



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**METODA PENGUKURAN DERAJAT  
PENYEBAB KECELAKAAN JATUH DI PROYEK KONSTRUKSI  
BERBASIS *FUZZY DIAGNOSTIC ANALYSIS***

**SKRIPSI**

**DWI ANI SETYORINI**

**0806329110**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**METODA PENGUKURAN DERAJAT  
PENYEBAB KECELAKAAN JATUH DI PROYEK KONSTRUKSI  
BERBASIS *FUZZY DIAGNOSTIC ANALYSIS***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**DWI ANI SETYORINI**

**0806329110**

**FAKULTAS TEKNIK**

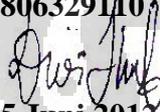
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK**

**JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,  
dan sumber yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Dwi Ani Setyorini**  
**NPM : 0806329110**  
**Tanda tangan : **  
**Tanggal : 25 Juni 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Seminar Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Dwi Ani Setyorini

NPM : 0806329110

Program Studi : Teknik Sipil

Judul : Metoda Pengukuran Derajat Penyebab Kecelakaan Jatuh di  
Proyek konstruks Berbasis *Fuzzy Diagnostic Analysis*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

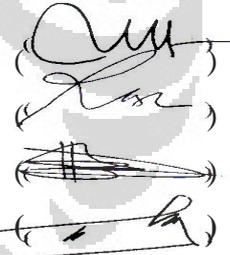
### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Yusuf Latief, M.T.

Pembimbing II: Rosmariyani Arifuddin, S.T., M.T.

Penguji I : Ir. Wisnu Isvara, M.T.

Penguji II : Setyo Supriadi, S.T., M.T.



Ditetapkan di : Depok, Jawa Barat

Tanggal : 25 Juni 2012

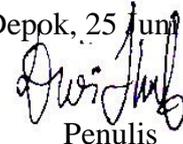
## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan seminar skripsi ini. Penulisan seminar skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan seminar skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Yusuf Latief, M.T. dan Rosmariyani Arifuddin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Akhmad Suradji, M.T. yang membantu dalam pengarahan penulisan seminar skripsi ini;
3. Departemen Teknik Sipil dan seluruh civitas akademik Universitas Indonesia khususnya Mbak Dian yang telah membantu dalam mengurus surat perizinan untuk skripsi ini;
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Sahabat-sahabat serta teman – teman Teknik Sipil Universitas Indonesia angkatan 2008 yang telah banyak membantu, menyemangati, dan mendukung saya khususnya Seto Cahyono, Ignatia, Aisha Sean;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam segala hal.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 25 Juni 2012



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Ani Setyorini  
NPM : 0806329110  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Metoda Pengukuran Derajat Penyebab Kecelakaan Jatuh di Proyek konstruksi  
Berbasis *Fuzzy Diagnostic Analysis*

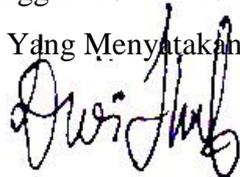
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok, Jawa Barat

Pada Tanggal: 26 Juni 2012

Yang Menyatakan



(Dwi Ani Setyorini)

## ABSTRAK

Nama : Dwi Ani Setyorini  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Metoda Pengukuran Derajat Penyebab Kecelakaan Jatuh  
di Proyek konstruks Berbasis *Fuzzy Diagnostic Analysis*

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi bangunan tinggi. Dari variabel tersebut selanjutnya akan didapatkan *casuality* / hubungan dari variabel dominan menyebabkan kecelakaan jatuh. Analisa untuk mendapatkan nilai *casuality* tersebut menggunakan metode *Fuzzy Diagnostic Analysis*

Kata kunci : fakor dan variabel, *degree of casuality, fuzzy logic*

## ABSTRACT

Name : Dwi Ani Setyorini  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Method of Measurement the Degree of Casuality in  
Construction Project with *Fuzzy Diagnostic Analysis*

The purpose of this study was to investigate the factors and variables cause of accidental falls in the high-rise building construction projects. Of these variables will then be obtained casualties of the dominant variables that lead to accidental falls Analysis to obtain the casualties using *Fuzzy Diagnostic Analysis* method .

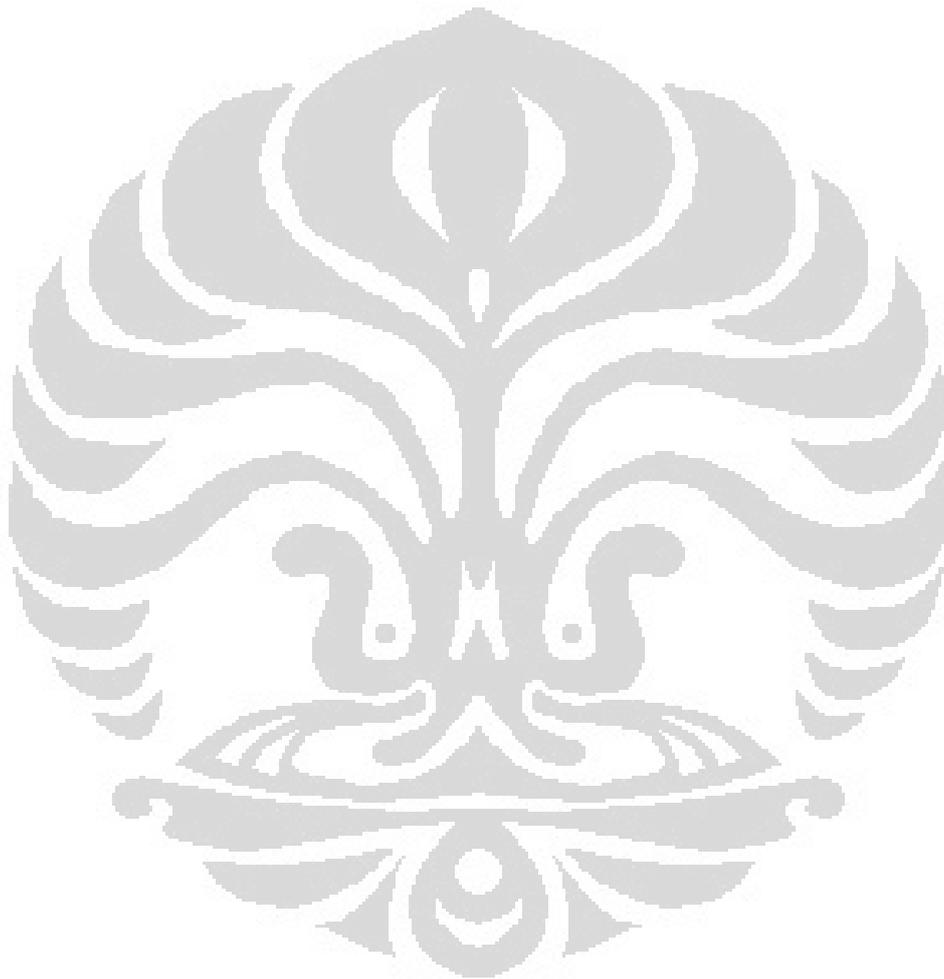
Key words : factors and variable, *degree of casuality, fuzzy logic*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Permasalahan.....	2
1.2.1 Deskripsi Permasalahan.....	2
1.2.2 Signifikansi Masalah .....	4
1.2.3 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Penelitian .....	7
1.5 Manfaat dan Kontribusi Penelitian.....	7
1.7 Sistematika Penulisan .....	13
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>14</b>
2.1 Gambaran Umum .....	14
2.2 Proyek Konstruksi.....	14
2.2.1 Definisi Proyek Konstruksi .....	14
2.2.2 Proyek Konstruksi Bangunan Bertingkat Tinggi .....	15
2.3 Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Bangunan Tinggi.....	20
2.3.1 Kecelakaan Kerja.....	20
2.3.2 Kecelakaan Kerja Jatuh .....	21
2.3.3 Dampak Kecelakaan Kerja .....	23
2.3.4 Teori dan Model Faktor Penyebabab Kecelakaan Kerja .....	25
2.3.4.1 The Accident-Proneness Theory .....	25
2.3.4.2 The Chain-of-Events Theory.....	25
2.3.4.3 The Goals-Freedom-Alertness Theory .....	26
2.3.4.4 The Adjustment-Stress Theory .....	26
2.3.4.5 The Distraction Theory .....	26
2.3.4.6 The Constraint-Response Theory.....	27
2.3.5 Teori Usaha Pencegahan Kecelakaan Kerja.....	28
2.3.6 Usaha Pencegahan Kecelakaan Kerja .....	30
2.3.7 Faktor dan Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja .....	32
2.3.8 Faktor dan Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Jatuh.....	34
2.4 <i>Degree of Causality</i> Faktor dan Variabel Kecelakaan Jatuh .....	54
2.4.1 Casuallity ( Keterkaitan).....	54
2.4.2 Contoh Penjelasan Causality Uji Ness .....	55
2.4.3 Strategi Indeks Penyebab Sederhana.....	59
2.4.4 Model Causality.....	62

2.4.5	Penilaian Resiko Degree of Casualty .....	63
2.4.6	Penelitian sebelumnya tentang Casualty .....	65
2.5	Sistem Fuzzy .....	66
2.5.1	Sejarah dan Perkembangan Logika Fuzzy .....	66
2.5.2	Pengertian Logika Fuzzy .....	67
2.5.3	Himpunan Fuzzy .....	68
2.5.4	Fuzzy Diagnostic Analysis .....	71
2.5.5	FMCDM (Fuzzy Atribute Decision Making).....	72
2.5.6	Analisa Fuzzy AHP .....	73
2.5.7	MAPE.....	74
2.5.8	Ventana Simulation (Vensim) .....	76
2.6	Kerangka Berpikir dan Hipotesis .....	77
2.6.1	Kerangka Berpikir .....	77
2.6.2	Hipotesis .....	79
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>80</b>
3.1	Pendahuluan .....	80
3.2	Pemilihan Metode Penelitian .....	80
3.3	Proses Penelitian .....	82
3.4	Pengumpulan Data .....	85
3.5	Variabel Penelitian .....	86
3.6	Instrumen Penelitian.....	90
3.7	Pengukuran Penelitian.....	94
3.8	Metode Analisis Data Penelitian.....	96
3.8.1	Analisis Deskriptif.....	96
3.8.2	Analisis Sistem Fuzzy .....	96
3.8.3	Analisa Hasil dengan Mape.....	97
<b>BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>		<b>100</b>
4.1	Pendahuluan .....	100
4.2	Pengumpulan Data .....	100
4.2.1	Form A.....	101
4.2.2	Form B dan Form C.....	103
4.3	Pengolahan Data.....	113
4.3.1	Analisis Deskriptif.....	115
4.3.2	Analisa Sistem Fuzzy .....	123
4.3.2.1	Fuzzy Secara Manual dengan Ms. Exceel 2007.....	125
4.3.2.2	Fuzzy dengan Software Matlab v7.8.....	130
4.3.4	Hasil Pengolahan Data .....	138
4.3.4.1	Nilai MAPE.....	138
4.3.4.2	Analisa Pengolahan Data .....	150
4.4	Kesimpulan .....	157
<b>BAB 5 TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>158</b>
5.1	Pendahuluan .....	158
5.2	Faktor dan Variabel yang Tidak Berkaitan .....	160
5.3	Faktor dan Variabel yang Mempunyai Keterkaitan Dominan .....	170

<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>176</b>
6.1 Pendahuluan .....	176
6.2 Kesimpulan .....	176
6.3 Saran.....	176
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>178</b>
<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>183</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>198</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Contoh Safety Plan Resiko Kecelakaan dan Pencegahannya.....	32
Tabel 2.2	Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Jatuh .....	35
Tabel 2.3	Macam – macam APD .....	53
Tabel 2.4	Frekuensi Kecelakaan .....	63
Tabel 2.5	Tingkat Konsekuensi .....	64
Tabel 3.1	Metode Penelitian Untuk Masing-Masing Situasi .....	81
Tabel 3.2	Hasil Pengolahan DoP Menggunakan FMEDM .....	89
Tabel 3.3	Variabel Bebas Penelitian .....	90
Tabel 3.4	Contoh form B .....	93
Tabel 3.5	Contoh Form C .....	93
Tabel 4.1	Daftar Nama – Nama Pakar .....	101
Tabel 4.2	Hasil Diskusi Form A .....	102
Tabel 4.3	Bobot dan Kategori Pengukuran.....	103
Tabel 4.4	Bobot dan Penilaian Pengukuran Dalam Penelitian ini .....	104
Tabel 4.5	Format Form B.....	104
Tabel 4.6	Contoh Form C .....	105
Tabel 4.7	Contoh Form B yang Diisi.....	107
Tabel 4.8	Contoh Form C yang Diisi.....	108
Tabel 4.9	Hasil Diskusi Form B dan C .....	110
Tabel 4.10	Skala Saaty.....	114
Tabel 4.11	Pembagian Range .....	115
Tabel 4.12	Penjelasan SPSS .....	116
Tabel 4.13	Petunjuk Pengerjaan Fuzzy.....	124
Tabel 4.14	Skala Linguistik Untuk Penilaian Kriteria.....	126
Tabel 4.15	Skala TFN Dalam Variabel Linguistik .....	126
Tabel 4.16	Konversi Bilangan Fuzzy.....	127
Tabel 4.17	Bobot Rata – Rata Untuk Tiap Parameter .....	129
Tabel 4.18	Pengaturan Fuzzy Matlab .....	132
Tabel 4.19	Perbandingan Nilai Fuzzy (Manusia – Manusia) .....	139
Tabel 4.20	Perbandingan Nilai Fuzzy (Manajemen - Manajemen).....	141
Tabel 4.21	Perbandingan Nilai Fuzzy (Peralatan - Peralatan).....	141
Tabel 4.22	Perbandingan Nilai Fuzzy (Organisasi - Organisasi) .....	141
Tabel 4.23	Perbandingan Nilai Fuzzy (Lingkungan - Lingkungan) .....	141
Tabel 4.24	Perbandingan Nilai Fuzzy (Manusia - Peralatan) .....	142
Tabel 4.25	Perbandingan Nilai Fuzzy (Manusia – Organisasi) .....	143
Tabel 4.26	Perbandingan Nilai Fuzzy (Manusia – Manajemen) .....	144

Tabel 4.27	Perbandingan Nilai Fuzzy (Peralatan - Lingkungan) .....	146
Tabel 4.28	Perbandingan Nilai Fuzzy (Peralatan - Organisasi).....	146
Tabel 4.29	Perbandingan Nilai Fuzzy (Peralatan - Manajemen).....	147
Tabel 4.30	Perbandingan Nilai Fuzzy (Peralatan - Lingkungan) .....	147
Tabel 4.31	Perbandingan Nilai Fuzzy (Organisasi - Manajemen).....	148
Tabel 4.32	Perbandingan Nilai Fuzzy (Organisasi - Lingkungan) .....	148
Tabel 4.33	Perbandingan Nilai Fuzzy (Manajemen - Lingkungan) .....	149
Tabel 4.34	Hasil DoC Faktor Internal Manusia.....	151
Tabel 4.35	Hasil DoC Faktor Internal Organisasi .....	152
Tabel 4.36	Hasil DoC Faktor Internal Manajemen .....	152
Tabel 4.37	Hasil DoC Faktor Internal Lingkungan .....	153
Tabel 4.38	Hasil DoC Faktor Internal Peralatan.....	153
Tabel 4.39	Variabel Sangat Berkaitan .....	155
Tabel 5.1	Variabel Pada Faktor Internal yang Tidak Berkaitan .....	158
Tabel 5.2	Variabel Pada Faktor Eksternal yang Tidak Berkaitan.....	163
Tabel 5.3	Variabel Pada Faktor Internal yang Berkaitan Dominan .....	171
Tabel 5.4	Variabel Pada Faktor Eksternal yang Berkaitan Dominan .....	173
Tabel 6.1	Variabel dengan Casuality Dominan .....	176



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Beberapa Kecelakaan Kerja Proyek Konstruksi .....	17
Gambar 2.2	Bagan Metode Konstruksi Bangunan Bertingkat .....	20
Gambar 2.3	Contoh Kecelakaan Kerja Jatuh.....	22
Gambar 2.4	Prosentase Kecelakaan Kerja Jatuh Berdasarkan Lokasi/area Kerja..	23
Gambar 2.5	Teori Domino dari WH Heinrich.....	28
Gambar 2.6	Penyebab Kecelakaan Kerja .....	34
Gambar 2.7	<i>Six Casuality Patterns</i> .....	63
Gambar 2.8	Konsep Dasar Fuzzy .....	66
Gambar 2.9	Pengelompokan Umur Berdasarkan Fuzzy.....	69
Gambar 2.10	Sistem Diagnostic Fuzzy .....	71
Gambar 2.11	Kerangka Pemikiran .....	78
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Penelitian (Rosmariyani) .....	83
Gambar 3.2	Diagram Alir Proses Penelitian Penulis.....	84
Gambar 3.3	Skema Pengumpulan Data.....	86
Gambar 3.4	Skema Faktor dan Variabel Penyebab Kecelakaan Jatuh .....	87
Gambar 3.5	Struktur Form A.....	92
Gambar 3.6	Petunjuk Pengisian Form B dan Form C .....	94
Gambar 3.7	Flowchart Pengerjaan Fuzzy.....	99
Gambar 4.1	Form A.....	101
Gambar 4.2	Petunjuk Pengisian Form B dan Form C .....	105
Gambar 4.3	SPSS v17 Input Kriteria Data Kuisisioner .....	117
Gambar 4.4	Input Nilai Data Kuisisioner.....	118
Gambar 4.5	Analisa Data SPSS.....	119
Gambar 4.6	Hasil Output Perhitungan Fuzzy Dengan Menggunakan SPSS v17.	120
Gambar 4.7	Hasil SPSS v17 Dalam MS.Exceel 2007.....	121
Gambar 4.8	Fungsi Anggota Skala Linguistik berdasarkan Tabel 4.12 .....	126
Gambar 4.9	Tampilan Input 6 Koresponden .....	135
Gambar 4.10	Tampilan Aturan Output.....	136
Gambar 4.11	Komposisi Aturan Penilaian Fuzzy .....	136
Gambar 4.12	Defuzzifikasi Aturan Fuzzy .....	137
Gambar 4.13	Diagram Simulasi Kausalitas Eksternal.....	156
Gambar 4.14	Diagram Simulasi Kausalitas Internal .....	156

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Industri konstruksi terutama konstruksi bangunan tinggi memiliki resiko kecelakaan kerja yang cukup tinggi. Penelitian oleh Duff (1998), Alves Diaz (1995) menyatakan hasil analisa statistik dari beberapa negara menunjukkan tingkat kecelakaan fatal pada proyek konstruksi adalah lebih tinggi dibanding rata-rata untuk semua industri (dalam Suraji, 2000). Dari data statistik di negara maju, Amerika Serikat menunjukkan bahwa jumlah pekerja industri konstruksi yang sekitar 5 % dari berbagai jenis industri lainnya, namun presentase kecelakaan fatal yang terjadi pada pekerja konstruksi meliputi 20% dari seluruh kecelakaan pada industri lainnya (Hinze, 1997).

Di Indonesia tingkat kecelakaan kerja merupakan salah satu yang tertinggi di dunia. Sedikitnya terjadi 65.000 kasus kecelakaan kerja yang terjadi di Indonesia pada periode tahun 2007. Namun hal itu dipercaya hanya sekitar 50% dari jumlah yang sebenarnya, karena data tersebut dapat diambil dari jumlah claim kepada Jamsostek dan hanya sekitar 50% perusahaan saja yang mengasuransikan pekerjaannya kepada Jamsostek (Anshori, 2008). Dari sekian banyak jumlah tersebut, penyumbang terbanyak berasal dari kecelakaan kerja konstruksi yang mencapai 30% dari total keseluruhan jumlah kecelakaan kerja (Muhammad Abduh, 2010). Hal ini disebabkan oleh karakteristik industri konstruksi yang kompleks (Suradji, 1995; Ratih, 1996).

Berbagai penyebab utama kecelakaan kerja pada proyek konstruksi adalah hal-hal yang berhubungan dengan karakteristik suatu proyek konstruksi yang bersifat unik, lokasi kerja yang berbeda-beda, terbuka dan dipengaruhi cuaca, waktu pelaksanaan yang terbatas, dinamis dan menuntut ketahanan fisik yang tinggi, serta banyak menggunakan tenaga kerja yang tidak terlatih dan ditambah dengan manajemen keselamatan kerja yang sangat lemah, akibatnya para pekerja bekerja dengan metode pelaksanaan konstruksi yang berisiko tinggi (The Bussiness Roundtable, 1982).

Penelitian kecelakaan di proyek misalnya mengenai analisis upaya pencegahan kecelakaan kerja bangunan perusahaan X (Sahrial Angkat, 2008). Metode penyelesaian yang digunakan dalam skripsi tersebut dilakukan dengan metode Chi Square, yaitu metode Uji Chi Kuadrat adalah pengujian hipotesis mengenai perbandingan antara frekuensi observasi/yg benar-benar terjadi/aktual dengan frekuensi harapan/ekspektasi. Ada lagi penelitian tentang Studi kecelakaan kerja dengan menggunakan metode fault tree analysis bagian produksi pt. bridgestone tire Indonesia Bekasi tahun 2002 (Sri Astuti, 2002), yang metode penyelesaian menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA). Metode ini dapat digunakan untuk menganalisa berbagai penyebab kesalahan yang akan dipresentasikan oleh sebuah pohon kecacatan (fault tree) serta menghitung probabilitas terjadinya top event yang diperoleh dari prediksi keandalan peristiwa serta metode cut and tie set untuk mengevaluasi probabilitas kesalahan dalam sistem produksi..

Bahasan skripsi yang menjadi konsentrasi penulis adalah mengenai penyebab kecelakaan jatuh dari bangunan tinggi dengan metode Fuzzy Diagnostic Analysis. Penulis memilih bahasan itu karena belum ada skripsi yang membahas penyebab kecelakaan jatuh dengan metode fuzzy diagnostic analysis. Penulis memilih menggunakan metode fuzzy dalam analisis skripsi ini karena metode ini memiliki kelebihan kemampuan dalam proses penalaran yang secara bahasa, sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari obyek yang akan dikendalikan.

## **1.2 Perumusan Permasalahan**

Inti dari suatu penelitian terletak pada perumusan masalahnya. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka akan dihasilkan suatu rumusan masalah yang akan dijawab pada penelitian ini.

### **1.2.1 Deskripsi Permasalahan**

Kecelakaan kerja terutama kecelakaan jatuh pada bangunan bertingkat merupakan salah satu faktor yang harus diminimalisir dan diusahakan untuk

dihindari supaya tidak terjadi dalam suatu proyek konstruksi, baik sejak dari awal tahapan konstruksi sampai tahapan akhir konstruksi (Kristianto, Airawan, 2008).

Oleh karena itu, untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja jatuh yang lebih besar di masa yang akan datang, harus dilakukan penelitian yang menjelaskan kaitan faktor – faktor penyebab kecelakaan kerja jatuh dan menganalisis sebab dan dampak yang ditimbulkannya. Selain itu terdapat tiga faktor utama yang dapat menjadi penyebab kecelakaan kerja, yaitu faktor manusia, faktor lingkungan kerja, dan faktor peralatan.

Faktor manusia (sumber daya manusia) sebagai tenaga kerja merupakan “alat produksi” yang paling tidak efisien ditinjau dari aspek tenaga keluaran, ketahanan fisik dan mental. Pembebanan berlebih atau lingkungan kerja yang kurang nyaman bagi manusia normal harus diimbangi oleh pengurangan jam kerja dan istirahat yang lebih lama untuk memulihkan tenaganya. Mengingat semakin meningkatnya persyaratan kerja dan kerumitan hidup, manusia harus meningkatkan efisiensinya dengan bantuan peralatan dan perlengkapan, semakin canggih peralatan yang digunakan manusia, semakin besar bahaya yang mengancamnya .

Kondisi lingkungan kerja juga perlu diperhatikan dalam mencegah kecelakaan kerja, terutama yang disebabkan oleh: gangguan-gangguan dalam bekerja, debu dan material beracun, cuaca, kondisi lokasi kerja yang tidak aman, dan keberadaan peralatan kerja. Lingkungan pada kesehatan dan keselamatan dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yakni work place (tempat kerja) serta environment (lingkungan kerja).

Peralatan dan alat berat konstruksi perlu diperhatikan dalam pencegahan kecelakaan. Peralatan dan alat berat konstruksi perlu diperhatikan dalam pencegahan kecelakaan terutama dalam hal ketika beroperasi meliputi metoda pelaksanaan penggunaan alat berat, cara parkir (excavator, mobile crane) dan cara mengayun (tower crane), stabilitas alat berat di lokasi, perlengkapan pengaman pada saat bekerja atau berhenti, dan jarak dan posisi aman bekerja. Sedangkan yang perlu diperhatikan dalam pencegahan kecelakaan akibat peralatan dan alat berat terutama pada pra-operasi meliputi: identifikasi resiko penggunaan peralatan dan alat berat sesuai tahap pekerjaan; dokumen instruksi kerja

penggunaan peralatan dengan aman; prosedur perawatan dan pemeliharaan peralatan; pemeriksaan peralatan dan alat berat sebelum beroperasi; dan kesiapan tenaga kerja dan operator (Muhammad Abduh, dkk, 2010).

Selain itu, Semenjak dikenalkannya The Chain-of-Events Theory, The Domino Theory, dan The Distraction Theory, maka pihak organisasi dan manajemen-lah yang dianggap berperan sebagai penyebab suatu kecelakaan. Anggapan tentang kecelakaan kerja yang bersumber kepada tindakan yang tidak aman yang dilakukan pekerja telah bergeser dengan anggapan bahwa kecelakaan kerja bersumber kepada faktor-faktor organisasi dan manajemen (Andi, 2005). Pihak manajemen harus bertanggungjawab terhadap keselamatan para pekerja dan pegawai mestinya dapat diarahkan dan dikontrol oleh pihak manajemen sehingga tercipta suatu kegiatan kerja yang aman. Pada teori yang terbaru makin terlihat bahwa penyebab kecelakaan kerja semakin kompleks. Teori-teori baru itu antara lain: Multiple Caucation Model, Suraji (2000) dan Constraint Respone Theory, Suraji (2001).

Dengan mengetahui faktor-faktor penyebab serta dampak yang ditimbulkan, tindakan pencegahan dapat dirumuskan secara tepat dan komprehensif.

### 1.2.2 Signifikansi Masalah

Untuk menciptakan pekerjaan yang aman pada proyek konstruksi haruslah diikuti dengan identifikasi faktor dan variabel yang mungkin terjadi oleh pihak kontraktor dengan baik. Karena saat berjalannya pekerjaan konstruksi, banyak hal yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja jatuh yang tidak terduga sebelumnya. Untuk itu, guna menghindari kecelakaan kerja jatuh pada saat pelaksanaan perlu melakukan suatu penilaian penyebab kecelakaan kerja tersebut.

