) atau CLD. CLD terdiri dari variabel yang saling berhubungan dengan tanda panah menandakan pengaruh penyebab diantara variabel. Tanda panah pada diagram diberi tanda (+) atau (-) tergantung pada hubungan yang terjadi apakah positif atau negatif. Tanda (+) digunakan untuk menyatakan hubungan yang terjadi antara dua faktor yang berubah dalam arah yang sama. Sedangkan tanda (-) digunakan jika hubungan yang terjadi antara dua faktor tersebut berubah dalam arah yang berlawanan (Muhammadi et al, 2001). Gambar dibawah ini menunjukkan diagram alur kerja simulasi sistem dinamik :



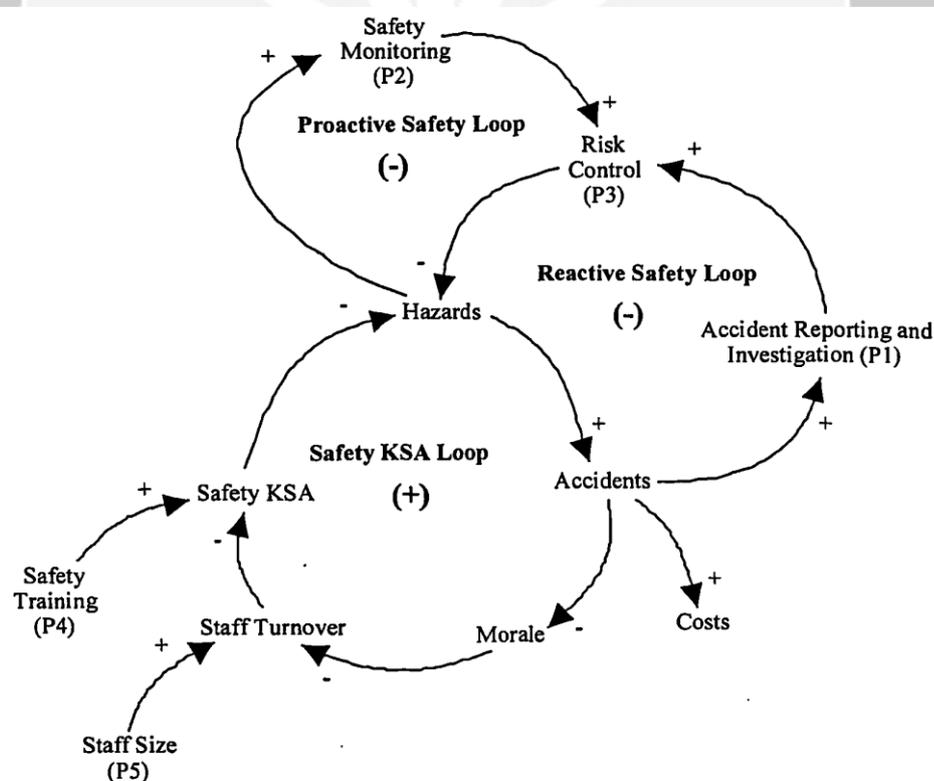
Gambar 2.1. Alur Kerja Sistem Dinamik  
(Sumber : Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001)

Tahap input terdiri dari pengumpulan data, validasi data, dan pengolahan data. Tahap selanjutnya merupakan proses merancang simulasi sistem dengan

SFD (*Stock Flow Diagram*), dengan cara menginput variabel-variabel dari data tahap awal. Pada tahap output pertama akan menghasilkan grafik yang digunakan untuk merancang kebijakan pada tahap evaluasi. Kembali lagi ke tahap proses sampai model sesuai dengan realitas. Lalu tahap terakhir output dari kebijakan yang dibuat.

## 2.6 Model Keselamatan Kerja Dengan Sistem Dinamik

Model keselamatan kerja (Mozier, 1999), terdiri dari tiga umpan balik yaitu terdiri dari satu penguatan dan dua penyeimbang. *Loop* penguatnya adalah loop komitmen K3, lalu untuk *loop* penyeimbangannya adalah *loop* tindakan proaktif dan loop tindakan reaktif.



Gambar 2.2. *Casual Loop Digram*  
(Sumber : Mozier, 1999)

Dasar teori penyusunan model ini adalah teori efek domino (Heinrich, 1959). Sehingga dalam model ini, sistem manajemen menjadi faktor penting mengendalikan tingkat keselamatan dan *unsafe action* menjadi dasar tingkat kecelakaan kerja. *Stock flow diagram* model terdiri dari enam sektor antara lain sektor pelaporan kecelakaan dan investigasi, sektor insiden kecelakaan, sektor tenaga kerja, sektor bahaya kecelakaan, sektor *safety KSA*, dan biaya keselamat. Dalam penelitiannya (Mozier, 1999) membuat model keselamatan kerja untuk sebuah perusahaan industri kayu di Inggris pada bagian finishing. Model ini menggambarkan bahwa bahaya dan risiko kecelakaan tergantung pada tingkat pengetahuan keselamatan kerja dan perilaku aman dari pekerja. Sehingga pengontrolan bahaya dilakukan pada tingkat rata-rata KSA (*Knowledge, Skill, and Attitude*) pekerja dengan cara pelatihan keselamatan kerja.