Dampak yang di timbulkan dari kecelakan kerja cukup besar, selain hilangnya nyawa dan penurunan kualitas hidup pekerja, kecelakaan kerja di proyek konstruksi juga menyebabkan keterlambatan proyek, biaya proyek meningkat, beban medis dan konsekuensi negatif lainnya (Lipscomb et al, 2003; Horwits dan McCall, 2004; Meerding et al, 2005; Gavius et al, 2009) . Dari aspek ekonomi peru-sahaan, kecelakaan kerja mengakibatkan kerugian karena

akan menimbulkan biaya langsung maupun biaya tidak langsung (Levitt, 1993; Tang, 2004; Jaselskis, 1996). Biaya langsung terdiri dari biaya medis, premi untuk asuransi, kerugian hak milik (Oberlender, 2000). Biaya tak langsung adalah biaya tambahan lain, pengurangan produktivitas, keterlambatan jadwal, bertambahnya waktu administratif, kerusakan fasilitas, dan hal yang makin sulit diukur tetapi riil yaitu penderitaan manusia dan menurunnya moril (Levitt, 1993:3). Dari sisi finansial dampak kecelakaan kerja berupa biaya langsung mencapai miliaran dolar per tahun (Chen et al, 1995) dan biaya tidak langsung akan enam kali lebih banyak dari biaya langsung (Gavious et al, 2009). Sebagai contoh, biaya langsung dan tidak langsung diperkirakan terkait dengan fatal dan konstruksi cedera fatal di AS diperkirakan mencapai \$ 13 miliar pada tahun 2002 ( The Construction Chart Book, 2008)

Diantara jenis kecelakaan kerja konstruksi, jenis kecelakaan jatuh merupakan jenis kecelakaan tertinggi di proyek konstruksi. Di Inggris, antara tahun 2007 dan tahun 2008, kecelakaan jatuh menyumbang sekitar 59% dari kecelakaan secara total dari kecelakaan kerja fatal pada umumnya terjadi di dunia konstruksi ([www.hse.gov.uk/statistics/pdf/rhsfall.pdf](http://www.hse.gov.uk/statistics/pdf/rhsfall.pdf)). Di Hong Kong, yang berhubungan dengan pekerjaan jatuh dari ketinggian mewakili lebih dari 47% dari keseluruhan fatal insiden di 2004 (Chan et al., 2008). Chi dan Wu (1997) melaporkan bahwa lebih dari 30% dari kematian di Taiwan dapat dikaitkan dengan jatuh. Akibatnya, jatuh adalah pekerjaan yang paling tinggi bahaya di banyak negara (Lipscomb et al, 2003a., Lipscomb dkk., 2003c, Horwitz dan McCall, 2004, Gavious et al, 2009).

Di Indonesia, kecelakaan kerja di bidang industri konstruksi memiliki risiko yang cukup tinggi. Tahun 2000 kecelakaan kerja terjadi 10.723 kasus, tahun 2003 terjadi 85.041 kasus, dan tahun 2004 terjadi 95.418 kasus.( [www.Nakestran.co.id](http://www.Nakestran.co.id)) . Faktor keselamatan dan Kesehatan Tenaga Kerja (K3) Indonesia menduduki urutan ke-5 se-ASEAN atau terburuk, dibandingkan Singapura sebagai urutan pertama, disusul Malaysia, Thailand dan Filipina (Bali Post, 13 - 05 - 2004). Typology kejadian/ peristiwa didapatkan melalui pengujian dan analisis terhadap data yang berupa 100 kasus dari 318 kasus kecelakaan jatuh yang diambil secara acak dari 318 PT Jamsostek dari tahun 2007-2010. Temuan

dari analisis yang dilakukan diperoleh bahwa faktor utama dari kecelakaan jatuh adalah faktor personal/ manusia yaitu sebesar 61 % (persen). Sedangkan faktor non personal atau non manusia yaitu sebesar 30 % (persen) Dari semua kecelakaan kerja industry konstruksi, kecelakaan jatuh merupakan kecelakaan yang tertinggi (Ardan, 2006).

### 1.2.3 Rumusan Masalah

Tidak terukurnya kerentanan kecelakaan kerja jatuh dalam pelaksanaan proyek dapat berakibat pada munculnya pengaruh negatif terhadap proyek. Berdasarkan signifikansi masalah di atas, maka rumusan masalah yang harus dijawab dalam penelitian ini antara lain:

Faktor dan variabel apa saja yang menjadi penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proyek bangunan gedung bertingkat tinggi?

Bagaimana tingkat keterkaitan (*Degree of causality/ DoC*) dari masing-masing faktor tersebut menggunakan metode pengukuran derajat berbasis *fuzzy diagnostic analysis*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah mengukur tingkat keterkaitan (DoC) dari faktor - faktor dan variabel penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi dari proyek bangunan gedung bertingkat tinggi dengan menggunakan sudut pandang kontraktor.

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini antara lain:

- a. Untuk mengetahui faktor dan variabel apa saja yang menjadi penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proyek bangunan gedung bertingkat tinggi
- b. Untuk mengetahui tingkat keterkaitan (*Degree of causality/ DoC*) dari masing-masing faktor dan variabel tersebut menggunakan metode pengukuran derajat berbasis *fuzzy diagnostic analysis*.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Adapun masalah penelitian dibatasi pada:

- a. Penelitian ini fokus pada kecelakaan kerja individu untuk jenis kecelakaan kerja jatuh ( fall accident)
- b. Penelitian dilakukan dari sudut pandang beberapa kontraktor.
- c. Proyek berlokasi di wilayah Jabodetabek dan dibatasi untuk bangunan bertingkat lebih dari dua lantai

#### 1.5 Manfaat dan Kontribusi Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, diharapkan agar hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi, antara lain:

- A. Untuk Penulis:
  - a. Membentuk diri pribadi agar dapat berpikir secara ilmiah dan dapat memahami permasalahan mengenai keterkaitan faktor dan variabel yang menyebabkan kecelakaan kerja jatuh di proyek konstruksi bangunan tinggi.
- B. Untuk Universitas Indonesia:
  - a. Memberi sumbangan pada kemajuan dunia pendidikan dan profesional dalam bidang konstruksi agar dapat mengukur tingkat keterkaitan dari faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh
  - b. Menjadi referensi terhadap penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan analisis kecelakaan kerja jatuh di proyek konstruksi bangunan tinggi.
- C. Untuk Masyarakat/ institusi:
  - a. Memberikan gambaran pada masyarakat tentang tingkat keterkaitan faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh

#### 1.6 Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan yang terkait dengan penyebab kecelakaan antara lain:

- a. Nama : Agus Supriyanto (Skripsi Tahun 2008)  
Judul : Penanganan Risiko (Risk Response) Penyebab terjadinya

- Kecelakaan pada Proyek EPC (Studi Kasus PT. X)
- Tujuan : Untuk mengidentifikasi faktor risiko penyebab terjadinya kecelakaan kerja serta melakukan tindakan pencegahan dan koreksinya pada proyek EPC (Studi kasus PT. X)
- Kesimpulan : Faktor-faktor risiko penyebab terjadinya kecelakaan kerja pada proyek EPC adalah sebagai berikut: tidak disiplin dalam menggunakan alat pelindung diri, tidak berhati-hati, penggunaan metode yang salah, lingkungan kerja yang berbahaya, alat tidak layak pakai, tidak mengikuti prosedur kerja, acuh/ tidak peduli, peralatan keselamatan yang tidak sesuai standar.
- b. Nama : Sulhaemi, ( thesis tahun 1999)
- Judul : Penanganan Risiko (Risk Response) Kecelakaan Kerja pada Bangunan Bertingkat
- Tujuan : Mengidentifikasi metode / cara penanganan risiko kecelakaan kerja untuk meningkatkan keselamatan kerja dan berpengaruh juga terhadap besarnya biaya tidak langsung kecelakaan kerja.
- Kesimpulan : Penanganan Risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi yang paling berpengaruh terhadap tingkat keselamatan kerja adalah risk reduction dalam bentuk membuat standarisasi dan melakukan riset, dengan adanya standarisasi dan riset diharapkan tingkat keamanan dan nyaman dapat meningkat
- c. Nama : Marioza, (skripsi tahun 2008)
- Judul : Kajian tentang Penerapan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Tahap Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Tinggi (Studi Kasus : Proyek Kondominium Grand Indonesia Jakarta)
- Tujuan : Untuk mengetahui masalah penerapan K3 dan

mengkaji prioritas penerapannya pada tahap konstruksi utama pelaksanaan proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi, studi kasus proyek Grand Indonesia.

**Kesimpulan** : Berdasarkan hasil wawancara terstruktur, 3 hal yang menjadi masalah dalam penerapan manajemen K3 pada proyek ini adalah :

1. Para pekerja yang kurang memahami pentingnya arti Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
2. Komitmen Top Manajemen yang masih kurang.
3. Kebersihan

Jika dilihat berdasarkan hasil analisa data, variabel prioritas penerapan program K3 yang mengemukakan tentang "Mengadakan waktu istirahat dalam bekerja" merupakan variabel penting yang menjadi rangking pertama dari seluruh variabel yang disusun berdasarkan nilai akhir terbesar.

- d. **Nama** : Ahmad Agus Fitrah Akbar, (skripsi tahun 2001)
- Judul** : Pengaruh Tingkat Pemahaman Manajemen Risiko dan Manajemen Keselamatan Kerja oleh Manajer Konstruksi terhadap Peningkatan Kinerja Waktu dan Biaya
- Tujuan** : Menganalisa pengaruh dari tingkat pemahaman manajemen risiko (risk management) dan manajemen keselamatan kerja (safety manajement) oleh manajer konstruksi terhadap peningkatan kinerja waktu dan biaya
- Kesimpulan** : Dalam Pelaksanaan proyek konstruksi terjadi keterkaitan (hubungan antar ilmu pengetahuan ) yang harus diaplikasikan dalam tahap pelaksanaan proyek dan harus dikuasai / dipahami oleh manajer konstruksi, untuk meningkatkan kinerja proyek dalam hal ini adalah kinerja biaya dan waktu. Aspek

manajemen keselamatan kerja yakni pelaksanaan keselamatan kerja, prosedur, serta pemahaman secara benar mengenai upaya kesehatan dan peraturan tentang keselamatan kerja adalah aspek yang signifikan pengaruhnya terhadap aspek pada tahap pelaksanaan yakni program pengendalian K3, penggunaan safety belt dan APD

- e. Nama : Dewi Maya Kusuma, (skripsi tahun 1998)  
 Judul : Analisa Risiko Kecelakaan dengan Traffic Conflict Technique (TCT)  
 Tujuan : Untuk mengetahui sejauh mana keamanan pengguna jalan bisa terjamin yaitu dengan menggunakan teori konflik (TCT)  
 Kesimpulan : TCT adalah salah satu cara yang digunakan untuk meningkatkan keselamatan lalulintas untuk mendapatkan suatu tindakan preventif sehingga dapat mengurangi dan menghilangkan bahaya tersebut
- f. Nama : David Seromuli Manulang, (skripsi tahun 2002)  
 Judul : Penilaian Risiko Keselamatan Kerja (safety risk assessment) pada Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Tinggi di DKI Jakarta dengan Simulasi Monte Carlo  
 Tujuan : Untuk meningkatkan pengetahuan dan memberikan informasi dalam bidang manajemen konstruksi tentang penerapan penilaian risiko keselamatan kerja kepada kontraktor jasa konstruksi agar dapat melakukan tindakan control yng efisien dan efektif terhadap bahaya-bahaya mungkin timbul sehingga tingkat risiko terjadinya kecelakaan kerja pada pelaksanaan konstruksi bangunan tinggi di DKI Jakarta dapat diminimalisasi

- Kesimpulan : Bahaya-bahaya yang ditimbulkan saat konstruksi bangunan tinggi yaitu 3 sumber antara lain : Grafitasi, mekanis dan kinetis
- g. Nama : Rolly Julius Kumaat, ( thesis tahun 2002)
- Judul : Penilaian Persepsi Risiko Keselamatan Kerja dan Pengaruh Sistem Manajemen mutu ISO 9000 pada Tahap Pelaksanaan Bangunan Bertingkat oleh Kontraktor di Jabotabek (menggunakan simulasi Monte Carlo).
- Tujuan : Untuk mengetahui secara lebih mendalam tentang penilaian persepsi risiko keselamatan kerja pada pelaksanaan bangunan bertingkat oleh kontraktor di wilayah Jabotabek.
- Kesimpulan : Dari hasil analisa menunjukkan bahwa risiko terjadinya kecelakaan kerja pada perusahaan yang tidak bersertifikat ISO 9000 lebih besar dibandingkan pada perusahaan yang bersertifikat ISO 9000. Hal ini dikarenakan intensitas dan keseriusan perusahaan yang tidak bersertifikat ISO 9000 dalam penerapan program K3 lebih rendah dibanding perusahaan yang bersertifikat ISO 9000.
- h. Nama : Eko Triaji, ( thesis tahun 2004)
- Judul : Pengaruh Kualitas Faktor Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Kinerja Waktu Penyelesaian Proyek Konstruksi Bangunan Tinggi di Indonesia.
- Tujuan : Mengidentifikasi faktor K3 dan frekuensi kecelakaan kerja kaitannya terhadap waktu dan biaya penyelesaian proyek konstruksi.
- Kesimpulan : Semakin baik penerapan program K3 pada proyek konstruksi, semakin rendah pula tingkat frekuensi dan dampak yang ditimbulkan akibat kecelakaan kerja, dimana apabila tingkat frekuensi dan dampak yang

ditimbulkan akibat kecelakaan kerja, maka banyak hal yang terganggu akibat hal tersebut, dan pada akhirnya berisiko terhadap waktu penyelesaian proyek.

- i. Nama : Tutry Safitri Handayani, ( skripsi tahun 2003)
- Judul : Pengaruh Kelemahan Elemen Program K3 Terhadap Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi.
- Tujuan : Mengidentifikasi pengaruh kelemahan program K3 terhadap kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.
- Kesimpulan : Bahwa semakin sedikit atau lemahnya manajemen dan penerapan program K3, maka semakin besar pula risiko dan intensitas kecelakaan kerja dapat terjadi

Dari semua penelitian yang relevan tersebut diatas, penelitian - penelitian tersebut lebih menunjukkan faktor – faktor apa saja yang menyebabkan kecelakaan kerja, bagaimana resiko yang ada jika sistem k3l yang ada tidak berjalan serta bagaimana pencegahan untuk menghindari resiko terjadinya kecelakaan kerja pada konstruksi bangunan bertingkat tinggi. Perbedaan dari penelitian penulis dengan penelitian – penelitian sebelumnya adalah kaitan antara variabel – variabel yang ada sehingga menyebabkan kecelakaan dan disini yang ditekankan hanyalah kecelakaan kerja jatuh kerana dibandingkan dengan kecelakaan – kecelakaan yang lain dalam konstruksi, kecelakaan jatuh lebih sering terjadi. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Achmad Suradji yang berjudul “*the constraint-response analysis: a construction accident investigation framework*”. Dalam penelitiannya, Achmad Suradji menganalisa mengenai model diagram kausalitas antar penyebab kecelakaan kerja di dunia konstruksi. Model ini dimaksudkan sebagai model praktis yang berguna untuk menyesuaikan penyelidikan berbagai faktor penyebab kecelakaan kerja konstruksi.

## 1.7 Metode Operasional

Metode Operasional secara garis besar terdiri dari:

- BAB I            PENDAHULUAN**
- Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian yang dilakukan, perumusan permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, keaslian penelitian, dan sistematika penulisan.
- BAB II            STUDI PUSTAKA**
- Bab ini mengulas tentang teori-teori yang digunakan sebagai acuan dalam skripsi ini. Studi pustaka dilakukan pada buku-buku referensi yang ada, jurnal, bahan kuliah, dan sumber lain yang mendukung penelitian ini.
- BAB III           METODOLOGI PENELITIAN**
- Bab ini memaparkan pembahasan mengenai metodologi penelitian yang mencakup penetapan metode analisis, identifikasi data, pola pengumpulan data, dan pola pengolahan data, serta penentuan variabel yang akan digunakan.
- BAB IV           PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**
- Bab ini menjelaskan pengumpulan data, analisis deskriptif, analisa korelasi dan analisa fuzzy terhadap data yang diperoleh.
- BAB V            TEMUAN DAN PEMBAHASAN**
- Bab ini berisi pembahasan hasil pengolahan data yang dilakukan pada Bab V Pengumpulan dan Pengolahan Data dengan menggunakan metode yang diuraikan dalam Bab III Metodologi Penelitian.
- BAB VI           KESIMPULAN**
- Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya dan saran mengenai temuan-temuan penting untuk dijadikan pertimbangan serta saran tindak lanjut terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian ini.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gambaran Umum

Bab dua ini akan membahas mengenai dasar teori yang berhubungan dengan tujuan penelitian skripsi ini. Subbab 2.2 akan membahas mengenai definisi proyek konstruksi bangunan gedung bertingkat tinggi. Kemudian pada subbab 2.3 akan membahas Kecelakaan Kerja Pada Bangunan Bertingkat Tinggi. Degree of Causality (DOC) masing-masing faktor penyebab kecelakaan jatuh dijabarkan pada subbab 2.4, sedangkan Sistem Logika Fuzzy dibahas pada subbab 2.5. Pada bab 2.6 menjelaskan tentang kerangka berpikir dan hipotesis.

### 2.2 Proyek Konstruksi

#### 2.2.1 Definisi Proyek Konstruksi

Beberapa definisi yang dimaksud dengan proyek konstruksi yang diperoleh dari beberapa referensi antara lain:

- Proyek adalah usaha sementara untuk membuat suatu produk atau jasa unik tertentu (*The project management institute, 1996*).
- Proyek menurut Azwaruddin (2008) adalah usaha untuk mencapai tujuan tertentu yang dibatasi oleh waktu dan sumber daya yang terbatas.
- Proyek Konstruksi didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendirikan bangunan yang membutuhkan sumber daya, baik biaya, dan material (*Gould, 2002*).
- Proyek konstruksi adalah suatu upaya untuk mencapai hasil dalam bentuk bangunan/infrastruktur (*Hadihardjaja, 1998*).

Dari beberapa definisi diatas dapat disimpulkan bahwa proyek konstruksi adalah suatu upaya sementara untuk menghasilkan produk atau jasa unik berupa infrastruktur (bangunan/ gedung) yang membutuhkan sumber daya baik biaya dan material yang dalam pelaksanaannya dibatasi oleh waktu dan sumber daya yang terbatas.

### 2.2.2 Proyek Konstruksi Bangunan Bertingkat Tinggi

The International Building Code (IBC 2000) dan The Building Construction and Safety Code (NFPA TM - 2002), mendefinisikan bangunan bertingkat tinggi sebagai bangunan 75 meter atau lebih diukur dari tingkat terendah akses kendaraan pemadam kebakaran ke lantai tertinggi.

Istilah bangunan tinggi (high rise building) dimana di beberapa negara, termasuk Indonesia, rumah 1-2 lantai disebut low rise, 3-4 lantai disebut medium rise dan lebih dari 4 lantai disebut high rise. Sementara di Hongkong, urutan klasifikasinya adalah low rise: 1-7 lantai, medium rise: 8-20 lantai, high rise: lebih dari 20 lantai (Budihardjo, 1991)

Karakteristik kondisi pada proyek konstruksi bangunan bertingkat memiliki potensi untuk terjadinya kecelakaan kerja. Beberapa kecelakaan kerja yang terjadi saat pelaksanaan proyek konstruksi antara lain terjatuh dari tangga sementara, terjatuh dari lubang lantai, terjatuh dari perancah (scaffolding)(Rivara F.P, Thompson D.C, 2000)

Tangga sementara pada proyek konstruksi selalu berpotensi menimbulkan bahaya karena sifat semata struktur dan tujuan. Ketika tangga digunakan untuk memindahkan antara tingkat yang berbeda di lokasi konstruksi, cedera dapat disebabkan dalam beberapa cara. Jika tangga tidak dijamin benar, maka tangga dapat bergerak (bergeser), menyebabkan orang terjatuh yang kadang-kadang menimbulkan luka yang serius. Jatuh dari tangga sementara dapat mengakibatkan cedera otak, cedera tulang belakang, patah tulang, dan kematian. Menurut Rivara F.P, Thompson D.C, (2000) Kecelakaan jatuh pada tangga sementara pada proyek konstruksi (pada industri konstruksi) memiliki frekuensi 50% lebih tinggi dibandingkan dengan proyek di bidang lainnya.

Perancah adalah platform sementara yang dibangun oleh para pekerja pada komersial dan industri dilokasi proyek konstruksi sehingga pekerja dapat bekerja pada ketinggian di luar jangkauan mereka. Penggunaan perancah pada proyek konstruksi bangunan sangat mendominasi penyebab terjadinya kecelakaan kerja di proyek, umumnya terjadi jatuh, terpeleset, terhimpit dan tertimpa bahan/material. Menurut OSHA, Kecelakaan jatuh akibat Perancah adalah salah satu alasan paling umum untuk Pekerja mengajukan klaim kompensasi. Selain itu,

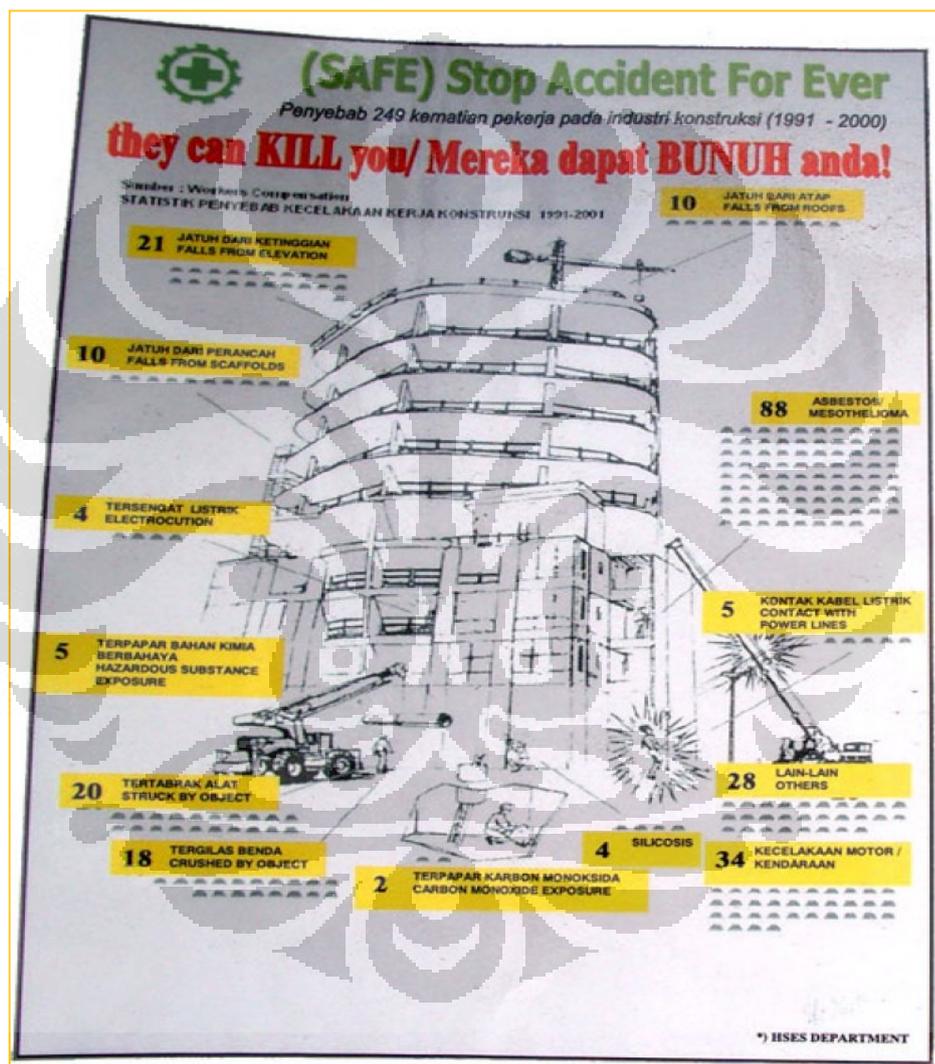
Perancah memberikan peningkatan risiko untuk penyebab kematian di proyek konstruksi. Menurut Biro Statistik Tenaga Kerja Amerika, rata-rata dari 88 kematian terjadi setiap tahun karena Kecelakaan Perancah.

Keselamatan dan Kesehatan Administration (OSHA) memiliki ketentuan yang ketat di tempat untuk penggunaan perancah, tetapi kebanyakan perusahaan konstruksi lebih memprioritaskan hasil kemajuan proyek yang cepat dibandingkan menjamin keselamatan pekerja mereka yang terlalu sering mencoba untuk bekerja sesuai dengan peraturan tersebut.

OSHA memberikan persyaratan untuk keselamatan pada bagian perancah. Menurut lembaga tersebut saat perancah dipindahkan, dibangun, dan diubah harus oleh orang yang kompeten yang telah memiliki pelatihan yang signifikan dalam bidang perancah. Kecelakaan jatuh pada perancah sebagian besar disebabkan oleh pekerja atau perusahaan tidak mengikuti persyaratan OSHA. Ketika persyaratan keselamatan diberlakukan oleh OSHA tidak diikuti, potensi akan terjadinya kecelakaan semakin besar. Penyebab paling umum dari kecelakaan perancah adalah pemeriksaan yang tidak tepat dari konstruksi perancah. Kelalaian pemeriksaan dapat menyebabkan cedera mulai dari tergelincir dan jatuh dari perancah. Potensi cedera akibat kecelakaan perancah ini akan dapat dihindari jika hanya peraturan keselamatan yang tepat telah diikuti.

Kecelakaan akibat terjatuh pada lubang lantai (floor holes) juga mampu menyebabkan akibat yang fatal. Sebuah analisis sebelumnya dari data CFOI menunjukkan bahwa total dari 432 kematian terjadi ketika para pekerja jatuh melalui lubang atap, lubang lantai, dan skylight selama periode sembilan tahun 1992-2000 (rata-rata tahunan dari 48 kematian; Bobick, 2004). Sebuah analisis tindak lanjut dari data CFOI untuk periode lima tahun dari 2003-2007 (BLS, 2003a, b, 2004a, b, 2005a, b, 2006a, b, 2007a, b) telah mengindikasikan bahwa 333 pekerja tewas jatuh melalui lubang atap, lubang lantai, dan skylight untuk rata-rata tahunan dari 67 kematian pekerja, meningkat 39,6% dalam jenis kematian sejak periode waktu 1992-2000. The 333 korban jiwa adalah 9,6% dari jatuh ke tingkat yang lebih rendah insiden Total fatal yang terjadi di semua industri AS selama 2003-2007.

Melihat pembahasan beberapa kecelakaan yang terjadi saat proyek konstruksi berjalan, maka beberapa karakteristik bangunan bertingkat pada tahap konstruksi adalah adanya penggunaan struktur sementara berupa perancah atau scaffolding, adanya pemakaian peralatan tangga sementara, dan adanya lubang lantai yang belum tertutup. Pada gambar 2.5 di bawah ini diperlihatkan beberapa jenis kecelakaan kerja yang terjadi di proyek konstruksi bangunan bertingkat.



Gambar 2.1 Contoh beberapa jenis kecelakaan kerja di proyek konstruksi  
 Sumber (Workers Corporation)

Pada gambar diatas terlihat statistic dari masing-masing jenis kecelakaan kerja tahun 1991 sampai 2001:mulai dari jatuh dari perancah sebanyak 10 kasus, jatuh dari ketinggian 21 kasus, kecelakaan tersengat listrik sebanyak 4 kasus,

kecelakaan terpapar bahan kimia 5 kasus, kecelakaan tertabrak alat sebanyak 20 kasus, kecelakaan terilas benda 18 kasus, kecelakaan terpapar karbon monoksida sebanyak 2 kasus, kecelakaan silicosis sebanyak 4 kasus, kecelakaan kendaraan sebanyak 34 kasus, kecelakaan terkena kontak kabel listrik sebanyak 5 kasus, kecelakaan asbestos sebanyak 88 kasus, dan kecelakaan lainnya sebanyak 28 kasus.

Bangunan bertingkat memiliki karakteristik yang spesifik, khususnya dalam teknologi pelaksanaannya. Beberapa hal yang spesifik mengenai bangunan bertingkat tinggi menurut Asiyanto (2008) antara lain:

1) Urutan Pekerjaannya

Tiap bagian pekerjaan sangat terkait dengan bagian pekerjaan yang lain, sehingga perlu disusun urutan pelaksanaannya. Bila urutan kegiatan disusun tidak tepat, maka akan menimbulkan berbagai masalah pelaksanaan yang berdampak pada tidak tercapainya sasaran efisiensi dan efektivitasnya.

2) Jenis Pekerjaan

Bangunan gedung, dikenal mempunyai banyak jenis kegiatan dan memerlukan banyak jenis material dengan berbagai macam spesifikasi. Untuk dapat merinci jenis kegiatan pada bangunan gedung secara lengkap diperlukan kemampuan menyusun *work breakdown structures*.

3) Kegiatan Pengangkutan Vertikal

Angkutan vertikal ini merupakan jantungnya kegiatan dari proyek konstruksi gedung bertingkat dan sangat besar pengaruhnya terhadap kelancaran pelaksanaan. Oleh karena system angkutan vertikal ini harus direncanakan dengan sebaik-baiknya, baik untuk angkutan tenaga kerja maupun angkutan material.

4) Keselamatan Kerja

Pada proyek konstruksi bangunan tingkat tinggi, banyak kegiatan yang rawan terhadap kecelakaan, baik disebabkan oleh manusia, alat, material, maupun desain dan metode yang tidak aman. Oleh karena itu *safety plan* sangat diperlukan untuk menjaga pekerja yang bekerja pada bangunan itu dan orang yang mungkin berada disekitar tempat bangunan

5) Keterbatasan Lokasi

Pada umumnya letak lokasi proyek bangunan tingkat tinggi ada ditengah kota yang terbatas areal lahannya sehingga diperlukan perencanaan proyek yang baik untuk menjamin kelancaran proses pelaksanaan pekerjaan. Perencanaan proyek ini harus dianggap penting karena akan berpengaruh pada kelancaran pelaksanaan, dimana meletakkan perkantoran, pergudangan, jalan kerja, dan sebagainya.

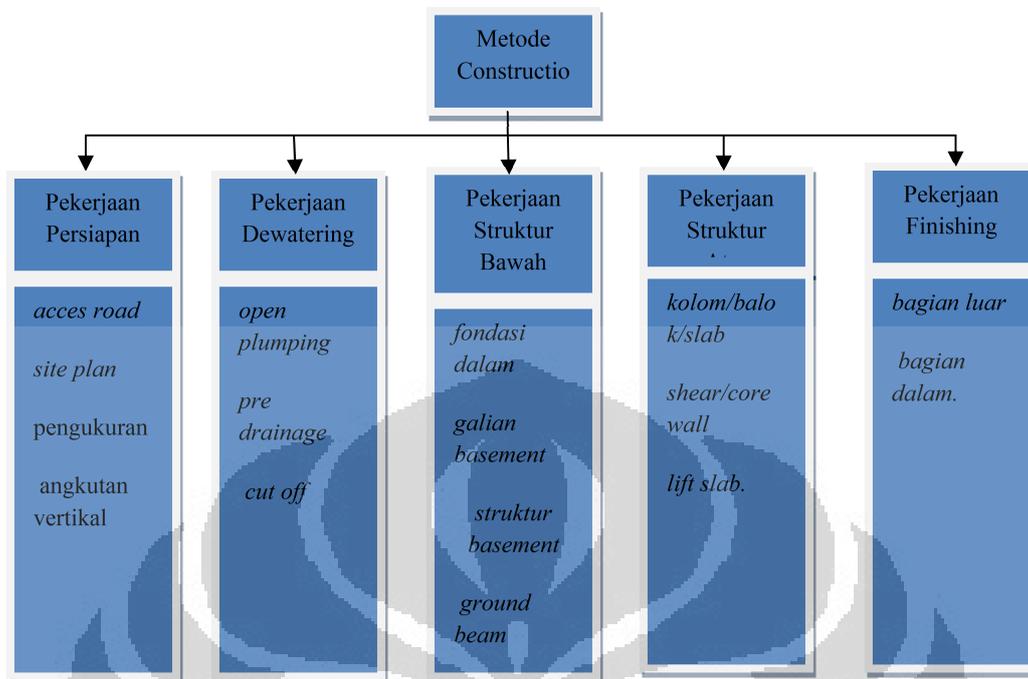
#### 6) Air Tanah

Khususnya untuk bangunan bertingkat yang memiliki ruang *basement* yang dalam, kondisi air tanah setempat akan cukup berpengaruh pada proses pelaksanaan.

Dari beberapa kondisi yang spesifik diatas, maka proses pelaksanaan gedung bertingkat tinggi, sangat perlu didahului dengan pekerjaan-pekerjaan persiapan untuk menjamin kelancaran dan keamanan proses tersebut. Pekerjaan-pekerjaan persiapan tersebut, yang biasanya masuk dalam *pos preliminaries*, dimana besarnya cukup berarti terhadap total biaya proyek. Construction method untuk bangunan dengan struktur beton yaitu:

- a) Pekerjaan Persiapan, yang terdiri atas pekerjaan *access road, site plan*, pengukuran, dan angkutan vertical.
- b) Pekerjaan Dewatering, terdiri atas pekerjaan *open plumbing, pre drainage, dan cut off*.
- c) Pekerjaan Struktur Bawah, terdiri atas pekerjaan fondasi dalam, galian *basement*, struktur *basement*, dan *ground beam*.
- d) Pekerjaan Struktur Atas, terdiri atas pekerjaan kolom/balok/*slab, shear/core wall, lift slab*.
- e) Pekerjaan Finishing, terdiri atas pekerjaan bagian luar dan pekerjaan bagian dalam.

Bagan dari *construction method* digambarkan seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.2. Bagan Metode Konstruksi Bangunan Bertingkat

(Sumber: Telah diolah kembali)

## 2.3 Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Bangunan Betingkat Tinggi

### 2.3.1 Kecelakaan Kerja

Kerja adalah kegiatan fisik dan atau psikis untuk memenuhi kebutuhan hidup dengan cara menghasilkan barang, karya, atau jasa untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Crites dalam Bambang, 2004).

Pengertian kecelakaan adalah kejadian yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diharapkan serta tidak ada unsur kesengajaan (Hinze, 1997). Kecelakaan didefinisikan sebagai suatu kejadian yang tidak diduga semula dan tidak dikehendaki yang mengacaukan proses yang telah diatur dari suatu aktivitas dan dapat menimbulkan kerugian baik korban manusia dan atau harta benda (Gimaldi and Simonds, 1975)

Pengertian kecelakaan akibat kerja adalah kecelakaan yang berkaitan dengan hubungan kerja pada perusahaan. Hubungan kerja di sini dapat berarti, bahwa kecelakaan terjadi karena pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan (Suma'rnur, 1989).

Kecelakaan juga didefinisikan sebagai kejadian yang tidak diinginkan yang mengakibatkan kerugian fisik atas orang atau kerusakan atas milik atau harta benda. Sedangkan kecelakaan kerja didefinisikan sebagai kejadian yang tidak terduga dan tidak diharapkan akibat dari kerja (Notoatmodjo, 1996).

Dari beberapa definisi diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa kecelakaan kerja adalah suatu kondisi kerja yang menyebabkan seseorang berada dalam keadaan bahaya yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja seperti cedera, kerusakan peralatan, maupun lingkungan. Karena itu, agar proses konstruksi mampu berjalan secara baik dan optimal, masalah kecelakaan kerja perlu menjadi perhatian utama untuk dipertimbangkan dalam manajemen proyek, dimana pihak kontraktor harus mengusahakan semaksimal mungkin agar tidak terjadi kecelakaan kerja.

Jenis-jenis kecelakaan kerja pada bangunan tingkat tinggi dikategorikan berdasarkan penyebabnya (Hinze, 1997), yaitu:

- a. Terbentur (struck by)
- b. Membentur (struck against)
- c. Terperangkap (caught in on or between)
- d. Jatuh dari ketinggian (fall from height)
- e. Tersengat aliran listrik (electrical shock)
- f. Terbakar (burnt)

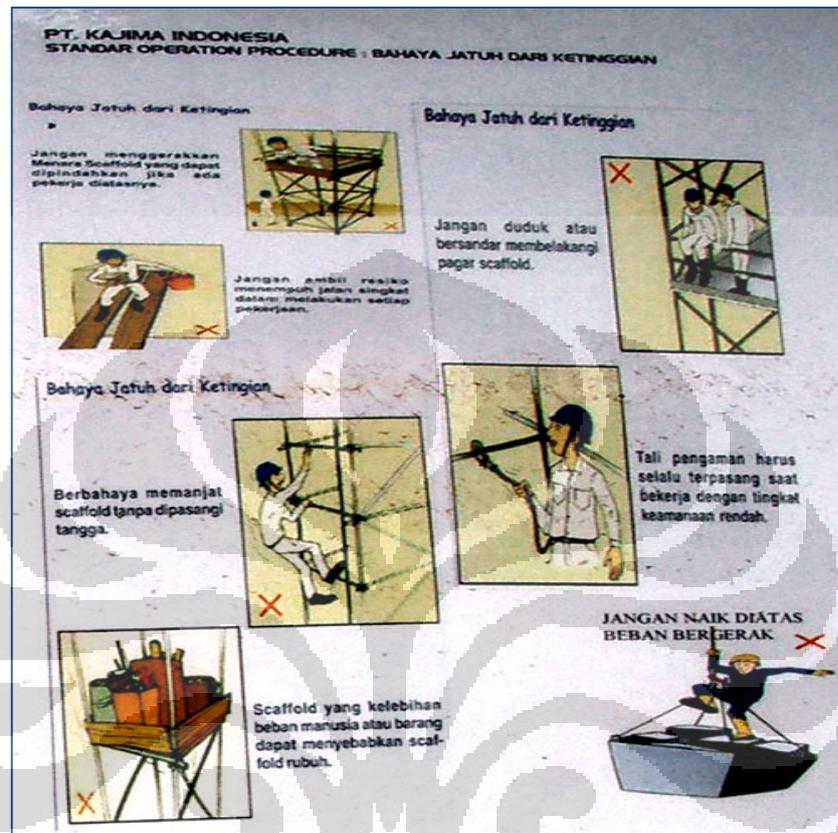
### 2.3.2 Kecelakaan Kerja Jatuh

Jatuh adalah suatu peristiwa yang mengakibatkan seseorang secara tidak sengaja datang untuk beristirahat di atas tanah atau lantai atau tingkat yang lebih rendah (Organisasi Kesehatan Dunia, 2005).

Yang dimaksud dengan kecelakaan jatuh (fall accident) adalah kecelakaan yang menyangkut kejadian jatuh dari tingkat yang lebih tinggi ke tingkat yang lebih rendah. Contoh: jatuh dari landasan kerja, jatuh dari tangga (Bennett and Rumondang, 1995).

Kecelakaan jatuh pada industri konstruksi memiliki potensi bahaya yang tinggi, hal ini disebabkan adanya karakteristik proyek konstruksi yang unik dan

komplek. Kecelakaan akibat jatuh dari ketinggian adalah kecelakaan yang mendominasi di bidang konstruksi (Ardan, 2006).



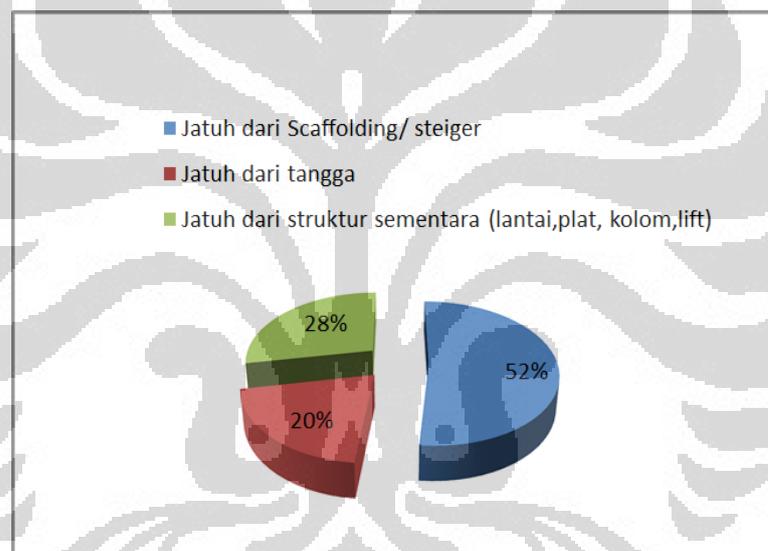
Gambar 2.3 contoh kecelakaan kerja jatuh  
(sumber : workers corporation)

Jenis-jenis kecelakaan kerja pada bangunan tingkat tinggi dikategorikan berdasarkan tipenya (Nelson et al, 1997), yaitu:

- a. Jatuh dari ketinggian (*Fall from elevation*)
- b. Fall from platform
- c. Jatuh dari tangga jenjang (*Fall from ladder*)
- d. Fall from piled matter
- e. Jatuh dari tangga (*Fall on stairs*)
- f. *Fall from into openings*
- g. Jatuh dari atap (*Fall from roof*)
- h. *Fall to lower level*

Untuk penelitian skripsi saya berfokus pada kecelakaan jatuh dari ( telah diolah dari Jamsostek 2010) :

- Scaffolding ; kejadian jatuh yang terjadi atas scaffolding/ steiger, dimana pekerja sedang melakukan aktivitas di atas scaffolding dan tiba-tiba terjatuh.
  - Tangga kerja ; kejadian jatuh yang terjadi area tangga, dimana pekerja sedang melakukan aktivitas di area tangga dan tiba-tiba terjatuh.
  - Struktur (lantai, pelat dan kolom) dimana pekerja sedang melakukan aktivitas di area struktur seperti lantai, pelat dan kolom pekerja tiba-tiba terjatuh
- Berdasarkan survey dari Jamsostek untuk rata – rata kecelakaan jatuh yang sering terjadi.



Gambar 2.4 Prosentase Kecelakaan Jatuh Berdasarkan Lokasi/ Area Kerja  
(Sumber : telah diolah kembali)

### 2.3.3 Dampak Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja menimbulkan bermacam dampak bagi yang mengalaminya. Berdasarkan "derajat keparahannya", dampak kecelakaan kerja semua industri pada umumnya dibagi ke dalam empat kelas (*Monah university Accident Research Center, 2008*) yaitu:

1. Kelas 1 – Extreme, contohnya: kematian, kehilangan kesadaran permanen, cedera bakar 80% atau lebih.

2. Kelas 2 – parah/berat, contohnya: stroke, kehilangan tangan atau kaki, fraktur serius, luka bakar serius
3. Kelas 3 – serius, contohnya: hilangnya jari, retak tulang tengkorak, gegar otak parah, luka tusuk serius
4. Kelas 4 – sedang, contohnya: kegelisahan yang kadang parah, iritasi kulit yang kronis, jari rusak, memar parah pada tubuh.

Menurut *Health and Safety Executive* (HSE) mengungkapkan bahwa dampak kecelakaan jatuh yang dialami pekerja pada proyek konstruksi dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. *Fatal accident* (cedera fatal), contohnya meninggal dunia
2. *Major Injury* (cedera utama/ cacat permanen baik sebagian maupun total), contohnya patah tulang, amputasi, kehilangan penglihatan.
3. *Over 3 days injuries*, contohnya tidak mampu bekerja untuk sementara waktu karena sedang dalam tahap pengobatan.

Kecelakaan kerja di proyek konstruksi juga menyebabkan keterlambatan proyek, biaya proyek meningkat, beban medis dan konsekuensi negatif lainnya (Lipscomb et al, 2003; Horwits dan McCall, 2004; Meerding et al, 2005; Gavius et al, 2009) . Dari aspek ekonomi perusahaan, kecelakaan kerja mengakibatkan kerugian karena akan menimbulkan biaya langsung maupun biaya tidak langsung (Levitt, 1993; Tang, 2004; Jaselskis, 1996). Biaya langsung terdiri dari biaya medis, premi untuk asuransi, kerugian hak milik (Oberlender, 2000). Biaya tak langsung adalah biaya tambahan lain, pengurangan produktivitas, keterlambatan jadwal, bertambahnya waktu administratif, kerusakan fasilitas, dan hal yang makin sulit diukur tetapi riil yaitu penderitaan manusia dan menurunnya moral (Levitt, 1993:3). Dari sisi finansial dampak kecelakaan kerja berupa biaya langsung mencapai miliaran dolar per tahun (Chen et al, 1995) dan biaya tidak langsung akan enam kali lebih banyak dari biaya langsung (Gavius et al, 2009). Sebagai contoh, biaya langsung dan tidak langsung diperkirakan terkait dengan fatal dan konstruksi cedera fatal di AS diperkirakan mencapai \$ 13 miliar pada tahun 2002 ( The Construction Chart Book, 2008).

Klasifikasi dampak kecelakaan kerja diatas dapat disimpulkan bahwa kecelakaan kerja jarang disebabkan oleh faktor tertentu saja melainkan disebabkan dari berbagai faktor sekaligus. Terpenting dicatat adalah interaksi berbagai unsur yang terlibat dalam kecelakaan itu sendiri. Faktor manusia merupakan faktor utama kecelakaan kerja.

#### 2.3.4 Teori dan Model Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

Ada beberapa teori yang menjelaskan penyebab suatu kecelakaan kerja konstruksi. Teori-teori tersebut adalah sebagai berikut:

##### 2.3.4.1 The Accident-Proneness Theory

Teori ini memfokuskan kepada faktor personal yang berhubungan dengan penyebab kecelakaan. Ini berdasar pada asumsi bahwa beberapa individu yang ditempatkan pada kondisi yang serupa, beberapa orang akan melebihi dari orang yang lain untuk cenderung celaka. Menurut teori ini, beberapa orang mempunyai karakteristik permanen yang memungkinkan terlibat di dalam kecelakaan. Farmer dan Chambers pada tahun 1929 mendefinisikan bahwa kecenderungan kecelakaan sebagai keistimewaan pribadi seseorang/individu yang memilikinya di dalam derajat/tingkat suatu kecelakaan. Shaw dan Sichel pada tahun 1971 menyatakan dasar asumsi dari teori ini adalah bahwa sebagian orang lebih mungkin terlibat dalam kecelakaan oleh karena kecenderungan bawaan mereka untuk kecelakaan (Hinze,1997).

##### 2.3.4.2 The Chain-of-Events Theory

Teori ini menyatakan bahwa kecelakaan adakalanya terjadi sebagai suatu hasil kegiatan yang berantai. Semua peristiwa berhubungan dalam deretan, dan masing-masing peristiwa diikuti oleh peristiwa yang lainnya. Cara menggambarkan kejadian kecelakaan ini dikenal dengan rantai peristiwa. Setiap mata rantai adalah hal/komponen penting yang menjadi penyebab kecelakaan, maka tiap-tiap mata rantai itu adalah suatu potensi target untuk pencegahan kecelakaan (Hinze, 1997).

#### 2.3.4.3 The Goals-Freedom-Alertness Theory

Pokok dari teori ini adalah pihak manajemen harus membiarkan pekerja memiliki tujuan yang telah ditentukan dengan baik dan harus memberi kebebasan kepada pekerja untuk mencapai tujuan itu. Hasilnya adalah pekerja akan memusatkan perhatian kepada tugas yang mengantarkan kemampuan dan yang bertanggung jawab untuk pencegahan kecelakaan (Petersen, 1982).

#### 2.3.4.4 The Adjustment-Stress Theory

Dalam teori ini, Kerr juga membuat dalil kedua tentang penyebab kecelakaan, sebagai berikut. Prestasi yang selamat adalah kompromi dari iklim yang dapat mengalihkan perhatian pekerja. Kerr mempercayai bahwa *The Goals-Freedom-Alertness Theory* menerangkan banyak tentang penyebab kecelakaan dan tidak dijiwai oleh teori kecenderungan kecelakaan, tetapi masih ada faktor tambahan yang belum diterangkan. Teori ini dikembangkan untuk menerangkan faktor yang tersisa yaitu untuk melengkapi *The Goals-Freedom-Alertness Theory*. Menurut *The Goals-Freedom-Alertness Theory*, pekerja akan selamat dalam pelaksanaan atau lingkungan kerja yang positif. Sedang *The Adjustment-Stress Theory* menyatakan bahwa ketidakbiasaan, yang negatif, pengacauan tekanan yang diterapkan ke pekerja mengakibatkan bertambahnya kecelakaan atau perilaku kerja yang tidak berkualitas (Hinze, 1997).

#### 2.3.4.5 The Distraction Theory

Teori ini menyatakan bahwa keselamatan bersifat situasional. Karena distraksi/ pengacauan mental sangat bervariasi, maka respon terhadapnya harus dibedakan untuk menghasilkan pencapaian yang aman. Bahaya (hazard) dapat muncul dalam berbagai bentuk. Normalnya, resiko/potensi bahaya dianggap sebagai kondisi fisik pada kualitas tertentu yang dapat diterapkan pada situasi dimana pekerja melaksanakan pekerjaan rutin di lingkungan yang diketahui memiliki resiko/potensi bahaya.

Teori ini dikembangkan untuk diterapkan pada situasi di mana terdapat dua faktor sebagai berikut: (1) potensi/resiko bahaya (hazard) atau distraksi/pengacauan mental yang sudah dikenali dan (2) tugas

kerja/pekerjaan/aktivitas yang telah dirumuskan dengan baik. Dalam teoridistraksi, tingkat kecelakaan dan tingkat produktivitas dipetakan dalam suatu diagram. Ada kemungkinan produktivitas dan keselamatan berlangsung bertentangan dengansatu sama lain, artinya bila produktivitasnya tinggi, kemungkinan keselamatannya rendah. Ada pula kemungkinan bahwa keselamatan dan produktivitas dapat dicapai secara serempak. Itu semua adalah mungkin hanya ketika resiko yang serius disisihkan dari lingkungan pekerjaan.

#### 2.3.4.6 The Constraint-Response Theory

Kecelakaan adalah gejala alami. Orang-orang yang terlibat dalam proyek konstruksi dapat menciptakan faktor-faktor potensi yang mendorong ke arah kecelakaan. Klien, manager proyek, perancang, konsultan, pemborong, pemborong bawahan, manajer lokasi, operator dan penyelia bisa mempengaruhi situasi yang mempunyai potensi yang mendorong ke arah kecelakaan. Faktor seperti itu bisa meliputi faktor-faktor yang berhubungan dengan teknis, faktor yang berhubungan dengan operasional, faktor yang berhubungan dengan lingkungan, dan faktor yang terkait dengan manajerial (Suradji, 2001).

Teori ini menguraikan berbagai alur tanggapan dan batasan dari semua pihak yang terlibat, sejak tahap konsepsi sampai desain dan konstruksi, yang bisa menghasilkan kondisi-kondisi atau situasi yang mengarah ke peningkatan resiko kecelakaan. Teori ini memetakan faktor penyebab kecelakaan: proximal factor dan distal factor yang mungkin dihasilkan oleh client, regu client, para perancang, para kontraktor, dan sub kontraktor.

#### **Ikhtisar Teori-Teori Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi**

Dari beberapa teori tentang penyebab kecelakaan kerja konstruksi yang dibahas di muka, dapat disimpulkan bahwa peristiwa tersebut dapat dipandang dari:

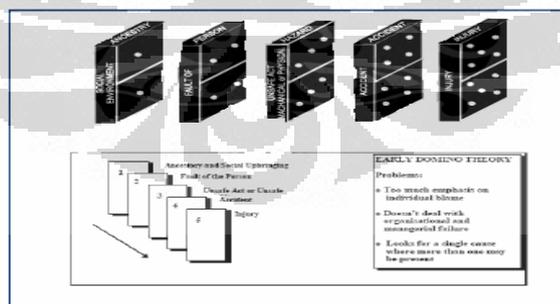
1. Faktor personal vs faktor organisasi,
2. Lingkup down-stream vs lingkup up-stream,
3. Orientasi on-site vs orientasi off-site,
4. Kombinasi dari (1), (2), dan (3).

### 2.3.5 Teori Usaha Pencegahan Kecelakaan Kerja

H.W. Heinrich pada tahun 1930 dalam bukunya yang terkenal *Accident Prevention*, telah mengemukakan teori pencegahan kecelakaan secara ilmiah pertama kalinya, sejak saat itu ilmu Keselamatan Kerja terus berkembang. Dari sudut pencegahan kecelakaan, perkembangan K3 dapat dilihat dari empat macam pendekatan yaitu Pendekatan Kondisi dan Tindakan tidak aman dari Heinrich, Pendekatan Manusia (*Human Approach*), Pendekatan Kondisi Teknis (*Technical Approach*) dan Pendekatan Sistem Manajemen (*Management System Approach*).

#### a) Pendekatan Kondisi dan Tindakan tidak aman dari Heinrich (Teori Domino)

Heinrich (1931) dalam risetnya menemukan sebuah teori yang dinamai dengan teori domino. Teori ini menyebutkan bahwa pada setiap kecelakaan yang menimbulkan cedera, terdapat lima faktor secara berurutan yang digambarkan sebagai lima domino yang berdiri sejajar, yaitu kebiasaan, kesalahan seseorang, perbuatan dan kondisi yang tidak aman (*hazard*), kecelakaan, serta cedera. Dalam teori Domino yang digambarkan Heinrich (Gambar 2.1), terlihat bagaimana batu domino disusun berurutan sesuai dengan faktor-faktor penyebab kecelakaan. Bila batu pertama atau batu ketiga roboh kekanan maka semua batu dikanannya akan roboh. Dengan kata lain bila terdapat suatu kesalahan manusia, maka akan tercipta unsafe condition dan unsafe act, dan kecelakaan serta kerugian akan timbul. Heinrich mengatakan rantai batu ini diputus pada batu ketiga maka kecelakaan dapat dihindari.



Gambar 2.5 Teori Domino dari W.H. Heinrich

Sumber: <http://home.freeuk.net/mike.eveiley/download.ac.pdf>

#### b) Pendekatan Manusia (Human Approach)

Birds (1967) memodifikasi teori domino Heinrich dengan mengemukakan teori manajemen yang berisikan lima faktor dalam urutan

kecelakaan yaitu manajemen, sumber penyebab dasar, gejala, kontak, dan kerugian. Dalam teorinya, Birds mengemukakan bahwa usaha pencegahan kecelakaan kerja hanya dapat berhasil dengan mulai memperbaiki manajemen keselamatan dan kesehatan kerja. Praktik dibawah standar dan kondisi di bawah standar merupakan penyebab langsung suatu kecelakaan dan penyebab utama dari kesalahan manajemen. Ada tiga faktor yang menyebabkan control yang kurang baik, standar program kurang tepat atau kurang mendalami standar tersebut, dan pelaksanaan standar yang kurang tepat (Rudi Suardi, 2005)

c) Pendekatan Kondisi Teknis (*Technical Approach*)

Konsep pendekatan dari aspek teknis atau faktor kondisi tidak aman ini adalah *Energy Transsfer Theory*, yang menjelaskan bahwa accident terjadi karena adanya suatu energy release. Energy yang dimaksud dapat berupa panas, cahaya, listrik, kimia, biologik, psikologik, biomekanik, radiasi, gravitasi dan lainnya. Ada beberapa perbedaan yang terkait dengan energy release yaitu sumber energi, rute (path) dan penerima (*receiver*). Teori ini sangat bermanfaat untuk menentukan penyebab injury, evaluasi *hazards* bertipe energi dan metode pengendaliannya. Pengendalian transfer energi dicapai dengan berbagai cara sebagai berikut:

1. Eliminasi sumber energi
2. Perubahan terhadap desain, atau perubahan terhadap spesifikasi elemen-elemen pada tempat kerja.
3. *Maintenance* pencegahan

Jalur *energy transfer* dapat dimodifikasi dengan cara menutup jalur pajanan energi, membuat barrier, install absorber dan menempatkan isolator. Sedangkan penerima (*reciever*) dapat dibantu dengan cara-cara mengurangi pajanan (*exposure*) dan menggunakan alat pelindung diri (APD).

d) Pendekatan Sistem Manajemen (Management System Approach).

Penganut teori Manajemen menganggap bahwa sebab utama suatu kecelakaan bagaimanapun bentuk dan sebabnya bila ditelusuri secara mendalam adalah aspek aspek manajemen. Kecelakaan bersumber dari adanya penyimpangan atau ketimpangan dari sistem yang seharusnya berjalan dalam perusahaan.

Penyimpangan ini dapat berupa prosedur, kondisi tidak aman, pelanggaran peraturan, dan aspek operasi lainnya. Penyimpangan ini dapat terjadi karena kelemahan dalam sistem manajemen dalam perusahaan atau organisasi tersebut, seperti sistem perencanaan, pengorganisasian, pengawasan atau pembinaan dalam perusahaan sehingga usaha pencegahan kecelakaan harus berorientasi pada sistem manajemen dalam perusahaan.

Semua unsur diatas dapat menjadi latar belakang atau mendorong terjadinya kecelakaan dan bila ditelaah lebih mendalam, faktor tersebut berkaitan erat dengan sistem manajemen dalam perusahaan-perusahaan, misalnya manajemen operasi, produksi, sumber daya manusia, aspek pengawasan dan yang tidak kalah pentingnya adalah sistem manajemen K3 yang diterapkan dengan baik. Atas dasar pemikiran diatas, timbul konsep pencegahan kecelakaan yang komprehensif atau sistem manajemen K3 yang terintegrasi dengan sistem manajemen perusahaan.

#### 2.3.6 Usaha Pencegahan Kecelakaan Kerja

Menurut Bennett NBS (1995) bahwa teknik pencegahan kecelakaan harus didekati dengan dua aspek, yakni :

- a. Aspek perangkat keras (peralatan, perlengkapan, mesin, letak, dan sebagainya)
- b. Aspek perangkat lunak (manusia dan segala unsur yang berkaitan)

Menurut Julian B. Olishifski (1985) bahwa aktivitas pencegahan kecelakaan dalam keselamatan kerja professional dapat dilakukan dengan beberapa hal berikut :

- a. Memperkecil (menekan) kejadian yang membahayakan dari mesin, cara kerja, material dan struktur perencanaan
- b. Memberikan alat pengaman agar tidak membahayakan sumber daya yang ada dalam perusahaan tersebut
- c. Memberikan pendidikan (training) kepada tenaga kerja atau karyawan tentang kecelakaan dan keselamatan kerja
- d. Memberikan alat pelindung diri tertentu terhadap tenaga kerja yang berada pada area yang membahayakan.

Menurut Suma'mur (1996), kecelakaan-kecelakaan akibat kerja dapat dicegah dengan 12 hal berikut:

- a. Peraturan perundangan, yaitu ketentuan-ketentuan yang diwajibkan mengenai kondisi kerja pada umumnya, perencanaan, konstruksi, perawatan dan pemeliharaan, pengawasan, pengujian dan cara kerja peralatan industri, tugas-tugas pengusaha dan buruh, latihan, supervisi medis, P3K dan pemeriksaan kesehatan.
- b. Standarnisasi yang ditetapkan secara resmi, setengah resmi atau tidak resmi mengenai misalnya syarat-syarat keselamatan sesuai instruksi peralatan industri dan alat pelindung diri (APD)
- c. Pengawasan, agar ketentuan UU wajib dipatuhi
- d. Penelitian bersifat teknik, misalnya tentang bahan-bahan yang berbahaya, pagar pengaman, pengujian APD, pencegahan ledakan dan peralatan lainnya.
- e. Riset medis, terutama meliputi efek fisiologis dan patalogis, faktor lingkungan dan teknologi dan keadaan yang mengakibatkan kecelakaan.
- f. Penelitian psikologis, meliputi penelitian tentang pola-pola kewajiban yang mengakibatkan kecelakaan.
- g. Penelitian secara statistik, untuk menetapkan jenis-jenis kecelakaan yang terjadi.
- h. Pendidikan
- i. Latihan-latihan
- j. Penggairahan, pendekatan lain agar bersikap yang selamat
- k. Asuransi, yaitu insentif financial untuk meningkatkan pencegahan kecelakaan
- l. Usaha keselamatan pada tingkat perusahaan

Tabel 2.1 Contoh safety plan resiko kecelakaan dan pencegahannya

2.6.	Kecelakaan mobil waktu akan keluar/masuk proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pasang rambu peringatan lalu lintas di jalan raya</li> <li>- atur lalu lintas bila ada landaan keluar/masuk</li> </ul>	
3.	<u><i>Direction Tower Crane</i></u>		
3.1.	<i>Crane service</i> ambles	- perkuat tanah dengan matras	
3.2.	<i>Crane TC</i> miring	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pasang ankur pondasi sehingga benar-benar "level" (di-<i>waterpass</i>)</li> <li>- cek pengelasan ankur sehingga yakin kuat</li> </ul>	
3.3.	Baut/ kunci-kunci jatuh.	- taruh di keranjang TC	
3.4.	Orang kejatuhan baut.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cegah selama <i>erection</i> agar orang tidak berada di bawah langsung</li> <li>- pasang rambu "Awat Benda Jatuh"</li> <li>- pakai helm selama bekerja</li> </ul>	
3.5.	<i>Tower crane</i> ambuk.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- periksa pondasi agar sesuai ketentuan</li> <li>- pasang cabule/labrang pada tiap setiap lantai</li> <li>- pasang rambu beban</li> <li>- dipasang <i>switch</i> otomatis bila <i>overweight</i>.</li> <li>- pasang penangkal petir</li> </ul>	
4.	<u><i>Universal Lift</i></u>		
4.1.	Kabin lift meluncur melwati rel.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek kondisi lift</li> <li>- pasang rel lebih tinggi 6 meter dari pemberhentian lift</li> <li>- pasang <i>switch</i> otomatis agar lift <i>per</i> berhenti maksimum pada posisi lantai teratas</li> <li>- cek kedudukan lift pada pondasi agar "level" (di-<i>waterpass</i>)</li> <li>- pasang labrang pengaman tiap 2 lantai</li> </ul>	
4.2.	Orang jatuh	<ul style="list-style-type: none"> <li>- atur/empatkan kabin lift</li> <li>- sedapat mungkin dengan pemberhentian</li> <li>- pasang pagar pengaman pada daerah pemberhentian.</li> </ul>	

(sumber PT Pembangunan Perumahan, 2003)

### 2.3.7 Faktor dan Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja

Faktor penyebab kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu penyebab langsung dan penyebab tidak langsung. Penyebab langsung kecelakaan kerja adalah perbuatan yang tidak aman (*unsafe act*) dan kondisi yang tidak aman (*unsafe conditions*). Perbuatan yang tidak aman adalah segala tindakan manusia yang dapat memungkinkan terjadinya kecelakaan pada dirinya sendiri maupun pada orang lain, sedangkan kondisi yang tidak aman

adalah suatu kondisi lingkungan kerja yang dapat memungkinkan terjadinya kecelakaan (Anton, 1989). Hasil survey lapangan yang telah dilakukan terhadap beberapa kontraktor di Surabaya menyatakan bahwa 95% kecelakaan kerja terjadi pada proyek konstruksi disebabkan oleh kecerobohan manusia (Dewi dan Antalis, 1997). Sedangkan di Amerika 85% kecelakaan kerja yang disebabkan karena tindakan yang tidak aman dari pekerjanya (*unsafe act*) dan 15% karena kondisi lingkungan kerja yang tidak aman (*unsafe condition*)(Grimaldi dan Simonds, 1975; Anton, 1989).

Penyebab langsung terjadinya kecelakaan adalah (Grimaldi and Simon, 1975; Anton, 1989):

**1. Perbuatan yang tidak aman (*unsafe act*), antara lain:**

- Tidak menggunakan alat perlindungan diri yang telah disediakan.
- Kesalahan dalam menggunakan peralatan kerja.
- Menggunakan peralatan-peralatan yang sudah rusak
- Metode kerja pekerja yang salah
- Tidak mengikuti prosedur keselamatan kerja atau tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja.

**2. Kondisi yang dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja (*unsafe conditions*):**

- Kondisi fisik dan mekanik peralatan yang digunakan
- Kondisi permukaan tempat berjalan dan bekerja
- Penerangan, ventilasi, suara, dan getaran.
- Lokasi kerja yang tidak teratur.

Penyebab tidak langsung terjadinya kecelakaan adalah:

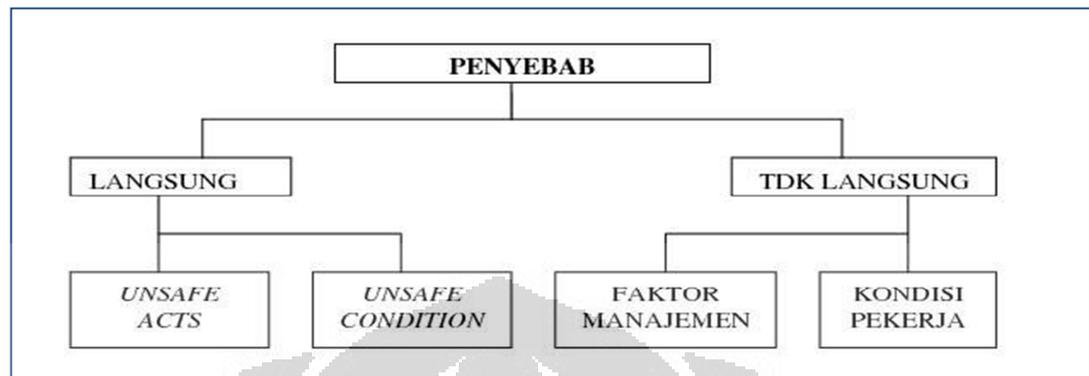
*1. Kurang berperannya manajemen keselamatan kerja, misalnya:*

- Tidak cukupnya instruksi keselamatan kerja
- Kurangnya pengawasan terhadap pekerja
- Tidak tersedianya perlengkapan dan peralatan kerja

*2. Kondisi pekerja*

- Kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja
- Kurangnya kepedulian terhadap masalah keselamatan kerja

- Tingkat pengetahuan dan ketrampilan pekerja



Gambar 2.6 Penyebab Kecelakaan Kerja  
(Sumber: Grimaldi dan Simonds, 1975; Anton, 1989)

Kecelakaan kerja terjadi umumnya karena disebabkan oleh beberapa faktor antara lain faktor manusia, faktor peralatan, manajemen, dan lokasi kerja. Menurut Notoatmodjo (2003), mengatakan bahwa penyebab kecelakaan kerja adalah:

1. Faktor manusia, yaitu tindakan pekerja yang tidak memenuhi ketentuan keselamatan, misalnya kecerobohan, kelelahan, dan sebagainya.
2. Kondisi lingkungan pekerjaan yang tidak aman misalnya pencahayaan yang kurang, lantai licin, dan sebagainya.

Penyebab terjadinya kecelakaan kerja dapat pula disebabkan faktor karakteristik pekerja, kurangnya kemampuan/ pelatihan, recruitment pekerja yang tidak memenuhi ketentuan, kelelahan akibat jam kerja berlebih, dan minimnya pengawasan terhadap pekerja (Notoatmodjo, 1996).

### 2.3.8 Faktor dan Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Jatuh

Ada beberapa hal yang menyebabkan terjadinya kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi. Berikut adalah faktor-faktor penyebabnya antara lain:

Tabel 2.2 Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Jatuh

No	Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan jatuh	Sumber
1	Tidak menggunakan alat perlindungan diri yang telah disediakan	Suraji et al (2001), Andi (2001), Atkison (1998), Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
2	Kesalahan dalam menggunakan peralatan kerja	Suraji et al (2001), Andi (2001), Atkison (1998), Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
3	Menggunakan peralatan-peralatan yang sudah rusak	Suraji et al (2001), Andi (2001), Atkison (1998), Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
4	Metode kerja pekerja yang salah	Suraji et al (2001), Andi (2001), Atkison (1998), Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
5	Tidak mengikuti prosedur keselamatan kerja atau tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja	Suraji et al (2001), Andi (2001), Atkison (1998), Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
6	Kondisi fisik dan mekanik peralatan yang buruk	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
7	Kondisi permukaan tempat berjalan dan bekerja	Suraji et al (2001), Andi (2001), Atkison (1998), Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
8	Penerangan yang kurang baik	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
9	Lokasi kerja yang tidak teratur	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
10	Tidak ada instruksi keselamatan kerja	Suraji et al (2001), Andi (2001), Atkison (1998), Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989), Suma'mur (1985)
11	tidak ada perencanaan keselamatan kerja	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
12	Kurangnya pengawasan terhadap pekerja	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
13	Tidak tersedianya perlengkapan dan peralatan keselamatan kerja	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
14	Kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
15	Tingkat pengetahuan dan kertampilan kerja	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
16	Keadaan fisik yang tidak sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan	Grimaldi and Simonds (1975), Anton (1989)
17	Keadaan psikologis pekerja	Suma'mur (1985)

(Sumber: Telah diolah kembali)

Faktor penyebab kecelakaan kerja jatuh sesuai dengan table 2.1 diatas adalah kumpulan faktor penyebab baik kategori Kondisi tidak aman (*Unsafe conditions*) Tindakan tidak aman (*Unsafe Act*), faktor manajemen, faktor peralatan, faktor fisik dan mental pekerja, dan faktor lingkungan.

Di bawah ini dijelaskan beberapa variabel bebas beserta sumber referensi yang dijadikan bahan penyusunan data skripsi ini. Variabel penelitian terdiri atas lima kelompok faktor yang menyebabkan kecelakaan jatuh, yaitu: faktor manusia, faktor peralatan, faktor organisasi, faktor manajemen, dan faktor lingkungan.

#### 1. Faktor Manusia

- a. Perilaku tidak aman ( Bercanda pada saat bekerja dan penggunaan alkohol)

Reason (1997) membagi penyebab kecelakaan kerja menjadi dua, yang pertama karena tindakan tidak aman yang dilakukan oleh pekerja dan yang kedua disebabkan oleh kondisi tidak aman pada lingkungan kerja. Reason (1997) menyatakan bahwa pendorong utama timbulnya tindakan tidak aman dan kondisi tidak aman adalah faktor organisasi, yang selanjutnya mempengaruhi faktor lingkungan kerja.

Perbuatan yang tidak aman adalah segala tindakan manusia yang dapat memungkinkan terjadinya kecelakaan pada dirinya sendiri maupun pada orang lain, sedangkan kondisi yang tidak aman adalah suatu kondisi lingkungan kerja yang dapat memungkinkan terjadinya kecelakaan (Anton, 1989)

Contoh perilaku yang tidak aman ini di dunia proyek konstruksi adalah tidak menggunakan alat perlindungan diri yang telah disediakan, kesalahan dalam menggunakan peralatan kerja, menggunakan peralatan-peralatan yang sudah rusak, metode kerja pekerja yang salah, tidak mengikuti prosedur keselamatan kerja atau tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja, bercanda pada saat bekerja dan juga penggunaan alkohol untuk doping agar daya tahan tubuh kuat pada saat bekerja dan juga tidak konsentrasi dalam bekerja (Anton, 1989)

b. Pengalaman kerja kurang

Pengalaman kerja merupakan faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja. Berdasarkan berbagai penelitian dengan meningkatnya pengalaman dan keterampilan akan disertai dengan penurunan angka kecelakaan akibat kerja. Kewaspadaan terhadap kecelakaan akibat kerja bertambah baik sejalan dengan pertambahan usia dan lamanya kerja di tempat kerja yang bersangkutan ( Suma'mur 1989).Tenaga kerja baru biasanya belum mengetahui secara mendalam seluk-beluk pekerjaannya.

Penelitian dengan studi restropektif di Hongkong dengan 383 kasus membuktikan bahwa kecelakaan akibat kerja karena mesin terutama terjadi pada buruh yang mempunyai pengalaman kerja di bawah 1 tahun (Ong, Sg, 1982).

c. Kurang kewaspadaan akan keselamatan kerja

Kurangnya kewaspadaan dalam bekerja dapat menyebabkan pekerja celaka. Salah satu faktor kurangnya kewaspadaan dalam bekerja karena adanya sikap terlalu percaya diri (*overconfidence*). Keyakinan percaya diri adalah hal yang baik, tetapi terlalu percaya diri akan seringkali lebih mendatangkan bahaya daripada hasil yang baik. **"Ini tidak akan pernah terjadi kepada saya "**. Sikap dapat menyebabkan prosedur yang tidak benar atau metode yang dapat menyebabkan cedera (Hirsch, 1998).**"Perhatikan saya"**. Biasanya mendengar dari pekerja yang ingin menampilkan kemampuan mereka untuk mendapatkan kekaguman dari rekan-rekan mereka. Kittleson (1995) menyatakan bahwa beberapa jenis pekerja "macho" ingin memamerkan kemampuan mereka untuk rekan mereka adalah tindakan tidak benar. Perilaku "pamer" ini dapat, dan sering mengakibatkan kecelakaan.

d. Tingkat pengetahuan dan ketrampilan pekerja yang kurang

Pendidikan seseorang berpengaruh dalam pola pikir seseorang dalam menghadapi pekerjaan yang dipercayakan kepadanya, selain itu pendidikan juga akan mempengaruhi tingkat penyerapan terhadap

pelatihan yang diberikan dalam rangka melaksanakan pekerjaan dan keselamatan kerja.

Hubungan tingkat pendidikan dengan lapangan yang tersedia bahwa pekerja dengan tingkat pendidikan rendah, seperti Sekolah Dasar atau bahkan tidak pernah bersekolah akan bekerja di lapangan yang mengandalkan fisik (Efrench, 1975). Hal ini dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja karena beban fisik yang berat dapat mengakibatkan kelelahan yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja.

Menurut Achmadi (1990) yang dimaksud dengan pendidikan adalah pendidikan formal yang diperoleh di sekolah dan ini sangat berpengaruh terhadap perilaku pekerja. Namun disamping pendidikan formal, pendidikan non formal seperti penyuluhan dan pelatihan juga dapat berpengaruh terhadap pekerja dalam pekerjaannya.

e. Kurangnya kepedulian terhadap masalah keselamatan kerja

Pekerja hendaknya memiliki kesadaran atas keadaan yang berbahaya sehingga resiko terjadinya kecelakaan kerja dapat diminimalisasi (Reason, 1997). Kesadaran terhadap bahaya yang mengancam dapat diwujudkan dengan menggunakan perlengkapan keselamatan kerja dengan baik dan benar, menaati peraturan dan prosedur yang berlaku, bekerja sesuai dengan tanggung jawabnya. Seringkali pekerja melakukan kesalahan dengan tidak menggunakan perlengkapan pelindung maupun menggunakan perlengkapan pelindung yang rusak, menyalahgunakan perlengkapan pelindung, mengambil jalan pintas dengan mengabaikan peraturan dan rambu-rambu yang ada (Anton, 1989).

f. Umur Pekerja

Menurut Khemmlert, K & Lundholm (2001) menyebutkan bahwa umur pekerja berpengaruh besar terhadap tingkat kecelakaan yang terjadi. Tingkat proporsi terjadinya kecelakaan antara pria dan wanita berusia 45 tahun atau lebih memiliki proporsi lebih tinggi dari antara para pekerja muda.

Umur mempunyai pengaruh yang penting terhadap kejadian kecelakaan akibat kerja. Golongan umur tua mempunyai kecenderungan yang lebih tinggi untuk mengalami kecelakaan akibat kerja dibandingkan dengan golongan umur muda karena umur muda mempunyai reaksi dan kegesitan yang lebih tinggi (Hunter, 1975). Namun umur muda pun sering pula mengalami kasus kecelakaan akibat kerja, hal ini mungkin karena kecerobohan dan sikap suka tergea-gesa (Tresnaningsih, 1991).

Dari hasil penelitian di Amerika Serikat diungkapkan bahwa pekerja muda usia lebih banyak mengalami kecelakaan dibandingkan dengan pekerja yang lebih tua. Pekerja muda usia biasanya kurang berpengalaman dalam pekerjaannya (ILO, 1989).

Banyak alasan mengapa tenaga kerja golongan umur muda mempunyai kecenderungan untuk menderita kecelakaan akibat kerja lebih tinggi dibandingkan dengan golongan umur yang lebih tua. Oborno (1982), menyebutkan beberapa faktor yang mempengaruhi tingginya kejadian kecelakaan akibat kerja pada golongan umur muda antara lain karena kurang perhatian, kurang disiplin, cenderung menuruti kata hati, ceroboh, dan tergea-gesa.

g. Status ekonomi pekerja

Menurut Centers of Disease Control and Prevention(2008) menyebutkan bahwa tenaga kerja *Hispanic* memiliki resiko kecelakaan yang tinggi dengan norma-norma budaya dan sosial atau status ekonomi terutama karena tingkat ekonomi mereka yang rendah. Pekerja *Hispanic* mungkin akan lebih bersedia untuk melakukan tugas dengan risiko yang lebih tinggi dan lebih ragu-ragu untuk menolak tugas-tugas karena takut kehilangan pekerjaan mereka.

h. Emosi kurang stabil

Menurut Dong, X. S., Fujimoto, A., Ringen, K. & Men, Y. (2009) ada beberapa variabel yang menyebabkan terjadinya kecelakaan yaitu: Bahaya jatuh lebih besar dalam perdagangan tertentu (misalnya, roofers) dengan besar proporsi pekerja yang memiliki emosi tidak stabil. Pekerja

imigran atau asing kelahiran menghadapi risiko lebih tinggi jatuh karena masalah bahasa, huruf, dan komunikasi. Bahaya jatuh lebih besar pada perusahaan kecil karena keterbatasan sumber daya manusia karena mereka kurang cenderung memiliki staff ahli keselamatan dan kesehatan. Pekerja dengan jangka waktu pekerjaan pendek memiliki risiko lebih tinggi dari jatuh karena kekurangan pengalaman dan pelatihan. Risiko jatuh adalah berbagai di antara kelompok usia: pekerja yang lebih tua memiliki risiko lebih tinggi jatuh karena kemampuan keseimbangan menurun. Risiko jatuh berbeda antar wilayah geografis.

i. Keletihan dan kelesuan

Faktor kelelahan dapat mengakibatkan kecelakaan kerja atau turunnya produktifitas kerja. Kelelahan adalah fenomena kompleks fisiologis maupun psikologis dimana ditandai dengan adanya gejala perasaan lelah dan perubahan fisiologis dalam tubuh. Kelelahan kan berakibat menurunnya kemampuan kerja dan kemampuan tubuh para pekerja (Benny dan Achmadi , 1991)

Kelelahan bisa disebabkan oleh sebab fisik ataupun tekanan mental. Salah satu penyebab fatigue adalah gangguan tidur (sleep distruption) yang antara lain dapat dipengaruhi oleh kekurangan waktu tidur dan gangguan pada circadian rhythms akibat jet lag atau shift kerja (Wicken, et al, 2004).

j. Tidak menggunakan APD, Menggunakan peralatan pelindung diri yang rusak, Tidak mengikuti prosedur keselamatan kerja

Menurut Reason (1997) tindakan tidak aman dapat disebabkan oleh kesalahan atau kelalaian manusia (*Human-erorr*) dalam melakukan pekerjaanya. Reason (1997) menguraikan kesalahan yang dilakukan oleh pekerja menjadi empat yaitu:

- *Skill-based error (Slips and Lapses)*, Kesalahan yang dilakukan berhubungan dengan keahlian yang dimiliki. Pekerja yang telah terbiasa dalam melakukan suatu pekerjaan suatu saat dapat melakukan kesalahan tanpa disadari (*slips*) karena tidak sesuai dengna

kebiasaannya, selain itu pekerja dapat melakukan kesalahan karena lupa (*Lapses*).

- *Rule-based error (Mistakes)*, meliputi kesalahan dalam memenuhi standar dan prosedur yang berlaku, menggunakan peraturan dan prosedur yang salah, menggunakan peraturan dan prosedur lama.
- *Knowledge-based error (Mistakes)*, disebabkan kurangnya pengetahuan sehingga menyebabkan kesalahan dalam mengambil keputusan dan asumsi - asumsi.
- *Violation* atau pelanggaran, merupakan kesalahan yang dilakukan dengan sengaja seperti melanggar peraturan keselamatan kerja dengan tidak menggunakan perlengkapan pelindung ataupun memakai peralatan kerja yang rusak.

k. Kondisi fisik yang tidak sesuai dengan pekerjaan

Kondisi fisik yang tidak sesuai dengan pekerjaan semisal karena faktor umur dan faktor kelelahan. Khemmlert, K & Lundholm (2001) menyebutkan bahwa umur pekerja berpengaruh besar terhadap tingkat kecelakaan yang terjadi. Tingkat proporsi terjadinya kecelakaan antara pria dan wanita berusia 45 tahun atau lebih memiliki proporsi lebih tinggi dari antara para pekerja muda. Untuk yang faktor kelelahan yang mengakibatkan kondisi fisik tidak sesuai karena beban kerja yang tinggi, yang merupakan volume pekerjaan yang dibebankan kepada tenaga kerja, baik fisik maupun mental dan tanggung jawab. Beban kerja yang melebihi kemampuan dan menjadikan kondisi fisik tidak sesuai lagi dengan pekerjaan yang diembannya akan mengakibatkan kelelahan kerja. (Depkes, 1991)

2. Faktor Peralatan

a. Tidak tersedianya APD

Berdasarkan model distribusi kecelakaan berdasarkan penyebab perilaku, salah satu yang menjadi variabel penyebab kecelakaan adalah peralatan keamanan tidak tersedia (*Safe equipment not*

*provided*)(Arboleda, C. A. & Abraham, D. M., 2004). Dikarenakan perusahaan tidak menyediakan APD, secara tidak langsung telah memberikan potensi kecelakaan terhadap pekerja konstruksi (pekerja secara tidak langsung melanggar peraturan keselamatan kerja dengan tidak memakai APD dikarenakan memang tidak tersedianya APD tersebut.

b. Peralatan APD rusak

Menurut OSHA, Alat Pelindung Diri (APD) didefinisikan sebagai alat yang digunakan untuk melindungi pekerja dari luka atau penyakit yang diakibatkan oleh adanya kontak dengan bahaya (hazards) di tempat kerja, baik yang bersifat kimia, biologis, radiasi, fisik, elektrik, mekanik dan lainnya.

Yuliani Setyaningsih, dkk(2010)menyebutkan Penggunaan APD merupakan alternatif terakhir apabila penanggulangan kecelakaan dengan sumber bahaya yang adaitidak dapat diatasi. Pencegahan kecelakaankerja dengan menggunakan APD masihmempunyai kelemahan, antara lain: kemampuan perlindungan tidak sempurna karena kesalahan dalam pemilihan APD, kemampuan perlindungan tidak sempurna karena cara penggunaan atau pemakaian yang salah, kemampuan perlindungan tidak sempurna karena APD rusak /tidak memenuhispesifikasi yang ditentukan, Kegagalan perlindungan karena APD diipakai pada saat rusak sehingga dapat menimbulkan kecelakaan pada pekerja yang memakainya (sumber: Media Kesehat. Masy. Indones., Vol. 9 No. 1, April 2010 Analisis Potensi Bahaya dan Upaya Pengendalian Risiko Bahaya Pada Pekerja Pemecah Batu Yuliani Setyaningsih\*), Ida Wahyuni\*), dan Siswi Jayanti\*)\*) Staf Pengajar Bagian K3 Fakultas Kesehatan Masyarakat UNDIP).

c. Kondisi fisik dan mekanik tidak sesuai standar

Dong, X. S., Fujimoto, A., Ringen, K. & Men, Y. (2009) mengatakan bahwa kecelakaan kerja terjadi karena kondisi fisik yang telah menurun yang sudah tidak sesuai standar. Hal ini memiliki kaitannya dengan usia, ataupun karena kelelahan pada pekerja.

- d. Tidak tersedianya standar prosedur penggunaan peralatan dan ijin operasi
- Pembangunan konstruksi terutama gedung bertingkat sebagai kegiatan beresiko tinggi dengan banyak tahapan dan penggunaan peralatan besar dan berat sangat berisiko terhadap kecelakaan kerja. Kesalahan yang ditimbulkan akibat kelalaian dan ketidaksesuaian tindakan operator dengan ketentuan yang berlaku dapat menimbulkan kecelakaan. Salah satu contohnya melakukan manuver-manuver yang berbahaya pada saat pengoperasian alat berat (Hinze, 1997).
- e. Pengaruh getaran dan suara dari peralatan
- Kebisingan ditempat kerja dapat berpengaruh terhadap pekerja karena kebisingan dapat menimbulkan gangguan perasaan, gangguan komunikasi sehingga menyebabkan salah pengertian, tidak mendengar isyarat yang diberikan, hal ini dapat berakibat terjadinya kecelakaan akibat kerja disamping itu kebisingan juga dapat menyebabkan hilangnya pendengaran sementara atau menetap. Nilai ambang batas kebisingan adalah 85 dBa untuk 8 jam kerja sehari atau 40 jam kerja dalam seminggu (Suma'mur, 1990).
- f. Tidak ada usaha memperbaiki keadaan bahaya yang sudah ada
- Pengawasan bertujuan untuk mengetahui bahaya – bahaya yang mungkin terjadi selama proses konstruksi pada seluruh lokasi kerja. Pengawasan yang baik adalah yang dapat mengidentifikasi (Anton, 1989):
- masalah keselamatan kerja, seperti desain yang tidak aman, penataan lokasi kerja yang tidak baik.
  - ketidaksempurnaan peralatan, seperti peralatan kerja yang tidak layak pakai atau adanya kerusakan pada peralatan.
  - kegiatan yang tidak aman, seperti cara kerja yang salah, penggunaan peralatan kerja secara tidak aman, kesalahan dalam penggunaan perlengkapan perlindungan diri.

Pengawasan harus dilakukan sesering mungkin sehingga apabila ada kondisi yang berbahaya atau kegiatan yang tidak aman dapat diketahui dengan segera dan dapat dilakukan usaha untuk memperbaikinya

### 3. Faktor Organisasi

#### a. Kurangnya budaya keselamatan kerja, Tidak adanya petugas keselamatan kerja

Berdasarkan model distribusi kecelakaan berdasarkan penyebab perilaku, beberapa yang menjadi variabel penyebab kecelakaan adalah kurangnya pengawasan pelaksanaan keselamatan kerja (*Deficient Enforcement of safety*), dan rendahnya budaya keselamatan kerja pada diri pekerja tersebut (*Poor attitude toward safety*) (Arboleda, C. A. & Abraham, D. M., 2004).

Menurut Choudhry, R. M. & Fang, D. P. (2008), berdasarkan wawancara terhadap salah satu pekerja korban kecelakaan konstruksi bahwa pekerja telah bekerja tanpa adanya pengawasan dari petugas keselamatan kerja. Rendahnya kesadaran terhadap keselamatan kerja merupakan salah satu bentuk perilaku terhadap keselamatan kerja yang kurang baik. Hal ini dapat terjadi pada tingkatan manajerial organisasi yang tidak berkomitmen dan tidak memprioritaskan keselamatan kerja, maupun pada tingkatan pekerja sendiri, terutama pekerja lini depan yang tidak menyadari bahaya keselamatan kerja, salah satu contohnya adalah mengabaikan peraturan yang telah ditetapkan organisasi seperti penggunaan alat pengaman pada saat melakukan pekerjaan di proyek. Perilaku pekerja yang kurang baik terhadap keselamatan kerja dapat semakin meningkatkan resiko terjadinya kecelakaan kerja. Perilaku yang kurang baik tersebut seringkali terlihat melalui tindakan tidak aman yang dilakukan pekerja.

#### b. Tidak adanya penalty atas pelanggaran

Menurut HASHEM M. AL-TABTABAI (2002) bahwa kurangnya pengawasan dan pengendalian kepatuhan pekerja untuk memakai item

keselamatan dianggap penyebab atas kecelakaan dalam kelompok ini. Hal ini menempati peringkat kedua dari 30 faktor yang diajukan dalam penelitian ini.. Para pekerja menunjukkan bahwa kontraktor lemah pada masalah keamanan dan menegakkan persyaratan di lokasi konstruksi. Ini berarti jika ada pekerja yang melanggar peraturan di lokasi sangat minim memperoleh pinalti atas pelanggaran yang dilakukan oleh pekerja tersebut.

c. Kurangnya komitmen pimpinan

Berdasarkan model distribusi kecelakaan berdasarkan penyebab perilaku, beberapa yang menjadi variabel penyebab kecelakaan adalah kurangnya komitmen pimpinan dalam pelaksanaan keselamatan kerja (*Deficient Enforcement of safety*), dan rendahnya budaya keselamatan kerja pada diri pekerja tersebut (*Poor attitude toward safety*) (Arboleda, C. A. & Abraham, D. M., 2004).

Menurut Choudhry, R. M. & Fang, D. P. (2008), berdasarkan wawancara terhadap salah satu pekerja korban kecelakaan konstruksi bahwa pekerja telah mbekerja tanpa adanya pengawasan dari petugas keselamatan kerja.

Anton (1989) menyebutkan bahwa pihak pimpinan harus bertanggung jawab terhadap keselamatan kerja para pekerjanya dan harus menetapkan suatu kebijakan keselamatan kerja, menumbuhkan kesadaran terhadap pentingnya keselamatan kerja serta menunjukkan perhatian terhadap keselamatan kerja. Pengawas pekerjaan memegang peranan penting terhadap keselamatan kerja karena berhubungan langsung dengan para pekerja di lapangan.

Menurut Reason (1997), pada proyek konstruksi program keselamatan kerja hendaklah dimulai dari awal, dalam hal ini dimulai dari perusahaan konstruksi tersebutoleh komitmen pimpinan organisasi atau top manajemen. Top manajemen yang memiliki komitmen baik terhadap program keselamatan kerja akan mewujudkannya pada proyek konstruksi.

#### 4. Faktor Manajemen

##### g. Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja

Penelitian Zeng dkk. (2004) membahas faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan dalam industri konstruksi di Cina. Penelitian mereka terdiri dari metode survei kuesioner terstruktur dan wawancara. Kuesioner dikirim ke tempat yang aman wakil dari perusahaan konstruksi Cina, sedangkan wawancara dilakukan dengan pemerintah China, pejabat yang bertanggung jawab atas keselamatan. Hasil dari penelitian ini berupa faktor utama yang mempengaruhi kinerja keselamatan di Cina diidentifikasi sebagai keselamatan yang buruk kesadaran manajemen puncak, yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja, serta buruknya manajemen resiko, dan juga operasi sembrono. (referensi Construction Safety and Health Factors at the Industry Level: The Case of Singapore by Charles Y.J. Cheah:2007).

##### h. Metode kerja yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan

Kecelakaan kadang-kadang berhubungan dengan tugas yang dilakukan pada suatu titik waktu dalam urutan konstruksi yang tidak aman. Sementara proyek konstruksi adalah proses inheren berbahaya. Penyimpangan dari urutan tugas aman dapat membuat tugas inheren lebih berbahaya karena cara dan metode tidak cocok baik dengan kondisi proyek yang sebenarnya pada saat itu. Untuk mengendalikan penyebabnya, suatu manajemen (kontraktor) harus terlebih dahulu mengetahui metode yang aman dan urutan untuk suatu tugas. Kedua, manajemen (kontraktor) harus dapat menentukan apakah urutan yang sebenarnya pada proyek tertentu aman ataukah belum. Akhirnya, manajemen (kontraktor) harus mampu mengendalikan metode yang digunakan untuk melakukan tugas jika urutan yang dilakukan tidak aman.

Metode kerja yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan salah satunya adalah berupa pelaksanaan metode kerja yang urutannya tidak aman. Urutan normal tugas konstruksi yang telah direncanakan tidak terjadi atau tidak dilakukan oleh kontraktor atau pun oleh pekerja, sehingga tugas yang umumnya biasa melekat pada proyek konstruksi lebih

berbahaya daripada biasanya dikerjakan dengan metode aman sesuai perencanaannya (T. Michael Toole, P.E., M.ASCE, 2002).

i. Tidak adanya perencanaan biaya keselamatan kerja

Tidak adanya perencanaan biaya keselamatan kerja dapat menimbulkan kecelakaan kerja terhadap pekerja. Kontraktor harus mempertimbangkan keselamatan kerja pada tahap penawaran dan semua tahap dari proyek konstruksi yang diikuti (Fink, 1997).

j. Kurangnya pengawasan terhadap pekerja

Penelitian juga mengungkapkan bahwa penyebab kecelakaan dalam industri konstruksi salah satunya disebabkan oleh tidak memadai pengawasan; penggunaan personel yang tidak kompeten. Pengawasan yang tidak memadai telah diidentifikasi sebagai faktor utama yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan di lokasi konstruksi, dan sebagian besar hasil dari penggunaan pekerja yang tidak kompeten serta kurangnya komitmen pekerja. Pengawasan yang tidak memadai dan penggunaan personel yang tidak kompeten bersama-sama berkontribusi 32% dari kecelakaan dalam industri konstruksi di Uganda. Para penulis berpendapat bahwa kesalahan atas kelemahan dalam pengawasan dalam penelitian ini telah dinyatakan sebagai penyebab utama dari kecelakaan tidak dapat dibagi kepada kontraktor sendiri karena, secara umum, semua pemegang saham belum memuaskan memainkan peran mereka (H Lubega, b m kiggundu and d tindiwensi, 2000)

k. Tidak ada usaha memperbaiki keadaan bahaya yang sudah ada (Peralatan Rusak)

Pengawasan bertujuan untuk mengetahui bahaya – bahaya yang mungkin terjadi selama proses konstruksi pada seluruh lokasi kerja. Pengawasan yang baik adalah yang dapat mengidentifikasi (Anton, 1989):

- masalah keselamatan kerja, seperti desain yang tidak aman, penataan lokasi kerja yang tidak baik.

- ketidaksempurnaan peralatan, seperti peralatan kerja yang tidak layakpakai atau adanya kerusakan pada peralatan.
- kegiatan yang tidak aman, seperti cara kerja yang salah, penggunaan peralatan kerja secara tidak aman, kesalahan dalam penggunaan perlengkapan perlindungan diri.

Pengawasan harus dilakukan sesering mungkin sehingga apabila ada kondisi yang berbahaya atau kegiatan yang tidak aman dapat diketahui dengan segera dan dapat dilakukan usaha untuk memperbaikinya.

#### 1. Kurangnya program training keselamatan kerja

Program latihan bertujuan untuk mengajarkan kepada pengawas mengenai cara melatih pekerjaannya untuk bekerja secara benar dan cara melakukan pengawasan terhadap pekerjaannya, serta untuk mengajarkan kepada pekerja mengenai cara bekerja yang benar dalam melakukan tugas (Clough and Sears, 1994).

Seorang pekerja yang belum terlatih-baik melalui kelas atau *on-the-job-instruksi* mungkin tidak dapat mengenali dan menghindari semua bahaya potensial yang terkait dengan tugas dia. Karena itu tanpa adanya program training kerja maka besar kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja. Untuk memastikan bahwa seorang pekerja terlatih, beberapa faktor diperlukan. Pertama, individu bertanggung jawab untuk pekerja pelatihan harus memiliki keahlian dalam tugas yang dilakukan. Jika dia atau dia tidak sepenuhnya memahami hasil akhir yang diinginkan dari tugas dan bahan, peralatan, dan proses yang digunakan untuk mencapai akhir hasil, bagaimana ia cukup menilai apakah seorang pekerja dilatih dengan benar? Kedua, entitas harus memiliki keahlian dalam kebutuhan pelatihan yang diperlukan untuk tugas tertentu yang terbentuk, yang membutuhkan pengetahuan kerja yang relevan dari teks OSHA yang berlaku untuk tugas itu misalnya, banyak kompeten perjalanan tingkat pekerja tidak menyadari bahwa 29 CFR 1926Sub X mengidentifikasi kebutuhan pelatihan khusus pada tepat penggunaan tangga. Ketiga, individu yang bertanggung jawab harus memiliki akses ke catatan pelatihan karyawan jika mereka ada untuk

mengidentifikasi apa pelatihan formal karyawan tersebut telah dimiliki di masa lalu. Keempat, entitas harus mampu wawancara, tes, atau mengamati karyawan dalam kinerja tugas atau tugas yang sama untuk mengkonfirmasi karyawan saat ini keadaan aman kompetensi dalam melakukan tugas (T. Michael Toole, P.E., M.ASCE, 2002)

m. Tidak tersedianya peralatan keselamatan kerja

Dari beberapa kecelakaan kerja pada proyek konstruksi, hasilnya, sebagian disebabkan karena peralatan keselamatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan dengan aman tidak tersedia dilokasi pekerjaan (T. Michael Toole, P.E., M.ASCE, 2002). Untuk mengendalikan akar penyebab, suatu entitas harus pertama tahu apa peralatan keselamatan yang diperlukan untuk tugas. Kedua, entitas harus mampu untuk menyediakan peralatan yang diperlukan dan untuk menegakkan penggunaannya. Ketiga, entitas harus tahu pemeriksaan dan pemeliharaan sejarah peralatan untuk memastikan itu dalam suara operasi ketertiban

n. Tidak adanya peralatan dan kontrak keselamatan kerja

Setiap kontraktor wajib menyediakan peralatan keselamatan kerja yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan untuk melindungi pekerja dari bahaya terjadinya kecelakaan. Peralatan keselamatan kerja tersebut dapat berupa perlengkapan perlindungan diri maupun peralatan pengaman. Perlengkapan perlindungan diri terdiri dari helm, pelindung mata dan wajah, sabuk pengaman, penutup telinga, pelindung pernafasan, sarung tangan, sepatu, pakaian kerja. Sedangkan peralatan pengaman terdiri dari jaring pengaman, tanda-tanda peringatan untuk daerah berbahaya, dan alat pemadam kebakaran. Keselamatan Kerja harus dijamin dari awal ketika kontrak dibuat karena jika tidak seperti itu, akan berakibat fatal pada saat pelaksanaan proyek. Saat terjadi kecelakaan saat pelaksanaan, owner atau orang proyek akan dengan mudah mengelak karena tidak ada dalam

perjanjian (O'Brien, James J., 1974).

## 5. Faktor Lingkungan

### a. Kondisi cuaca yang ekstrim

Faktor teratas di antara 30 faktor yang diberikan kepada pekerja adalah cuaca yang ekstrim dan lingkungan kondisi proyek konstruksi berada. Menurut penelitian ini, banyak responden yang memberikan nilai terhadap peringkat cuaca ekstrim sebagai penyebab yang sangat penting dari kecelakaan. Hasil ini konsisten dengan hasil statistik yang tercantum pada Tabel 6 dalam penelitian yang menunjukkan bahwa terjadinya cedera adalah tertinggi selama musim panas, di mana 52,6% dari kecelakaan konstruksi terjadi (hashem m. al-tabtabai, 2002)

Menurut Newstrom (1996:469-478), bekerja pada suhu yang panas atau dingin dapat menimbulkan penurunan kinerja. Secara umum, kondisi yang panas dan lembab cenderung meningkatkan penggunaan tenaga fisik yang lebih berat, sehingga pekerja akan merasa sangat letih dan kinerjanya akan menurun. (<http://jurnal-sdm.blogspot.com/2009/09/kondisi-kerja-definisi-dan-jenis.html>)

### b. Kelembaban udara yang tinggi

Iklim kerja adalah hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya (Kepmenaker, No: Kep-51/MEN/1999). Suhu yang terlalu rendah dapat menimbulkan keluhan kaku dan kurangnya koordinasi sistem tubuh, sedangkan suhu terlalu tinggi akan menyebabkan kelelahan dengan akibat menurunnya efisiensi kerja, denyut jantung dan tekanan darah meningkat, aktivitas organ-organ pencernaan menurun, suhu tubuh meningkat, dan produksi keringat meningkat. (Rasjid, 1989). Akhirnya meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja.

c. Pengaruh kecepatan angin

Konstruksi yang dilakukan pada tempat tinggi dengan kecepatan angin kencang, akan mempengaruhi penggunaan keran (crane) jika tidak hati-hati yang dapat membahayakan pekerja dan perlu pengontrolan debu, tambahan perancang sementara untuk menahan dari hembasan angin (Wahyu Wuryanti (PU), 2005)

Pada umumnya, kecelakaan kerja dan penyakit kerja disebabkan sebagian besar perusahaan belum mempunyai Tim Panitia Pembinaan K3 (P2K3) dan alat pelindung diri yang tidak memenuhi syarat. Contoh konkret, kecelakaan jatuhnya gondola. Setelah dilakukan pemeriksaan banyak tidak memenuhi syarat K3, operator gondola tidak mengerti bagaimana cara bekerja yang aman. Tidak ada prosedur kerja di ketinggian karena ada waktu tertentu yang diperbolehkan untuk mengoperasikan gondola. Pasalnya, pengaruh angin sangat dominan pada jam-jam tertentu yang bias mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja terhadap pekerja konstruksi.

d. Kondisi permukaan tempat berjalan yang tidak aman, Lokasi kerja yang tidak teratur

Tempat kerja adalah tempat dilakukannya pekerjaan bagi suatu usaha, dimana terdapat tenaga kerja yang bekerja, dan kemungkinan adanya bahaya kerja di tempat itu (Silalahi, 1991). Disain dari lokasi kerja yang tidak ergonomis dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Tempat kerja yang baik apabila lingkungan kerja aman dan sehat.

Penataan tempat kerja; Penataan tempat kerja di lokasi proyek sangat berpengaruh terhadap kondisi keselamatan dan kenyamanan kerja, karena hal ini sehubungan dengan operasi peralatan konstruksi, alat penunjang, pergerakan pekerja dan material, serta bahan sisa hasil kegiatan di proyek (*waste material*). Pengelolaan dan penyediaan sarana bangunan dan perlengkapannya merupakan unsur yang sering mengakibatkan kecelakaan kerja pada konstruksi bangunan gedung (Suraji, Akhmad, 1995).

e. Tidak ada penerangan

Pencahayaan merupakan suatu aspek lingkungan fisik yang penting bagi keselamatan kerja. Beberapa penelitian membuktikan bahwa pencahayaan yang tepat dan sesuai dengan pekerjaan akan dapat menghasilkan produksi yang maksimal dan dapat mengurangi terjadinya kecelakaan akibat kerja (ILO, 1989).

f. Kurangnya tanda bahaya

Kecelakaan kerja dapat terjadi karena Rambu-rambu/tanda peringatan bahaya yang tidak memadai (PER.05/MEN/1996). Pemasangan tanda bahaya dan poster K3 (kesehatan dan keselamatan kerja) merupakan upaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan, baik di tempat kerja, rumah atau ruang publik seperti stasiun kereta api, rumah sakit atau sekolah. Tentu setiap tempat memiliki potensi bahaya yang berbeda-beda. Ada yang berpotensi bahaya karena keberadaan bahan kimia, temperatur tinggi, bertekanan, kondisi jalan yang licin, tegangan listrik yang tinggi dan lain-lain. Setiap kondisi tersebut tentu memerlukan tanda bahaya atau poster K3 yang spesifik atau khusus. Kurangnya rambu-rambu tanda bahaya pada tepi-tepi galian dalam yang mudah longsor (OSHA Excavation Standard Handbook, 1997.)

g. Kurangnya ventilasi

Menurut Prof. Soetarman, bahwa “beban panas yang berlebihan dapat menurunkan prestasi kerja”. Ventilasi yang menyeluruh perlu untuk kesehatan dan rasa keserasian para pekerja, oleh karenanya merupakan faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja. Pemasangan ventilasi yang baik akan menghasilkan jumlah dan kualitas udara yang segar ke seluruh ruangan yang dapat berfungsi mengurangi dan membebaskan udara dari bau maupun udara yang beracun sehingga meminimalisir kecelakaan kerja.

#### h. Ruang gerak terbatas

Beberapa variabel kecelakaan kerja adalah Kurangnya pelatihan yang tepat, Kekurangan penegakan keselamatan, Peralatan APD tidak disediakan, Metode yang tidak aman atau tidak berurutan, Kondisi tempat kerja yang tidak aman, Tidak menggunakan peralatan keselamatan yang disediakan, Rendahnya sikap budaya terhadap keselamatan kerja, dan Terisolasi (Arboleda, C. A. & Abraham, D. M., 2004).

Disini tidak menggunakan APD menduduki peringkat terbesar atau bisa dibilang faktor dominan yang menyebabkan kecelakaan kerja. Untuk itu kita perlu mengetahui alat – alat yang termasuk dari alat perlindungan diri diantaranya :

Tabel 2.3 Macam – macam APD

No.	Jenis Pengaman Kerja	Standar Pengamanan	Yang wajib menggunakan
1.	Pelindung Diri (Umum)	- Helmet - Sepatu - Pakaian Sopan	- semua orang yang berada di area proyek
2.	Sepatu safety	- Memakai Sepatu - Mempunyai safety toe yang tahan benturan	- Operator alat berat/ mekanik - Staff, Engineer, Koordinator Lapangan
3.	Sarung Tangan	-Dari bahan tahan panas, tidak mudah sobek - dari bahan yang tidak menghantarkan listrik	- Tukang Besi, ducting, baja & Las - Teknisi Listrik

4.	Masker Las	- Dapat melindungi mata&wajah dari percikan api	- Tukang las/welder
5.	Tutup Telinga/ Ear Plug	Dapat mengurangi kadar bising > 85 dB	Operator genset
6.	Kaca mata	Tahan terhadap percikan puing & debu	Tukang bobok, tukang gerinda & pekerjaan Pengikisan
7.	Masker	Dapat menahan bahaya partikel-partikel debu/ asap	Tenaga kebersihan, tukang gerinda
8	a. Safety Belt b. Full Body Harnest	Mampu menahan beban (maks. 100 kg)	Pekerja yang berpotensi jatuh bebas dari 2 m s/d < 3m

(Sumber : telah diolah kembali)

## 2.4 *Degree of Causality* Faktor – faktor dan variabel Penyebab Kecelakaan Jatuh

### 2.4.1 Casuallity ( Keterkaitan)

Penyebab (*Causality*) adalah suatu peristiwa yang mempunyai hubungan antara kejadian yang berbeda dalam waktu yang sama, dimana salah satu peristiwa tersebut, misal A, memiliki kontribusi untuk menghasilkan atau menjadi bagian dari peristiwa B. Secara sederhana dapat dikatakan peristiwa A merupakan penyebab dari peristiwa B, jika terjadinya A meningkatkan kemungkinan bahwa B akan terjadi (Honore, 1995).

Ada cara untuk mengatakan bahwa A itu menghasilkan atau berkontribusi pada peristiwa B. Contohnya dengan mengatakan bahwa A diperlukan untuk terjadinya B, jika B terjadi maka A harus mendahuluinya. Cara

lainnya dengan mengatakan kondisi sebab akibat antara A dan B, bahwa A cukup untuk terjadinya B, artinya jika A terjadi maka B harus mengikuti.

#### 2.4.2 Contoh Penjelasan Causality Uji Ness

Dalam perkembangannya, untuk mengetahui suatu peristiwa adalah penyebab peristiwa lainnya, maka harus dilakukan identifikasi peristiwa satu sebagai faktor relevan penyebab dari peristiwa lainnya. Dalam penelitian yang terdahulu telah dilakukan identifikasinya menggunakan uji Tes NESS (*Necessary Element of a Sufficient Set*) oleh Wright. Dalam makalahnya (Wright, 1985), Wright mengusulkan mengenai tes komprehensif untuk penyebab yang sebenarnya yang disebut tes NESS: *"kondisi tertentu adalah penyebab (kondisi yang berkontribusi terhadap) konsekuensi tertentu, jika dan hanya jika hal itu merupakan elemen penting dari satu himpunan yang cukup untuk terjadinya konsekuensi"* (Wright, 1985). dengan Tes Ness (Wright 1988, hal 1020). Tes Ness ini ada 2 versi, yaitu:

1. Uji Ness Lemah, Ada satu set peristiwa yang cukup untuk e seperti bahwa: (i) c adalah anggota dari himpunan tersebut, (ii) semua elemen dari himpunan memperoleh, (iii) c diperlukan untuk kecukupan set.
2. Uji Ness Kuat, Ada satu set peristiwa yang cukup untuk e seperti bahwa: (i) c adalah anggota dari himpunan tersebut, (ii) semua elemen dari himpunan memperoleh; (iii) semua elemen dari himpunan ini diperlukan untuk kecukupannya.

Sebagai contoh untuk membedakan antara uji NESS kuat dan lemah diberikan satu contoh.

=>Uji NESS lemah

Ada suatu kondisi dimana angin, kebocoran gas, oksigen, dan percikan listrik yang mampu menyebabkan kebakaran rumah. Misalkan percikan listrik adalah kondisi untuk uji NESS lemah (percikan listrik dimisalkan c). Maka antara angin, kebocoran gas, oksigen tidak akan menyebabkan terjadinya kebakaran rumah kecuali percikan listrik ikut berkontribusi.

=>Uji NESS kuat

Seperti pada contoh pertama, tapi semua elemen diperlukan untuk terjadinya suatu akibat. Misalkan kebakaran rumah diperlukan percikan api, juga dibutuhkan kebocoran gas, juga dibutuhkan oksigen dan angin untuk hasilnya.

Fungsi kausalitas harus didefinisikan pada tindakan yang diambil sebagai peristiwa dari suatu kondisi yang cukup yang akan menghasilkan suatu ukuran yang menyatakan tingkat kontribusi kausal. Untuk melakukannya, disajikan beberapa permainan teori untuk menetapkan ukuran dan memberikan penafsiran dari permainan teori dalam bentuk dari Uji NESS lemah dan kuat. Misalkan  $X$  adalah himpunan hasil dengan setidaknya dua anggota (yaitu  $\# X \geq 2$ , dimana  $\#$  menunjukkan kardinalitas satu set) dan  $N = \{1, \dots, n\}$  seperangkat individu.  $G = (S_1, \dots, S_n, F)$  adalah bentuk permainan (pada  $X$  dan  $N$ ):  $S_i$  masing-masing set adalah seperangkat strategi untuk masing-masing individu  $i$ , dan  $f$  adalah fungsi dari himpunan semua kombinasi strategi ke  $X$ . Karena fungsi ini ke  $X$ , setiap elemen  $X$  adalah hasil dalam setidaknya satu permainan.

Untuk semua  $T \subseteq N$ , kita sebut elemen  $S_T$  dari  $\prod_{i \in T} S_i$  sebagai T-acara: menggambarkan acara anggota  $T$  lakukan tindakan dijelaskan oleh  $S_T$  (jika  $T = \emptyset$  kita sebut  $S_T$  bukan peristiwa). Mengingat acara  $S_T$ ,  $S_i$  menunjukkan strategi  $i \in T$ , untuk acara  $S_T$ ,  $S'_i$  adalah elemen yang dimainkan oleh  $i \in T$  di  $S'_T$ . Selain itu, kita menulis  $(S_{N-T})$  untuk menyatakan permainan dari  $G$  yang terdiri dari kombinasi dari peristiwa  $S_T$  dan  $S_{N-T}$ . Kami membiarkan  $(S_T)$  menyatakan set hasil yang dapat hasil dari acara  $S_T$ :  $(S_T) = \{F(S_T, S_{N-T}) \mid S_{N-T} \in \prod_{i \in N-T} S_i\}$ .

Definisi 4.1 sebuah T-acara  $S_T$  adalah suatu kondisi yang cukup untuk  $A \subseteq X$  jika dan hanya jika  $(S_T) \subseteq A$ .

Jika  $A$  adalah himpunan tunggal, misalnya  $A = \{x\}$ , kami menghilangkan tanda kurung keriting dan hanya mengatakan bahwa peristiwa tersebut merupakan kondisi yang cukup untuk  $x$ . Demikian pula, kita sering harus menulis sedemikian

kasus  $(S_T) = X$  daripada  $(S_T) = \{X\}$  atau  $f(S_T) = X$  untuk kasus di mana  $T = N$ . Untuk setiap  $S_U$  dan  $S_T$ , penamaan  $S_U$  sebuah sub-event  $S_T$  jika  $U \subseteq T$  dan jika setiap anggota  $U$  mengadopsi strategi yang sama dalam  $S_U$  seperti dalam  $S_T$ . Menyalahgunakan notasi, kita akan menulis  $S_U \subseteq S_T$  untuk menunjukkan bahwa  $S_U$  adalah sub-event dari  $S_T$ . Demikian pula, kita mengatakan bahwa  $S_U$  adalah

sub-event tepat, dan menulis  $S_U \subseteq S_T$ , Jika  $U$  adalah himpunan bagian yang tepat dari  $T$ . kritis dan minimal cukup kondisi sekarang dapat dirumuskan sebagai:

Definisi 4.2 Suatu kejadian  $S_T$  adalah suatu kondisi kritis yang cukup untuk  $A$  jika dan hanya jika (i)  $S_T$  adalah suatu kondisi yang cukup untuk  $A$  dan (ii) terdapat paling sedikit satu  $i \in N$  sedemikian sehingga yang tepat subevent  $S_{T-\{i\}}$  tidak cukup untuk  $A$  (i disebut A-kritis untuk  $S_T$ ).

Definisi 4.3 Suatu kejadian  $S_T$  adalah kondisi minimal yang cukup untuk  $A$  jika dan hanya jika (i)  $S_T$  adalah suatu kondisi yang cukup untuk  $A$  dan (ii) untuk semua  $i \in N$  subevent tepat  $S_{T-\{i\}}$  tidak cukup untuk  $A$ . Kita sekarang dapat menentukan permainan-teori versi dari Ness lemah dan kuat kondisi sebagai berikut:

Definisi 4,4 (tes NESS Lemah) Diberi bermain  $S_N$ , Strategi individu  $S_i$  adalah kondisi NESS lemah untuk  $A$  jika dan hanya jika, ada sebuah peristiwa  $S_T \subseteq S_N$  sehingga (i)  $S_T$  adalah suatu kondisi kritis yang cukup untuk  $A$ , (ii) saya adalah A-kritis untuk  $S_T$ .

Definisi 4,5 (tes NESS Strong) Mengingat bermain  $S_N$ , Strategi individu  $S_i$  adalah suatu kondisi NESS kuat untuk  $A$  jika dan hanya jika, ada sebuah peristiwa  $S_T \subseteq S_N$  demikian bahwa (i)  $S_T$  adalah kondisi minimal yang cukup untuk  $A$ , (ii) saya adalah anggota dari  $T$ .

Dalam menjelaskan hubungan kontribusi penyebab khusus dan keseluruhan, digunakan contoh. Misalnya asumsikan bahwa  $\{D,e\}$  adalah kondisi yang cukup untuk menghasilkan peristiwa  $F$ . Kedua tindakan  $D$  dan  $e$  merupakan penyebab untuk  $F$  karena akibat peristiwa  $D$  dan  $e$  yang terjadi, namun tidak satu pun dari dua tindakan  $D$  dan  $e$  tersebut dapat dianggap sebagai 'lebih' atau 'kurang' sebagai penyebab dari yang lainnya, karena terlepas seberapa besar atau kecilnya, adalah bisa memberikan kontribusi pada produksi atau hasil  $F$  pada kesempatan tertentu hanya jika  $\{D,e\}$  terwujud. Untuk melihat hal ini, misalnya sebuah komite yang menggunakan aturan voting tertimbang, dimana setiap anggota memiliki nomor yang berbeda dari suara dan proposal yang diajukan akan disetujui apabila kuota tertentu suara telah terpenuhi. Misalkan kita memiliki lima pemilih dengan bobot suara 45, 10, 15, 15, 15 dan kuotanya 52. Misalkan dua pemilih pertama memilih mendukung proposal dan sisanya memilih untuk

menolaknyanya. Terlepas dari kenyataan bahwa dalam hal bobot suara pemilih pertama dikatakan besar dibanding pemilih kedua, itu tidak bisa dijadikan dasar kemungkinan bahwa dia adalah lebih dari yang menyebabkan proposal itu disetujui daripada pemilih kedua. Kesimpulannya menunjukkan bahwa pemilih telah membuat kontribusi penyebab, terlepas seberapa besar 'ukuran' mereka (Matthew Braham and Martin van Hees, 2009).

Misalkan peristiwa  $F$  dan  $\{a, b, c\}$  telah terjadi. Asumsikan bahwa kondisi yang cukup untuk  $F$  adalah  $\{a, b, c\}$ ,  $\{a, b\}$   $\{a, c\}$ . Jika dilihat, tampak benar untuk mengatakan  $a$  lebih lebih besar kontribusinya ke  $F$  daripada yang lain. Tetapi kita tidak mengatakan  $a$  adalah penyebab lebih dari  $F$ , melainkan  $a$  telah membuat kontribusi penyebab yang lebih besar dari  $b$  dan  $c$  untuk menghasilkan  $F$  (Matthew Braham and Martin van Hees, 2009)..

Dari contoh diatas dapat diambil kesimpulan bahwa kontribusi pengaruh penyebab keseluruhan merupakan kumpulan dari kontribusi pengaruh penyebab spesifik. Untuk mengetahui hubungan antara Causality, perhatikan contoh berikut ini (Matthew Braham and Martin van Hees, 2009):

Contoh 1. Perusahaan 1, 2 dan 3 membuang racun yang berbeda dibuang di sungai. Setiap strategi perusahaan 'terdiri dari tindakan tunggal: membuang kuantitas racun dinotasikan dengan  $T_1$ ,  $T_2$ , dan  $T_3$ . Salah satu dari tiga tindakan merupakan bukti yang cukup untuk membunuh semua ikan di sungai. Menerapkan indeks sebab akibat, setiap perusahaan dialokasikan kontribusi penyebab  $1/3$  untuk hasil ikan yang mati. Alokasi ini bisa diharapkan: di mana setiap perusahaan telah memberikan kontribusi 'sama' untuk hasil yang dihasilkan.

Contoh 2. Perusahaan 1 membuang racun  $T_1$  dan  $T_3$  ke sungai sementara perusahaan 2 membuang racun  $T_2$ . Kondisi minimal untuk kematian ikan sekarang adalah (i)  $T_1$  dan (ii)  $T_2$  dan  $T_3$  bersama-sama. Asumsikan semua racun dibuang. Karena ada dua kondisi yang cukup minim dalam bentuk permainan yang sesuai dalam (peristiwa ( $T_1$ ) dan ( $T_2, T_3$ )), saham penyebab kematian ikan pada tes Ness kuat adalah:

$$s_1 = 1/3 + 1/3 = 2/3, \quad s_2 = 1/3$$

Mengambil hasil tes Ness lemah pada alokasi yang berbeda karena ada tiga kondisi yang cukup kritis (minimal satu plus ( $T_1, T_2$ ) dan ( $T_1, T_3$ )) di mana  $T_1$

adalah strategi penting. Karena hanya ada satu kondisi yang cukup kritis yang mengandung T2 dan T3 (yaitu (T2, T3)) kita mendapatkan:

$$_1=3/5+1/5=4/5, \quad _2=1/5$$

Dari 2 Contoh diatas dapat disimpulkan bahwa meskipun ketidakberdayaan Perusahaan 2 baik secara sepihak untuk mencemari sungai atau untuk mencegah sungai dari yang tercemar, Perusahaan 2 masih memiliki bagian dari kontribusi penyebab. Dalam kasus Contoh 2, di mana Perusahaan 1 hanya dibuang Toksin 3 . Dalam hal ini, Perusahaan 2 yang membuang racun 2 adalah kondisi yang diperlukan untuk kematian ikan di dunia itu, meskipun fakta bahwa Perusahaan 1 secara sepihak bisa mencemari sungai dan membunuh ikan. Kedua perusahaan, baik perusahaan 1 maupun perusahaan 2, memiliki kontribusi penyebab untuk suatu hasil, terlepas dari seberapa besar ukuran dari individu tersebut.

#### 2.4.3 Strategi Indeks Penyebab Sederhana

Ada dua pendekatan dasar untuk melihat ukuran yang menggambarkan derajat sebab-akibat. Pendekatan sederhana adalah mencoba untuk menarik suatu perbandingan ordinal derajat causal dikaitkan dengan suatu tindakan. Pendekatan lebih menuntut adalah untuk menentukan ukuran yang juga memungkinkan untuk perbandingan cardinal, maka akan hanya menginformasikan kepada kami yang agen membuat dampak kausal yang lebih besar dari yang lain tetapi tidak memberitahu kita oleh berapa banyak. Artinya, kekurangan ukuran ordinal adalah ketidakpekaan untuk sejauh mana seseorang berpartisipasi dalam mewujudkan suatu hasil.

Dengan demikian, diberi  $G$  permainan bentuk dan bermain  $S_N = (S_1, \dots, S_n)$  Yang menghasilkan beberapa hasil  $(S_N)$ , Bagaimana mungkin suatu nilai fungsi kardinal didefinisikan? Pertama, kita ingin fungsi seperti untuk menetapkan nilai antara 0 dan 1 untuk setiap tindakan tersebut yang jika tindakan itu perlu dan cukup pada kesempatan tersebut dibutuhkan nilai 1 dan, di ekstrim lainnya, jika bukan kondisi Ness kemudian mengambil nilai 0. Kedua, kita ingin fungsi untuk menjadi indeks yang mengukur relatif bagian dari kondisi kausal total, jumlah nilai sama dengan 1. Sebelum menurunkan ukuran, kita perlu

membuat satu perbedaan lebih lanjut antara dua jenis permainan, karena ini akan memiliki implikasi signifikan untuk ukuran. Perbedaannya adalah salah satu antara situasi di mana setiap strategi menjelaskan salah satu tindakan spesifik dan situasi dimana strategi dapat berdiri untuk kombinasi tindakan yang dapat dilakukan secara simultan. Dalam kasus pertama kita berbicara tentang Kontribusi kausal tidak dapat digabungkan dengan tanggung jawab. Satu perbedaan, menurut kami, adalah bahwa tanggung jawab yang kita atribut tidak perlu memiliki properti konstan-sum. Artinya, mungkin masuk akal untuk mengatakan tindakan seseorang membentuk bagian parsial penyebabnya meskipun orang tersebut dibebani sepenuhnya dengan tanggung jawab. Lihat Zimmerman (1985) dan Parfit (1984, 67ff). Masalah ini dibahas dalam kesimpulan individu yang memiliki strategi sederhana sedangkan dalam kasus kedua mereka dikatakan memiliki strategi kompleks. Sebagai strategi yang kompleks menimbulkan kesulitan teknis tambahan, kami akan pertama berasal metrik kami untuk strategi sederhana dan mengobati kasus yang kompleks secara terpisah dalam bagian berikutnya.

Sangat umum, kita ingin mendapatkan fungsi yang mengekspresikan frekuensi relatif dari suatu tindakan menjadi kondisi Ness pada contoh spesifik dari suatu hasil. Karena dari penerimaan umum yang kuat versi tes Ness, adalah wajar untuk fokus pada frekuensi yang relatif dengan tindakan memenuhi tes NESS kuat. Mengingat  $S_N$ ,  $M_i$  adalah himpunan dari semua sub-kejadian  $S_U$  bahwa bentuk yang cukup minimal kondisi untuk  $(S_N)$  Dan di mana saya melakukan tindakan:

$M_i = \{S_U \mid S_U \text{ adalah kondisi minimal yang cukup untuk } (S_N) \text{ Dan saya } U\}$ . Frekuensi (normalisasi) relatif dengan mana suatu tindakan adalah suatu kondisi NESS kuat diberikan oleh:

$$i(G, S_N) := \frac{\# M_i}{\sum_{j \in N} \# M_j} \quad (5.1)$$

Meskipun sederhana dan daya tarik intuitif, mengukur adalah bermasalah. Hal ini dapat menghasilkan peringkat yang sangat tidak masuk akal sebagai menunjukkan contoh berikut. Dasar masalah dengan fokus pada kondisi cukup minimal adalah

bahwa hal itu tidak mencelakan antara kontribusi kausal yang dibuat oleh suatu tindakan yang cukup dan satu yang 'hanya' perlu.

Contoh 5.1 Misalkan  $N = \{1,2,3,4,5\}$  adalah sebuah komite lima orang harus membuat pilihan tentang  $X = \{x, y\}$ . Aturan voting menentukan bahwa  $x$  dipilih jika, dan hanya jika, (i) 1 suara untuk  $x$ , atau (ii) paling tidak tiga dari suara 2-5 pemain untuk  $x$ . Asumsikan semua individu memilih  $x$ :  $S_N = (X, x, x, x, x)$ . Oleh karena itu, kami memiliki kasus overdetermination: suara 1 adalah suatu kondisi yang cukup untuk realisasi dari  $x$ , dan begitu juga kombinasi dari suara dari setidaknya tiga dari orang lain. Pemilih 1 adalah anggota dari satu minimal cukup kondisi acara, iethe hanya terdiri dari tindakannya pemungutan suara untuk  $x$ . Karena setiap dari individu lainnya adalah anggota dari tiga minimal cukup kondisi (setiap individu adalah anggota dari tiga 'minimal' mayoritas tidak mengandung 1) mengukur didefinisikan dalam persamaan (5.1) menghasilkan:

$$c_1 = 1/13, \quad c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 3/13$$

Dengan berfokus pada kondisi minimal yang cukup, ukuran mengabaikan fakta bahwa apa pun yang pemain 2-5 dapat lakukan untuk mencapai  $x$ , pemutar 1 dapat melakukan, dan bahkan lebih - ia dapat melakukannya sendiri. Jadi, dari mana kita sekarang? Itu harus diingat bahwa membenaran untuk  $c_1$  terletak pertama dan terutama dengan kondisi Ness dan kemudian dengan pembatasan minimalitas. Artinya, untuk mengukur kontribusi kausal kita tidak apriori menganut kondisi minimalitas. Itu solusi yang jelas di sini adalah untuk takik kontribusi kausal dengan mengambil lemah NESS tes sesuai faktor kausal. Artinya, untuk segala bentuk permainan  $G$  dan permainan itu  $S_N = (S_1, \dots, S_n)$  yang menghasilkan beberapa hasil  $(S_N)$ , Kita hitung contoh di mana suatu tindakan kritis (Definisi 4.2) terlepas dari sebab akibat kontribusi tindakan lainnya. Ini memberi kita ukuran analog dengan  $c_1$  tetapi dengan penjumlahan berlangsung lebih  $S_U \cap C_i$  bukan  $S_U \cap M_i$ , Dimana  $C_i$  adalah himpunan semua sub-kejadian  $S_U$  yang membentuk suatu kondisi kritis yang cukup untuk  $(S_N)$  dan yang mengandung strategi:

$C = \{S_U \mid S_U \cap S_N \text{ adalah CSC untuk } (S_N) \text{ dan } i \text{ adalah } (S_N)\text{-Kritis untuk } S_U\}$ .

Kami menempatkan,

$$i(G, S_N) := \frac{\# C_i}{\sum_{j \in N} \# C_j} \quad (5.2)$$

Pertimbangkan Contoh 5.1 sekali lagi. Ukuran baru sekarang dipertimbangkan penuh berbagai acara yang cukup di mana setidaknya satu tindakan yang diperlukan: semua peristiwa di yang 1 suara untuk x dan paling banyak dua orang lain juga, dan semua peristiwa yang tepat. Tiga lainnya dari 1 suara untuk x individu. Ini menghasilkan:

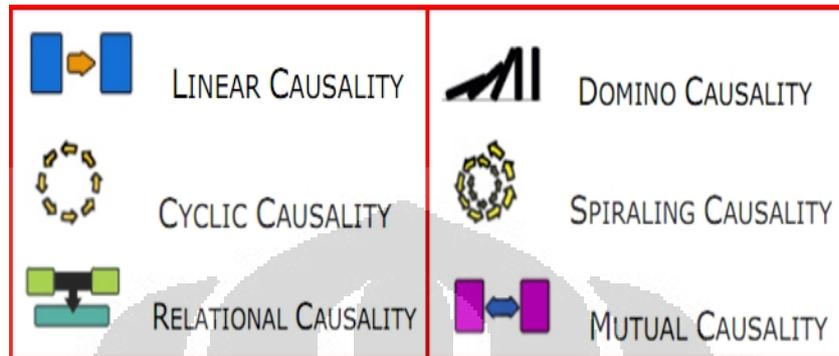
$$p_1 = 11/23, \quad p_2 = p_3 = p_4 = p_5 = 3/23$$

#### 2.4.4 Model *Causality*

Menurut *Causal Patterns in Science (Harvard University)*, causality (keterkaitan) memiliki 6 model, yaitu:

1. Linear Causality, ciri-cirinya antara lain: penyebab mendahului efek, adanya hubungan langsung antara sebab dan akibat, memiliki permulaan dan akhir yang jelas, kejadian yang searah searah, Salah satu penyebab dan satu efek
2. Domino Causality, cirri-cirinya antara lain: berlangsung berurutan efek dari waktu ke waktu, Sebuah pola linear diperpanjang yang menghasilkan efek langsung dan tidak langsung, Sebuah akibat dapat menjadi penyebab, Biasanya memiliki awal yang jelas dan akhir yang jelas, Dapat memiliki titik percabangan di mana terdapat lebih dari satu efek dari satu penyebab, bentuk bercabang dapat ditelusuri kembali ke "induk" penyebab.
3. Cyclic Causality, cirri-cirinya antara lain: satu hal dampak lain yang pada gilirannya akan berdampak pada hal pertama, melibatkan pola yang berulang, Ini adalah bentuknya biasanya berurutan, Biasanya tidak jelas awal atau akhir.
4. Spiraling Causality, cirri-cirinya antara lain: satu hal dampak lain yang pada gilirannya berdampak pada hal pertama dengan efek amplifikasi atau de-amplifikasi, Sebuah sebab dapat merupakan efek dan sebaliknya.
5. Relational Causality, ciri-cirinya antara lain: Ini sering melibatkan dua variabel dibandingkan satu sama lain, biasanya berupa hubungan keseimbangan atau ketidakseimbangan atau kesetaraan atau perbedaan, Jika dua hal berubah tapi tetap hubungan yang sama hasilnya tidak berubah
6. Mutual Causality, cirri-cirinya antara lain: Dua hal dampak satu sama lain, Dampaknya bisa positif untuk keduanya atau negatif untuk keduanya atau

positif untuk satu dan negatif untuk lainnya, Penyebab dan efek sering simultan, tetapi bisa berurutan.



Gambar 2.7 Six Causality Patterns

(Sumber :Causal Patterns in Science (Harvard University))

#### 2.4.5 Penilaian Resiko Degree of Casuality

Penilaian Resiko kerja bertujuan untuk menentukan prioritas tindak lanjut, karena tidak semua aspek bahaya potensial yang dapat ditindak lanjuti. (Sastrohadiwiryo : 2005). Metode penilaian resiko, antara lain :

##### 1. Frekuensi kecelakaan yang terjadi di tempat kerja (F)

Frekuensi kecelakaan adalah tingkat seringnya terjadi kecelakaan atau bahaya yang akan terjadi atau seberapa sering kejadian kecelakaan akan terjadi. Didalam menentukannya yang terjadi di tempat kerja, kita dapat menggunakan skala frekuensi kecelakaan berdasarkan pada jumlah kecelakaan.

Tabel 2.4 Tingkat Frekuensi Kecelakaan

Skala	Definisi	Frekuensi
5	Certain (pasti)	Dapat terjadi kapan saja, pasti terjadi 1 kasus/100 orang pertahun
4	Probable (sangat mungkin)	Dapat terjadi secara berkala, sangat mungkin terjadi 1 kasus/1000 orang pertahun

3	Possible (mungkin)	Dapat terjadi kondisi tertentu, sangat mungkin terjadi 1 kasus/10000 orang pertahun
2	Very unlikely (kecil kemungkinan)	Dapat terjadi, tetapi jarang/kecil kemungkinannya 1 kasus/100.000 orang pertahun
1	Almost impossible (hampir tidak mungkin)	Memungkinkan tidak mungkin terjadi, hamper tidak mungkin 1 kasus/1.000.000 orang pertahun

(Sumber: [www.mishc.uq.edu.au/NMIRAG/NMISHRAG.asp](http://www.mishc.uq.edu.au/NMIRAG/NMISHRAG.asp))

## 2. Konsekuensi kecelakaan yang terjadi di tempat kerja (C)

Konsekuensi kecelakaan yaitu tingkat keparahan atas kejadian kecelakaan yang dapat / akan terjadi. Kriterianya ditentukan berdasarkan kerugian pada biaya kecelakaan yang terjadi yang ditanggung oleh perusahaan untuk perawatan.

Tabel 2.5 Tingkat Konsekuensi

Skala	Konsekuensi	Definisi Konsekuensi
1	No/trivial effect (hampir tidak ada effect)	Terjadi insiden kecil atau disertai kerugian material nihil sampai dengan sangat kecil (Rp.0 s/d Rp50.000) per orang
2	Injuri (luka kecil)	Terjadi kecelakaan dan dibutuhkan tindakan P3K setempat, atau disertai kerugian materi sedang (Rp.50.000 s/d Rp100.000) per orang
3	Lost time injuri (Luka kecelakaan yang menimbulkan waktu kerja hilang)	Terjadi kecelakaan dan dibutuhkan bantuan tenaga medis (berobat jalan), atau disertai dengan kerugian materi cukup besar (Rp. 100.000 s/d Rp. 400.000) per orang
4	Incapacity (hampir fatal)	Terjadi kecelakaan dan dibutuhkan perawatan inap dirumah sakit, atau disertai dengan kerugian materi besar (Rp.400.000s/d Rp 10.000.000) per orang

5	Fatality (fatal)	Terminasi yang sama untuk kerugian kerusakan yang digunakan pada lingkungan, atau terjadi kecelakaan yang menimbulkan cacat tetap dan atau kematian, atau disertai dengan kerugian materi yang sangat besar. (>Rp 10.000.000, per orang)
---	------------------	--

(Sumber: [www.adhikarya.com](http://www.adhikarya.com))

Penilaian resiko ini secara tidak langsung memperlihatkan kaitan antara variabel faktor-faktor penyebab kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi satu dengan lainnya dengan tingkat pengaruh dan dampak yang ditimbulkannya.

#### 2.4.6 Penelitian sebelumnya tentang Casualty

Nelling dan Webb (2006) menguji hubungan kausal antara kinerja sosial dan kinerja keuangan perusahaan dengan memperkenalkan teknik ekonometrika baru, yaitu pendekatan Granger Causality. Dengan menggunakan model regresi Ordinary Least Square (OLS), kinerja sosial dengan kinerja perusahaan berhubungan. Mereka menemukan hubungan yang rendah antara kinerja sosial dengan kinerja keuangan perusahaan ketika menggunakan pendekatan efek time series. Ditemukan hasil yang sama ketika memperkenalkan model Granger Causality. Selain itu, dengan fokus pada masing-masing pengukuran kinerja sosial, mereka menemukan kausalitas yang terjadi dari kinerja pasar saham pada kinerja sosial penilaian tentang hubungan karyawan (Makni et al, 2008)

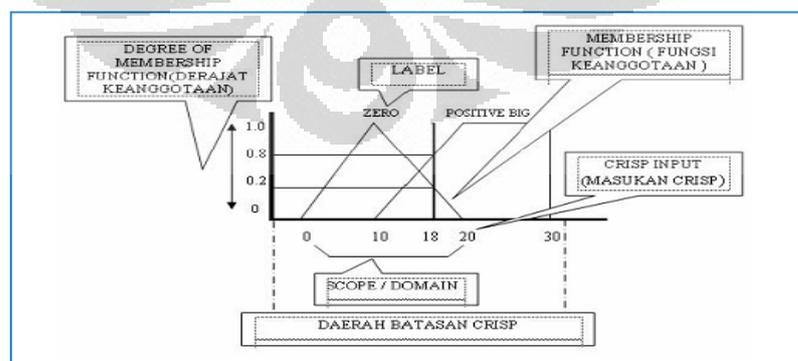
Penelitian yang dilakukan oleh Makni et al (2008) menguji hubungan kausalitas antara kinerja sosial dan kinerja keuangan 179 perusahaan di Kanada dengan menggunakan pendekatan “Granger Causality”. Mereka menemukan tidak adanya hubungan antara gabungan pengukuran kinerja sosial dan kinerja keuangan perusahaan, kecuali untuk market returns. Menurut peneliti sejauh ini di Indonesia belum ditemukan penelitian kausalitas terhadap kinerja sosial dan kinerja keuangan perusahaan dengan menggunakan pendekatan Granger Causality.

## 2.5 Sistem Fuzzy

### 2.5.1 Sejarah dan Perkembangan Logika Fuzzy

Profesor Lotfi A. Zadeh adalah guru besar pada University of California yang merupakan pencetus sekaligus yang memasarkan ide tentang cara mekanisme pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal dengan logika fuzzy. Dalam penyajiannya variabel-variabel yang akan digunakan harus cukup menggambarkan ke-fuzzy-an tetapi di lain pihak persamaan-persamaan yang dihasilkan dari variabel-variabel itu haruslah cukup sederhana sehingga komputasinya menjadi cukup mudah. Karena itu Profesor Lotfi A Zadeh kemudian memperoleh ide untuk menyajikannya dengan menentukan “derajat keanggotaan” (membership function) dari masing-masing variabelnya. Fungsi keanggotaan (membership function), adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Sudradjat, 2007).

- **Derajat Keanggotaan (*membership function*)** adalah : derajat dimana nilai crisp dengan fungsi keanggotaan ( dari 0 sampai 1 ), juga mengacu sebagai tingkat keanggotaan, nilai kebenaran, atau masukan fuzzy.
- **Label** adalah nama deskriptif yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah fungsi keanggotaan.
- **Fungsi Keanggotaan** adalah mendefinisikan fuzzy set dengan memetakan masukan crisp dari domainnya ke derajat keanggotaan.



Gambar 2.8 Konsep Dasar Fuzzy

(Sumber: Sudradjat, 2008)

Sejarah perkembangan fuzzy logic sebagai berikut (H. J Zimmermann, 1983):

- 1965 Paper pertama “Fuzzy Logic” oleh Prof. Lotfi Zadeh, Faculty in Electrical Engineering, U.C. Berkeley, sets the foundation stone for the “fuzzy Set Theory”
- 1970 Fuzzy Logic applied in control Engineering.
- 1975 Japan makes an entry
- 1980 Empirical Verification of Fuzzy Logic in Europe Broad Application of Fuzzy Logic in Japan.
- 1990 Broad Application of Fuzzy Logic in Europe and Japan
- 1995 U.S increases interest and research in Fuzzy Logic.
- 2000 Fuzzy Logic becomes a Standard Technology and is widely applied in Business and Finance.

### 2.5.2 Pengertian Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai besar atau salah secara bersamaan. Dalam fuzzy dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak).

Logika Fuzzy merupakan sesuatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (fuzzyness) antara benar atau salah. Dalam teori logika fuzzy suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 1 atau 0.

Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistic), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah.

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output, mempunyai nilai kontinyu. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu

sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama (Kusumadewi. 2004) Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat" (Zadeh 1965). Kelebihan dari teori logika fuzzy adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (linguistic reasoning). Sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan.

### 2.5.3 Himpunan Fuzzy

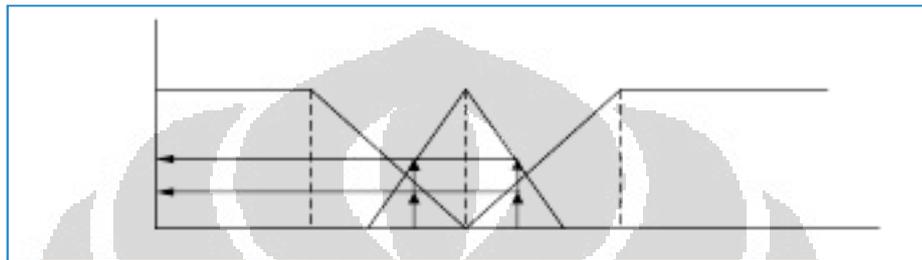
Himpunan fuzzy  $A$  dalam semesta pembicaraan  $K$  ialah kelas kejadian (class of events) dengan fungsi keanggotaan  $\mu_A(x)$  kontinu yang dihubungkan dengan setiap titik dalam  $K$  oleh bilangan real dalam interval  $[0,1]$  dengan nilai  $\mu_A(x)$  pada  $x$  menyatakan derajat keanggotaan  $x$  dalam  $A$  (Pal dan Majmunder, 1986). Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy (Kusumadewi dan Purnomo, 2004). Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Himpunan fuzzy memiliki dua atribut, yaitu linguistik dan numerik. Linguistik merupakan penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti tinggi, rendah, besar dan bagus. Numerik adalah suatu nilai atau angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 40, 120 dan 325 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

Himpunan Crisp (Crisp Set)  $A$  didefinisikan oleh item-item yang ada pada himpunan itu. Jika  $a \in A$ , maka nilai yang berhubungan dengan  $a$  adalah 1. Namun, jika  $a \notin A$ , maka nilai yang berhubungan dengan  $a$  adalah 0. Notasi  $A = \{x \mid P(x)\}$  menunjukkan bahwa  $A$  berisi item  $x$  dengan  $P(x)$  benar. Jika  $X \in A$  merupakan fungsi karakteristik  $A$  dan properti  $P$ , dapat dikatakan bahwa  $P(x)$  benar, jika dan hanya jika  $X \in A \iff \mu_A(x) = 1$ . Himpunan fuzzy (fuzzy set) didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval  $[0,1]$ . Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau

salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

Seseorang dapat masuk dalam 2 himpunan berbeda, Muda dan Parobaya Parobaya dan Tua. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya. Gambar 4.4 menunjukkan himpunan fuzzy untuk variabel umur.



Gambar 2.9 pengelompokan umur ke himpunan kategori usia dengan logika fuzzy

Pada gambar dapat dilihat bahwa :

- Seseorang yang berumur 40 tahun, termasuk dalam himpunan muda dengan  $\mu_{\text{muda}}[40] = 0,25$ ; namun umur tersebut juga termasuk dalam himpunan parobaya dengan  $\mu_{\text{parobaya}}[40] = 0,5$ .
- Seseorang yang berumur 50 tahun, termasuk dalam himpunan tua dengan  $\mu_{\text{tua}}[50] = 0,25$ , namun umur tersebut juga termasuk dalam himpunan parobaya dengan  $\mu_{\text{parobaya}}[50] = 0,5$ .

Pada himpunan crisp, nilai keanggotaannya hanya ada dua kemungkinan, yaitu antara 0 atau 1, sedangkan pada himpunan fuzzy nilai keanggotaannya pada rentang antara 0 sampai 1. Apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 0$ , berarti  $x$  tidak menjadi anggota himpunan  $A$ , juga apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 1$  berarti  $x$  menjadi anggota penuh pada himpunan  $A$ .

Fungsi derajat keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Zimmermann, 1991). Untuk mendapatkan derajat keanggotaan fuzzy digunakan pendekatan fungsi. Ada

beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, seperti fungsi linier turun, fungsi linier naik, fungsi segitiga, fungsi trapesium, fungsi-S, fungsi-Z dan fungsi-  
 . Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004) suatu fungsi derajat keanggotaan fuzzy disebut fungsi linier turun jika mempunyai 2 parameter, yaitu  $a, b \in \mathbb{R}$ , dan dinyatakan dengan aturan :

$$\mu(x; a, b) = \begin{cases} 1 & ; x < a \\ (x - a) / (b - a) & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x > b \end{cases}$$

Sedangkan suatu fungsi derajat keanggotaan fuzzy disebut fungsi linier naik jika mempunyai 2 parameter, yaitu  $a, b \in \mathbb{R}$ , dan dinyatakan dengan aturan

$$\mu(x; a, b) = \begin{cases} 0 & ; x < a \\ (x - a) / (b - a) & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x > b \end{cases}$$

Menurut Susilo (2003) suatu fungsi derajat keanggotaan fuzzy disebut fungsi segitiga jika mempunyai tiga buah parameter, yaitu  $p, q, r \in \mathbb{R}$  dengan  $p < q < r$ , dan dinyatakan dengan aturan

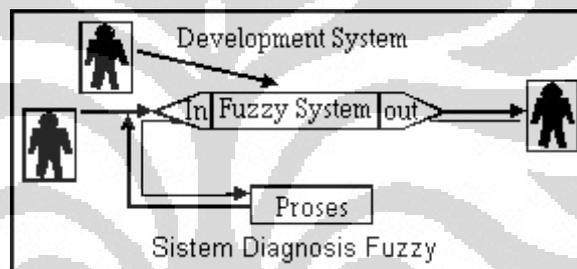
$$\mu(x, p, q, r) = \begin{cases} \frac{x - p}{q - p} & ; p \leq x < q \\ \frac{r - x}{r - q} & ; q \leq x < r \\ 0 & ; x < p \text{ atau } x > r \end{cases}$$

Masih menurut Susilo (2003) suatu fungsi derajat keanggotaan fuzzy disebut fungsi trapesium jika mempunyai 4 buah parameter ( $p, q, r, s \in \mathbb{R}$  dengan  $p < q < r < s$ ) dan dinyatakan dengan aturan

$$\mu(x; p, q, r, s) = \begin{cases} \frac{x-p}{q-p} & ; p < x < q \\ 1 & ; q \leq x \leq r \\ \frac{s-x}{s-r} & ; r \leq x < s \\ 0 & ; x \leq p \text{ atau } x \geq s \end{cases}$$

#### 2.5.4 Fuzzy Diagnostic Analysis

Pada sistem diagnosis fuzzy peranan manusia/operator lebih dominan. Pengiriman data dilaksanakan oleh operator ke dalam sistem, ketika sistem memerlukan data tambahan. Selain itu operator dapat meminta atau menanyakan informasi dari sistem diagnosis berupa hasil konklusi diagnosis atau prosedur detail hasil diagnosis oleh sistem.



Gambar 2.10 Sistem Diagnostik Fuzzy  
(Sumber: Zadeh, 1995)

Dari sifat sistem ini, sistem diagnosis fuzzy dapat digolongkan pada sistem pakar fuzzy. Sistem pakar fuzzy adalah sistem pakar yang menggunakan notasi fuzzy pada aturan-aturan dan proses inferensi (logika keputusan). Salah satu kelebihan sistem pakar fuzzy dibandingkan sistem pakar konvensional adalah jumlah aturan lebih sedikit, sehingga sistem lebih transparan untuk dianalisa. Kekurangannya adalah kehandalan sistem sangat tergantung pada baik-buruknya proses pengumpulan aturan seperti prosedur pertanyaan dan komponen-komponen kuisisioner, serta sering terjadi kesulitan untuk menyimpulkan suatu pernyataan tertentu oleh operator.

Bidang aplikasi sistem diagnosis ini biasanya suatu proses yang besar dan kompleks, sehingga sangat sulit dianalisa menggunakan algoritma eksak dan dimodelkan dengan model matematika biasa. Pada permulaan persiapan sistem,

jumlah aturan yang digunakan ini biasanya sangat banyak. Namun pada tahap akhir, jumlah aturan akan lebih sedikit dan mudah dibaca. Ini merupakan sifat sistem pakar fuzzy, seperti yang dikatakan oleh Prof. Zadeh, bahwa sistem pakar fuzzy akan menggunakan aturan-aturan yang lebih sedikit dibandingkan sistem pakar konvensional sehingga mudah dibaca dan membantu menghindari inkonsistensi dan inkomplit sistem pengendali (Hellendoorn, Hans dan Palm, Rainer, 1994). Contoh dari sistem pakar fuzzy ini adalah proyek diagnosa kebocoran-H<sub>2</sub> pada sistem pendingin high-performance generator. Salah satu contoh aturan sistem diagnostik ini adalah :

*"Jika konsumsi H<sub>2</sub> tinggi dan daya yang tersedia rendah dan suhu gas rendah dan tekanan H<sub>2</sub> generator tidak rendah/menurun, maka tingkatkan konsumsi H<sub>2</sub> (untuk menurunkan temperatur)"* Yang perlu diperhatikan pada sistem diagnostik ini adalah, tidak berlakunya proses defuzzifikasi, karena sistem ini hanya menghasilkan sifat keluaran berupa aproksimasi linguistik yang merupakan suatu pernyataan atau jawaban yang mudah dipahami oleh operator.

#### 2.5.5 FMCDM (Fuzzy Attribute Decision Making)

MCDM adalah suatu metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan pada kriteria tertentu. Kriteria bisa berupa ukuran, aturan atau standar yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Berdasarkan tujuannya FMCDM ini dibagi menjadi 2 model (Zimmerman,1991) yaitu FMADM dan FMODM. FMADM biasanya digunakan untuk melakukan penilaian atau seleksi terhadap beberapa alternatif dalam jumlah terbatas ( menyelesaikan alternatif terbaik). Sedangkan FMODM untuk menyelesaikan masalah yang bersifat kontinyu (merancang alternatif terbaik) (Yoon,1981)

Disini kita menjelaskan lebih detail tentang FMADM. Pada pengerjaan FMADM ada beberapa cara diantaranya menggunakan bilangan fuzzy pada interval aritmetik yaitu menggunakan rating dari alternatif – alternatif yang berbeda terhadap kriteria, disajikan secara linguistik dalam bentuk bilangan fuzzy ( fuzzy number) yaitu triangular fuzzy. Setelah menggunakan skala fuzzy selanjutnya dilakukan bobot rata – rata menggunakan rumus ( Sri Kusumadewi, 2006) yaitu :

$W_j : (1/k)(w_{j1} + w_{j2} + \dots + w_{jk})$ . Setelah kita bobot kemudian dilakukan COA dengan menggunakan BNP seperti pada fuzzy AHP diatas. Perlu diketahui sebelumnya bahwa proses pengerjaan MADM ada beberapa cara diantaranya dengan menggunakan Simple Additive Weighting Metode, Weighted Product, Electre, Topsis dan juga AHP (Kusumadewi, 2006). Setelah dibobot dengan metode COA maka akan didapatkan perangkingan untuk menentukan alternatif mana yang terbaik.

#### 2.5.6 Analisa Fuzzy AHP

*Analytical Hierarchy Process* adalah suatu metode yang luwes yang memberikan kesempatan bagi seseorang atau kelompok untuk membangun gagasan – gagasan dan mendefinisikan persoalan – persoalan dengan cara membuat asumsi mereka masing – masing dan memperoleh pemecahan yang diinginkan darinya. Proses ini bergantung pada imajinasi, pengalaman dan pengetahuan untuk menyusun hierarki suatu masalah dan pada logika intuisi dan pengalaman untuk memberi pertimbangan. Prosesnya adalah mengidentifikasi, memahami dan menilai interaksi – interaksi dari suatu sistem sebagai suatu keseluruhan (Saaty, 1993).

*Fuzzy Analytical Hierarchy Process* ( Fuzzy AHP) merupakan solusi yang tepat yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan atau kebijakan karena metode ini mendefinisikan permasalahan yang terjadi ke dalam hierarki dan menghasilkan suatu keputusan berdasarkan rangking prioritas berdasarkan bobot kriteria. Selanjutnya didapatkan alternatif solusi berdasarkan pada skala prioritas dan bobot kriteria dari berbagai pendapat subjektif (Hsieh,2004). Penelitian yang telah ada menunjukkan bahwa metode ini dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks serta serba tidak pasti dan telah berhasil dalam membantu pengambilan keputusan atau kebijakan dalam perusahaan. Akhir – akhir ini fuzzy mulai diperkenalkan di berbagai perusahaan untuk menjawab berbagai persoalan operasional perusahaan yang melibatkan kondisi yang serba tidak pasti dalam mencari solusinya (Purnomo dan Kusumadewi, 2004)

Metode AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang ahli matematik yang kini mengajar di Universitas Pittsburgh, Amerika Serikat.

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah salah satu bentuk metode pengambilan keputusan yang pada dasarnya berusaha menutupi semua kekurangan dari metode sebelumnya. Peralatan utama dari metode ini adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utamanya adalah persepsi manusia. Dengan adanya hirarki, masalah kompleks atau tidak terstruktur dipecah dalam sub-sub masalah kemudian disusun menjadi suatu bentuk hirarki. AHP mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah multikriteria yang berdasar pada perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hirarki.

Perhitungan bobot kriteria dengan fuzzy AHP adalah sebagai berikut (Ilyas, 2008)) :

1. Menetapkan variabel linguistik untuk mengukur nilai setiap kriteria dan subkriteria. Penentuan bilangan fuzzy number diperoleh dari (Hsieh,2004) masing – masing dari bilangan fuzzy dibagi menjadi tiga parameter berupa bilangan fuzzy triangular, nilai kiri, nilai tengah dan nilai kanan.
2. Menyusun matriks perbandingan berpasangan diantara semua elemen/kriteria dalam dimensi sistem hirarkhi.
3. Penggunaan model fuzzy mean dan pembobotan dari tiap kriteria dengan rumus mean
4. Gunakan metode *Center of Area* (COA) untuk menghitung nilai *Best Nonfuzzy Performance Value* (BNP) ( Ilyas,2008)

$$BNP_{wi} = [(U_{wi} - L_{wi}) + (M_{wi} - L_{wi})]/3 + L_{wi}$$

#### 2.5.7 MAPE

Untuk menghitung akurasi dari data testing peramalan digunakan standart Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Suatu peramalan dikatakan sangat bagus apabila nilai MAPE kurang dari 10% dan dikatakan bagus apabila nilai MAPE diantara 10 % sampai 20% (Zainun dan Majid, 2003). Satu hal perlu diperhatikan dalam melakukan peramalan adalah seberapa efektif hasil peramalan yang dihasilkan. (SNATI, 2006) Untuk melihat hal tersebut perlu dilihat seberapa besar error dari hasil peramalan yang telah dihasilkan. Untuk keperluan ini ada tiga macam ukuran yang dapat dipakai. Ketiga macam ukuran itu adalah:

❖ MAD (Mean Absolute Deviation)

MAD adalah error hasil peramalan terhadap actual value tiap periodenya. Error ini kemudian dijadikan nilai mutlak sebelum kemudian dibagi dengan n. Rumus dari MAD ini adalah sebagai

berikut :

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^m |f_t - \hat{f}_t|}{m}$$

dimana:

$f_t$  = permintaan aktual periode

$\hat{f}_t$  = ramalan permintaan periode t

m = jumlah periode peramalan

❖ MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

MAPE adalah rata-rata persentase absolut dari kesalahan peramalan dengan menghitung error absolut tiap periode. Error ini kemudian dibagi dengan Rumus dari MAPE ini adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m \left( \left| \frac{f_t - \hat{f}_t}{f_t} \right| \cdot 100\% \right)}{m}$$

$f_t$  = permintaan aktual periode t

$\hat{f}_t$  = ramalan permintaan periode t

m = jumlah periode peramalan

❖ MSE (Mean Squared Error)

MSE adalah rata-rata absolut dari kesalahan peramalan yang dikuadratkan. Rumus dari MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^m |f_t - \hat{f}_t|^2}{m}$$

dimana:

$f_t$  = permintaan aktual periode  $t$

$\hat{f}_t$  = ramalan permintaan periode  $t$

$m$  = jumlah periode peramalan

Dari ketiga metode pengukuran eror, nilai MAPE memiliki nilai eror terkecil sehingga MAPE paling baik digunakan karena lebih akurat (Zainun dan Majid, 2003)

### 2.5.8 Ventana Simulation (Vensim)

Vensim merupakan alat untuk memvisualisasikan model yang telah dibuat agar dapat disimulasikan, dianalisis dan pengoptimalan model sistem dinamik. Pada tampilan awal vensim, akan terlihat lembaran kerja dimana pada lembaran tersebut akan diketik kata-kata yang menggambarkan sistem yang ada (merupakan bentuk dari model yang telah dirancang sebelumnya), dimana kata-kata tersebut akan dihubungkan dengan menggunakan tanda panah yang tersedia. Setelah pemberian tanda panah, langkah selanjutnya adalah dengan memberikan informasi yang disediakan oleh equation editor, yang mana digunakan untuk melengkapi model simulasi yang telah dibuat (Fitriana, 2008). Menurut (Sumarhaen, Sigit, 2011) langkah – langkah pengerjaan vensim yaitu :

1. Install program vensim di computer anda. Caranya: open program dan diteruskan petunjuk panduan install otomatis Open menu : buka vensim
2. Setelah program siap pakai cermati petunjuk panel pada layar computer.
3. Mulai membuat cld/archetype: Variabel, Loop, Notasi hubungan antar variabel, Notasi nama loop (r/b), Menentukan variabel utama/ kunci , Menganalisis hubungan antar variabel, Cara mengcopy variabel : klik panel var (tanpa border line/kotak atau dengan bok/kotak). Variabel dibuat semua terlebih dahulu, ditata letaknya variabel yang berdekatan agar tidak terlalu banyak loop yg bertumpuk. Membuat loop: Klik garis melengkung, Letakkan cursor dg mouse di kotak variabel klik kiri dan geser cursor arahkan ke variabel yang anda inginkan dan klik kiri , lakukan yg sama sampai hubungan semua variabel selesai. Jika cursor ditarik hanya membentuk garis lurus maka harus dibentuk melengkung dg cara ditengah garis lurus ada tanda titik/bulat

tarik secukupnya sesuai yg anda inginkan dg klik kiri ditahan/tekan dan geser secukupnya Notasi hubungan antar variabel:Clik kanan pada pucuk tanda panah (loop), muncul beberapa pilihan notasi (+/- atau s/o) pilih yg sesuai dan akhiri ok. Notasi nama loop (r/b): Klik kiri panel com muncul beberapa pilihan (comment discription) : Pilihan shape, Jenis huruf/fon,Graphics: none (ketik r1/b1) atau pilih image terus klik anak panah pilih notasi loop, Pilihan warna sesuka anda kemudian diakhiri ok

## 2.6 Kerangka Berpikir dan Hipotesis

### 2.6.1 Kerangka Berpikir

Untuk dapat melaksanakan penelitian sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi masalah

Langkah pertama dalam meneliti adalah menetapkan masalah yang akan dipecahkan. Rumusan masalah yang dipilih adalah faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh proyek konstruksi serta keterkaitannya

b. Penetapan tujuan penelitian

Tujuan penelitian merupakan jawaban atas rumusan masalah yang telah ditetapkan.

c. Tinjauan pustaka

Setelah masalah diidentifikasi dan tujuan ditetapkan, maka dilakukanlah tinjauan pustaka dari buku-buku, jurnal, penelitian tipikal terdahulu, diskusi dengan pakar, dan referensi lain yang terkait dengan permasalahan.

d. Penetapan hipotesis

Penetapan hipotesis disusun berdasarkan latar belakang, tujuan penulisan, dan tinjauan pustaka yang telah dilakukan. Hipotesis merupakan kesimpulan tentatif yang diterima secara sementara sebelum diuji.

e. Pengumpulan data

Pengumpulan data dengan menggunakan kuisisioner dalam suatu focus grup discussion (FGD).

## f. Klasifikasi data

Data yang telah diperoleh kemudian disortir berdasarkan data primer dan data sekunder.

## g. Analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode analisis fuzzy untuk memperoleh nilai keterkaitan dari masing –masing faktor dan variabel

## h. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan merupakan tahap akhir dalam penelitian ini yang isinya berkaitan dengan tujuan yang hendak dicapai, kesesuaian dengan hipotesis yang telah dilakukan sebelumnya.



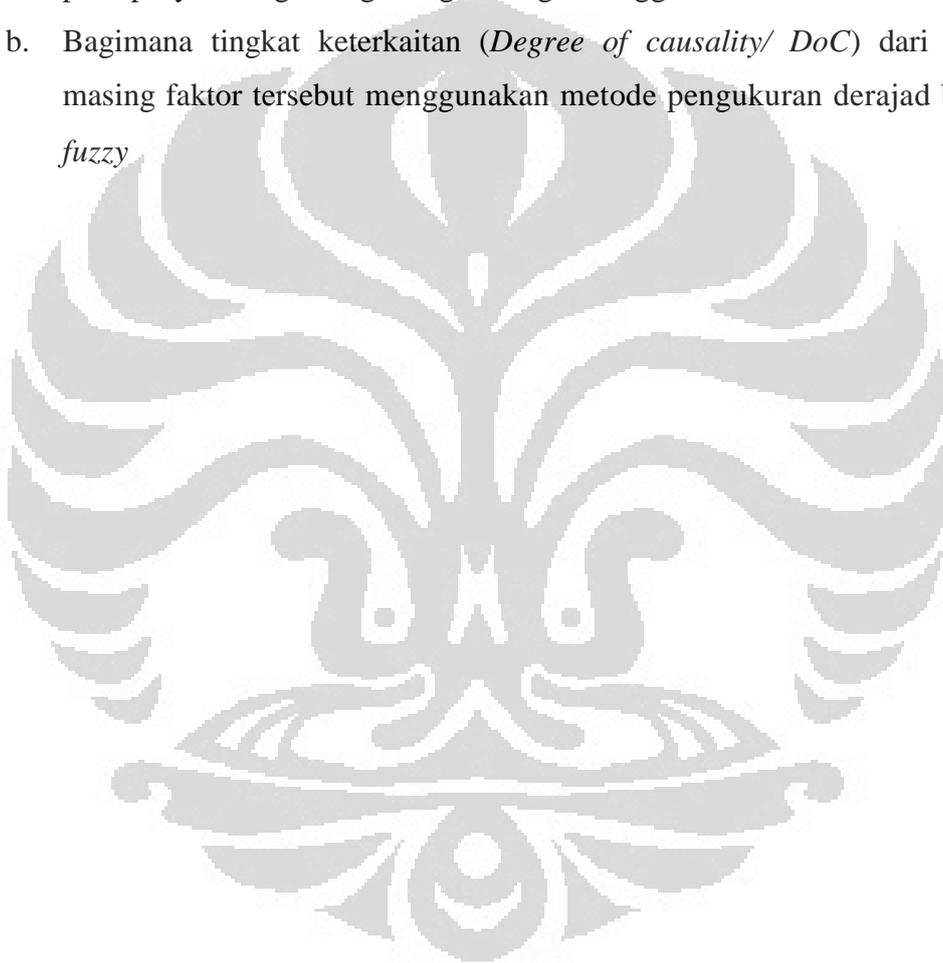
Gambar 2.11 Kerangka Pemikiran

### 2.6.2 Hipotesis

Untuk hipotesis penelitian ini sendiri yaitu untuk mengetahui bahwa faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh memiliki derajat keterkaitan (DoC) yang tergantung dari exposure dan kerentanan sistem proyek.

Hipotesis ini untuk menguji perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

- a. Faktor dan variabel apa saja yang menjadi penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proyek bangunan gedung bertingkat tinggi?
- b. Bagaimana tingkat keterkaitan (*Degree of causality/ DoC*) dari masing-masing faktor tersebut menggunakan metode pengukuran derajat berbasis *fuzzy*



## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Pendahuluan**

Perancangan penelitian yang efektif, sistematis dan terorganisasi sangat diperlukan untuk mencapai tujuan dari suatu penelitian. Maka pada bab ini akan dijabarkan mengenai metodologi penelitian dan teknik penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditentukan.

Dimulai dengan menjabarkan tentang pemilihan metode penelitian yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah penelitian pada subbab 3.2. Proses penelitian akan dijelaskan pada subbab 3.3 Kemudian dilakukan tahapan penelitian yang pertama berupa pengumpulan data pada subbab 3.4. Pada subbab 3.5 akan dijelaskan mengenai variabel-variabel penelitian hasil pengumpulan data. Setelah itu akan dijelaskan mengenai instrumen penelitian pada subbab 3.6. Skala dan ukuran penelitian dijelaskan pada subbab 3.7 dan metode analisis data penelitian akan dijelaskan pada subbab 3.8.

#### **3.2 Pemilihan Metode Penelitian**

Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu membuat kajian pustaka dari berbagai referensi (sumber) yang terkait dengan topik penelitian dimana semua data tersebut diolah menjadi model faktor-faktor yang menjadi penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proyek konstruksi bangunan bertingkat tinggi sehingga keluarannya menjadi indikator dan sub indikator yang menjadi variabel kuisisioner penelitian.

Penelitian skripsi ini yang berjudul “Metoda Pengukuran Derajat Penyebab Kecelakaan Jatuh di Proyek konstruksi Berbasis *Fuzzy Diagnostic Analysis*” adalah merupakan bagian dari penelitian disertasi Ibu Rosmariyani Arifuddin yang berjudul “Pemodelan Non-Linearitas Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Jatuh Pada Proyek Konstruksi Dengan Pendekatan Sistem Dinamik”.

Untuk mengetahui faktor-faktor penyebab kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi, diperlukan metode penelitian yang sesuai dengan perumusan masalah

yang telah ditetapkan pada penelitian ini. Yin(1994) menyatakan ada tiga hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan metode penelitian, yaitu jenis pertanyaan yang diajukan, kendali terhadap peristiwa yang diteliti, dan fokus terhadap peristiwa yang berjalan atau yang baru diselesaikan.

Tabel 3.1 Metode Penelitian untuk Masing-Masing Situasi

<b>Strategi</b>	<b>Jenis Pertanyaan yang Diajukan</b>	<b>Kendali atas Peristiwa yang Diteliti</b>	<b>Faktor atas Peristiwa yang sedang dilakukan atau Baru Diselesaikan</b>
Ekspерimen	Bagaimana, Mengapa	Ya	Ya
<i>Survey</i>	Siapa, Apa, Dimana, Berapa banyak	Tidak	Ya
<i>Archival Analysis</i>	Siapa, Apa, Dimana, Berapa banyak	Tidak	Tidak
Sejarah	Bagaimana, Mengapa	Tidak	Tidak
Studi Kasus	Bagaimana, Mengapa	Tidak	Ya

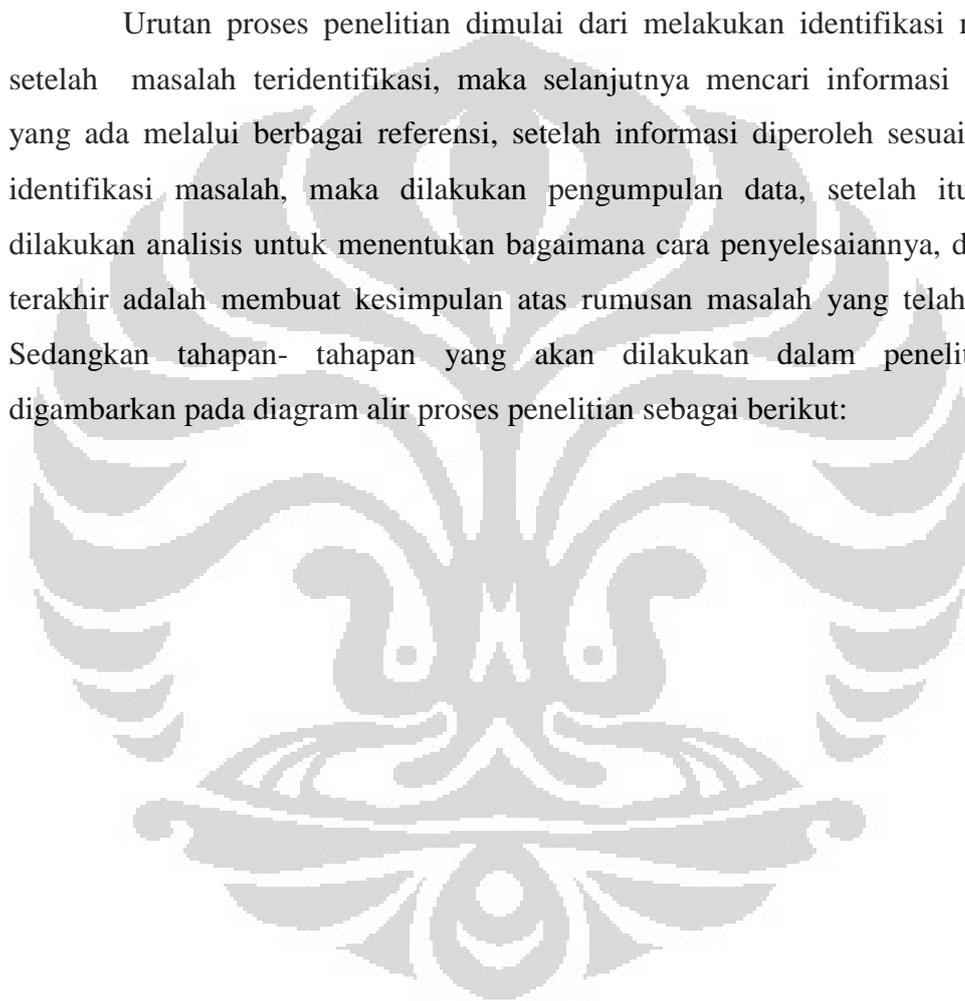
(Sumber: Robert K. Yin, 1994)

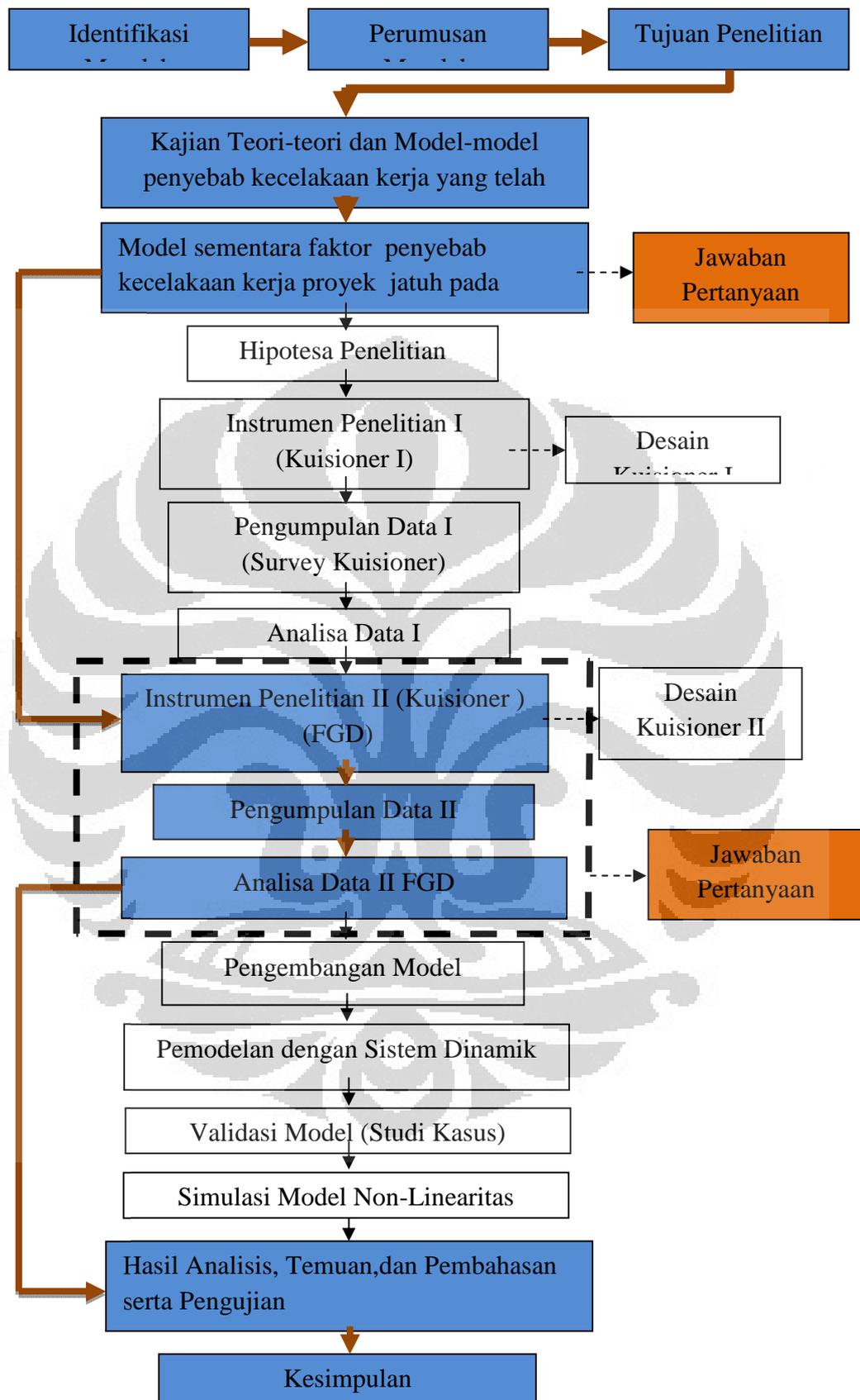
Berpedoman pada teori metode penelitian yang disarankan oleh Robert K. Yin seperti pada table 3.1 diatas, maka metode yang tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian kesatu dan kedua adalah menggunakan metode survey. Metode survey sendiri pengertiannya adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan data dari tempat tertentu yang alamiah (bukan buatan), tetapi peneliti melakukan perlakuan dalam pengumpulan data, misalnya dengan mengedarkan kuesioner, test, wawancara terstruktur, dan sebagainya (Sugiyono, 2007).

### 3.3 Proses Penelitian

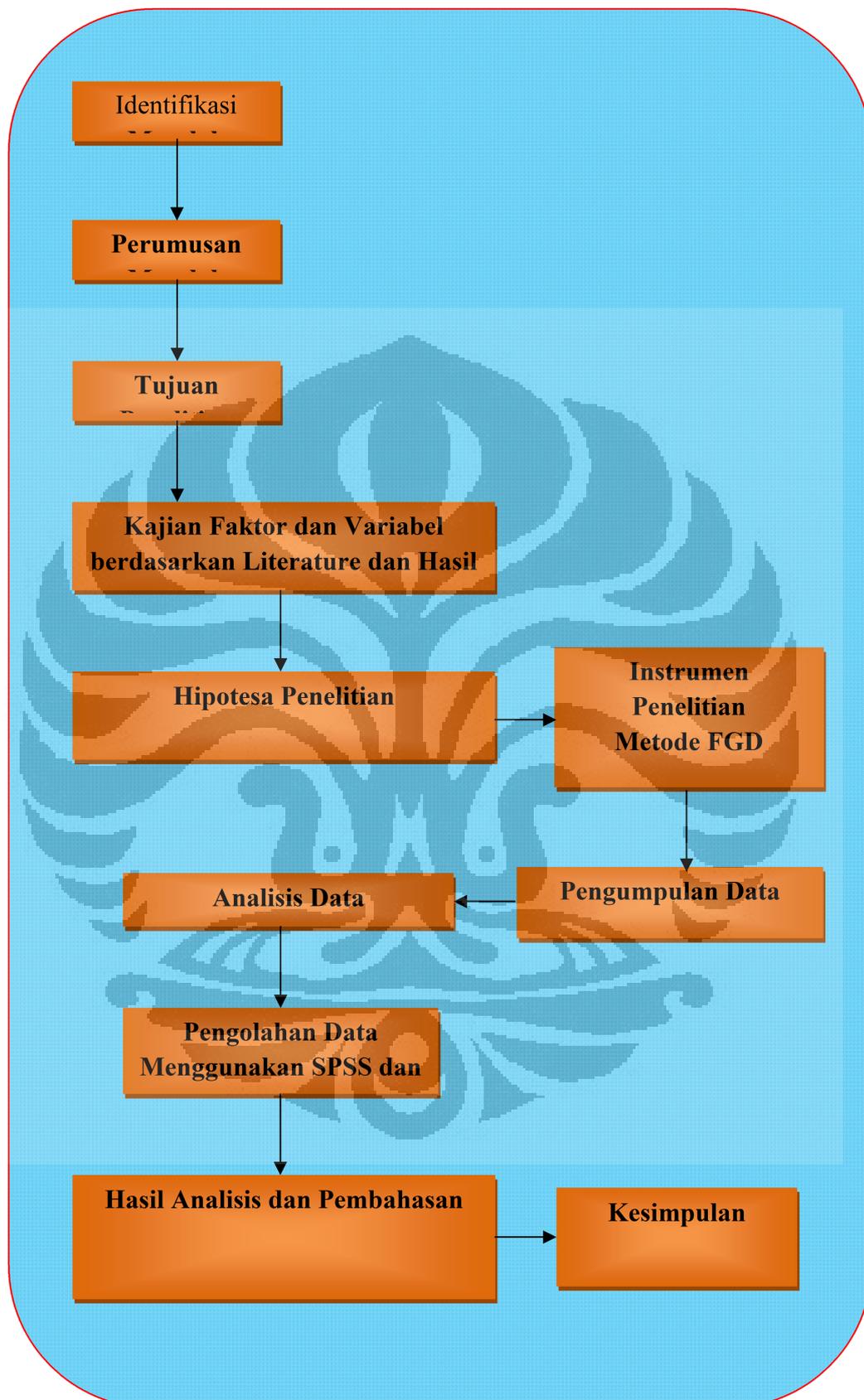
Melakukan penelitian yang bersifat ilmiah, memerlukan tahapan-tahapan atau yang lebih dikenal dengan proses penelitian. Proses penelitian disesuaikan dengan paradigma penelitian yang digunakan. Secara sistematis proses penelitian memiliki lima tahapan yaitu: identifikasi masalah, mencari informasi tentang masalah, pengumpulan data-data, menganalisis data-data, dan membuat kesimpulan.

Urutan proses penelitian dimulai dari melakukan identifikasi masalah, setelah masalah teridentifikasi, maka selanjutnya mencari informasi masalah yang ada melalui berbagai referensi, setelah informasi diperoleh sesuai dengan identifikasi masalah, maka dilakukan pengumpulan data, setelah itu baru dilakukan analisis untuk menentukan bagaimana cara penyelesaiannya, dan yang terakhir adalah membuat kesimpulan atas rumusan masalah yang telah diteliti. Sedangkan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan pada diagram alir proses penelitian sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Penelitian (Rosmariyani)



Gambar 3.2 diagram alir proses penelitian

Dari gambar penelitian ibu Rosmariyani diatas terlihat bahwa diagram yang terdapat warna biru dan tanda panah tebal adalah diagram alir proses penelitian yang dilakukan oleh penulis. Sedangkan untuk gambar 3.2 merupakan alir penelitian yang saya gunakan dalam penelitian ini secara spesifik mengenai DoC-nya.

### 3.4 Pengumpulan Data

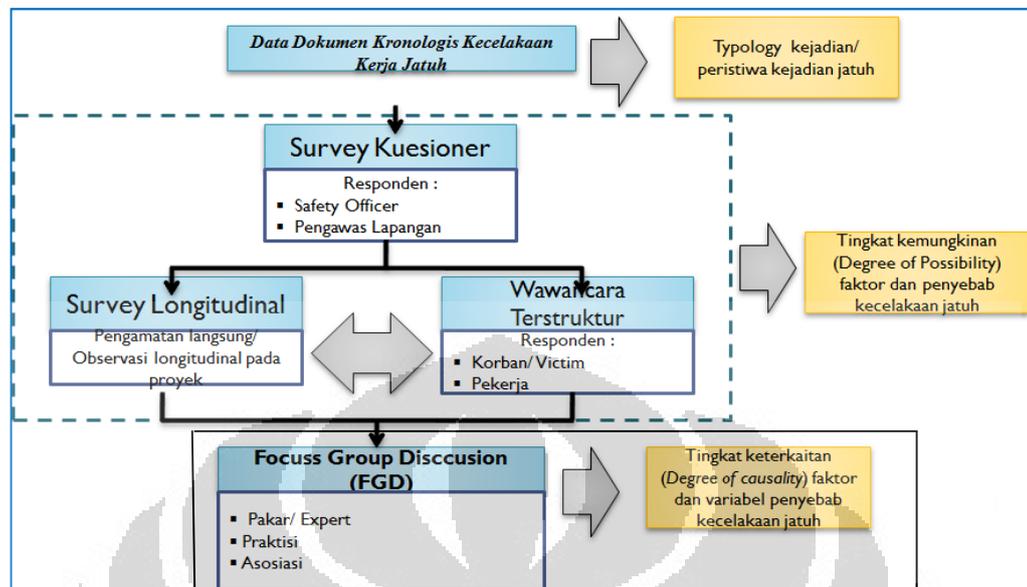
Kegiatan pengumpulan data pada prinsipnya merupakan kegiatan penggunaan metode dan instrumen yang telah ditentukan dan diuji validitas dan reliabilitasnya. Secara sederhana, pengumpulan data diartikan sebagai proses atau kegiatan yang dilakukan peneliti untuk mengungkap atau menjangring berbagai fenomena, informasi atau kondisi lokasi penelitian sesuai dengan lingkup penelitian (Arikunto, 1997). Dalam prakteknya, pengumpulan data ada yang dilaksanakan melalui pendekatan penelitian kuantitatif dan kualitatif. Dengan kondisi tersebut, pengertian pengumpulan data diartikan juga sebagai proses yang menggambarkan proses pengumpulan data yang dilaksanakan dalam penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif.

Pengumpulan data, dapat dimaknai juga sebagai kegiatan peneliti dalam upaya mengumpulkan sejumlah data lapangan yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian (untuk penelitian kualitatif), atau menguji hipotesis (untuk penelitian kuantitatif).

Jenis data yang digunakan dalam studi kasus ini adalah data kualitatif, yaitu data yang tidak disajikan dalam bentuk angka, tetapi disajikan dalam bentuk kalimat. Data kualitatif ini meliputi data primer dan data sekunder:

1. Data Primer, merupakan data yang langsung dikumpulkan dari sumber pertama (pokok) dengan cara survey dan wawancara langsung dengan pihak terkait guna memperoleh data atas permasalahan yang diteliti. Data primer penelitian ini menggunakan cara survey dengan metode *Focus Group Discussion*.
2. Data Sekunder, merupakan data yang didapat dari pihak terkait (pakar) atau yang diperoleh dari studi literatur, seperti buku-buku, jurnal, makalah, dan dapat juga data yang sudah diolah yang sudah merupakan hasil olahan pihak

Skema pengumpulan data dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.3 Skema pengumpulan data( Rosmariyani )

Disini penulis hanya fokus pada bagan yang diberi tanda kotak hitam saja, yaitu untuk memperoleh keterkaitan antara faktor dan variabel penyebab kecelakaan kerja.

### 3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, objek atau suatu kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga dapat ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2009).

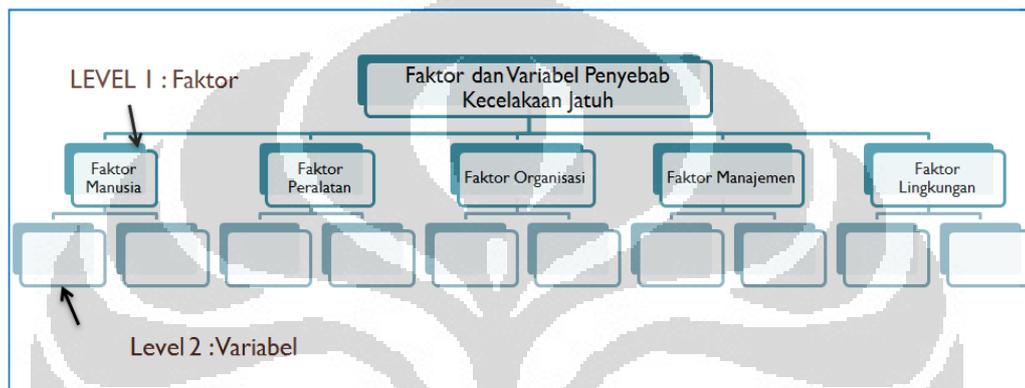
Variabel dapat dibedakan menjadi lima jenis (Sugiyono, 2009), yaitu:

1. Variabel Independen (bebas), variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel dependen (terikat).
2. Variabel Dependen (terikat), variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas.
3. Variabel Moderator, variabel yang mempengaruhi hubungan antara variabel independen dan variabel dependen.
4. Variabel Intervening, variabel yang secara teoritis mempengaruhi hubungan antara variabel independen dan variabel dependen menjadi hubungan tidak

langsung dan tidak dapat diamati atau diukur.

5. Variabel Kontrol, variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti.

Disini, karena penelitian penulis merupakan bagian dari disertasi, yang sebelumnya telah melakukan kuisisioner / pengambilan data. Maka variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 skema faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh  
(sumber : telah diolah kembali, Rosmariani)

Pada penelitian ini, saya menggunakan istilah faktor dan variabel untuk mengetahui penyebab kecelakaan jatuh. Manusia, lingkungan, peralatan, organisasi serta manajemen saya pergunakan istilah faktor. Sedangkan untuk apa saja hal yang menyebabkan kecelakaan jatuh pada masing – masing faktor tersebut saya pergunakan istilah variabel. Perbedaan istilah tersebut berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia tahun 2011 bahwa faktor adalah sesuatu / hal / peristiwa yang menyebabkan terjadinya sesuatu sedangkan variabel adalah sesuatu yang dapat berubah dan tidak pasti nilainya. Untuk itu saya menggunakan istilah faktor karena manusia, lingkungan, dsb merupakan sesuatu yang memang menyebabkan terjadinya kecelakaan jatuh sedangkan variabel yang ada di masing – masing faktor karena kita tidak mengetahui peluang terjadinya kecelakaan jatuh berapa nilainya sehingga kami menggunakan range -4 sampai dengan 4 untuk memberikan nilai penyebab dari variabel – variabel tersebut.

*Degree of Casuality* yang saya teliti merupakan bagian dari disertasi dari

bu Rosmariyani, sehingga yang saya gunakan hanyalah variabel bebas karena tidak bertujuan untuk memperoleh hasil akhir / variabel terikatnya.

Penelitian dari bu Rosmariyani adalah untuk mencari Indeks kerentanan Jatuh dimana

$$FAI = DoP \times DoC \times DoI \times DoF$$

FAI= Fall Accident index ( variabel terikat)

DoP= Degree of Possibly ( variabel bebas)

DoC= Degree of Casualty ( variabel bebas)

DoI= Degree of Impact ( variabel bebas)

DoF= Degree of Frekuensi( variabel bebas)

Dari hasil literatur dan data dari Jamsostek selanjutnya dilakukan pengelompokan variabel. Pengelompokan variabel dilakukan menggunakan diagram fishbone sehingga di dapat variabel mana saja yang termasuk dalam faktor manusia, peralatan, lingkungan, manajemen maupun organisasi. Dari hasil fish bone didapatlah 65 variabel yang kemudian dibuat untuk bahan kuisiner kepada 40 responden yang ada.

Berdasarkan hasil kuisiner yang ada, selanjutnya diolah menggunakan program Fuzzy untuk mendapatkan nilai *Degree of Possibly* ( Kemungkinan) dengan menggunakan parameter tingkat kemungkinan (DoP) 4 kriteria : 1) Tidak Mungkin (*Unlikely*), 2) Sedikit Mungkin (*Less Likely*), 3) Mungkin (*Likely*) dan, 4) Sangat Mungkin. (*Most Likely*).

Untuk penelitian saya sendiri, pada rumusan masalahnya bertujuan untuk mencari faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh juga ikut dibahas. Hal itu dikarenakan dalam penelitian tentang *Degree of Casualty* ini tidak terlepas dari pengaruh faktor dan variabel yang ada. Untuk DoC sendiri, kita tidak menggunakan semua variabel yang ada ( 65 variabel). Akan tetapi , tidak semua variabel itu kita pakai. Saya hanya menggunakan 28 variabel yang dihasilkan DoP menggunakan program fuzzy. Pemakaian 28 variabel ini berdasarkan variabel yang mempunyai Tingkat Kemungkinan/ *DoP* 3 yang berarti variabel tersebut mungkin atau sangat mungkin menimbulkan terjadinya kecelakaan jatuh.

Tabel 3.2 Hasil pengolahan DoP menggunakan FMEDM

Faktor	No	Tingkat Kemungkinan ( <i>Degree of Possibility</i> )						Rata-rata		Perangkin Tingkat Kemungkinan ( <i>Degree of Possibility</i> )
		Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5	Kasus 6			
Manusia	1	3,400	3,275	3,500	3,250	3,425	3,375	3,450	XM7	Tidak menggunakan Alat PelindunganDini/ APD yang telah disediakan
	2	2,375	2,600	2,500	2,450	2,775	2,400	3,400	XM19	Tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja
	3	3,275	3,075	3,100	3,000	3,500	3,100	3,371	XM1	Kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja
	4	3,200	2,975	2,875	3,175	3,325	3,025	3,350	XL60	Kelembaban udara yang tinggi
	5	2,000	2,100	1,825	2,125	2,125	1,975	3,317	XO37	Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran
	6	2,975	2,925	3,025	3,000	3,375	3,000	3,317	XL57	Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan tenik matahan)
	7	3,675	3,575	3,175	3,225	3,700	3,350	3,292	XO35	Kurangnya komitmen pimpinan
	8	2,900	2,975	3,000	2,875	3,200	3,175	3,242	XL62	Kondisi permukaan tempat berjalan dan bekerja yang tidak aman
	9	2,925	3,050	3,075	3,375	3,425	3,050	3,233	XM21	Bekerja dalam kondisi fisik yang buruk
	10	3,025	2,825	3,225	3,325	3,200	3,150	3,200	XJ49	Tidak adanya/ kurangnya program training keselamatan kerja
	11	3,125	2,700	2,850	2,850	2,900	2,625	3,175	XM3	Kurangnya pengalaman dalam bekerja
	12	2,550	2,475	2,775	2,825	2,900	2,775	3,154	XJ53	Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja
	13	2,825	2,900	2,875	2,800	2,825	2,925	3,150	XM9	Bercanda pada saat bekerja
	14	3,275	2,850	2,875	2,850	3,250	2,900	3,150	XJ55	Kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak
	15	2,950	2,950	3,000	3,025	3,025	3,100	3,129	XJ42	Kurangnya pengawasan terhadap keselamatan kerja
	16	2,850	2,375	2,450	2,725	2,525	2,425	3,125	XM10	Terlalu percaya diri
	17	3,125	3,000	2,950	3,025	2,925	2,900	3,096	XM4	Rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan kompetensi dalam bekerja
	18	3,000	2,800	2,850	3,050	3,075	3,025	3,092	XJ51	Tidak adanya pengaturan keselamatan kerja pada kontrak
	19	3,575	3,250	3,100	3,400	3,650	3,425	3,079	XP29	Kurangnya pemeliharaan dan pemiksaan peralatan kerja
	20	2,850	2,700	3,150	2,825	3,125	2,825	3,075	XP31	Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi
	21	3,275	3,275	3,125	3,325	3,450	2,950	3,063	XJ41	Metode kerja yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan
	22	3,200	2,825	2,900	3,300	3,375	2,750	3,058	XM22	Kelelahan dan kelesuan
23	2,650	2,575	2,800	2,975	2,875	2,400	3,050	XM6	Rendahnya motivasi akan keselamatan kerja	
24	2,675	2,575	2,475	3,075	2,750	2,450	3,042	XP27	Kondisi system dan fisik peralatan kerja yang rusak	
25	2,550	2,350	2,250	2,400	2,625	2,325	3,038	XJ40	Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek	
26	2,750	2,450	2,625	2,625	2,650	2,250	3,021	XM8	Tidak konsentrasi dalam bekerja	
27	3,100	3,050	3,000	3,025	2,900	3,175	3,000	XM15	Merasa tidak nyaman dalam bekerja	
28	2,925	2,725	2,850	2,975	3,000	3,150	3,000	XM14	Menggunakan peralatan yang rusak dalam bekerja	
29	3,175	3,075	3,075	3,050	3,000	3,100	2,988	XM17	Bekerja di bawah pengaruh alcohol atau obat-obat terlarang	
30	2,875	2,900	2,825	2,900	3,050	2,925	2,967	XM18	Posisi yang tidak tepat untuk bekerja	
31	3,025	3,000	3,475	2,900	2,925	3,125	2,963	XL59	Ruang gerak yang terbatas	
32	3,050	2,950	2,675	3,000	3,025	3,000	2,950	XP32	Pengoperasian peralatan kerja tanpa wewenang	
33	2,700	2,625	2,475	2,750	3,000	2,900	2,946	XJ54	Alat pelindungan diri (APD) yang tidak efektif	
34	2,550	2,625	2,525	2,575	3,100	2,975	2,938	XP28	Desain peralatan kerja yang tidak sesuai dengan pekerjaan	
35	3,125	3,225	3,125	3,250	3,650	3,375	2,913	XM20	Kurangnya sosialisasi tentang keselamatan kerja	
36	2,925	2,850	3,000	2,900	2,675	2,675	2,913	XP30	Peralatan kerja tidak dikalibrasi	
37	3,275	3,225	3,125	3,250	3,650	3,375	2,875	XJ48	Tidak ada usaha untuk memperbaiki keadaan bahaya yang sudah ada	
38	2,925	2,850	2,875	2,500	2,625	2,675	2,867	XL61	Pengaruh kecepatan angin	
39	3,025	2,700	2,675	2,525	2,775	2,850	2,858	XM13	Penggunaan peralatan kerja / perlengkapan kerja yang salah	
40	3,050	2,775	3,225	2,975	3,200	3,000	2,858	XJ47	Kurangnya pengawasan terhadap pekerja	
41	3,175	3,025	3,075	2,800	3,150	3,150	2,858	XJ56	Pengoperasian peralatan perlindungan diri yang tidak sesuai	
42	3,200	2,925	3,150	3,050	3,250	3,200	2,842	XM11	Bekerja tanpa kewenangan pada pekerjaan	
43	2,700	2,400	2,525	2,325	2,600	2,425	2,842	XJ50	Tidak tersedianya perlengkapan/ peralatan keselamatan kerja	
44	2,925	2,775	2,825	2,375	2,825	2,775	2,838	XO36	Kurangnya budaya keselamatan kerja	
45	2,850	2,450	2,725	2,525	2,825	2,650	2,829	XL57	Kurangnya ventilasi	
46	2,800	2,725	2,600	2,500	2,875	2,675	2,758	XO39	Kurangnya kepemimpinan/ leadership akan keselamatan kerja	
47	2,700	2,775	2,875	2,700	3,200	2,900	2,750	XJ44	Tidak cukupnya instruksi keselamatan kerja	
48	2,900	2,650	3,050	2,800	2,800	3,050	2,742	XP33	Servis area pergerakan peralatan yang terbatas	
49	3,150	3,175	3,300	3,050	3,275	3,250	2,742	XO38	Tidak adanya petugas keselamatan kerja	
50	3,000	2,700	3,100	2,675	3,125	2,450	2,725	XP34	Kurangnya kepedulian operator terhadap pentingnya keselamatan kerja	
51	3,600	3,200	3,075	2,950	3,050	2,675	2,717	XM12	Mengangkat/ penanganan/ pemindahan obyek/ material yang tidak tepat	
52	2,375	2,350	2,825	2,200	2,575	2,675	2,713	XM23	Adanya cacat tubuh yang tidak terlihat	
53	3,400	3,000	3,075	3,300	3,225	2,925	2,696	XJ46	Tidak adanya perencanaan keselamatan kerja	
54	2,950	2,850	2,950	3,000	3,050	2,875	2,683	XL57	Tidak ada penerangan	
55	3,125	3,150	3,250	3,100	3,375	2,900	2,671	XJ45	Tidak adanya kewajiban melaksanakan peraturan keselamatan kerja	
56	2,825	2,900	2,925	2,750	3,025	2,725	2,667	XM24	Kondisi fisik yang tidak sesuai dengan jenis pekerjaan	
Langgungan	57	3,500	3,400	3,225	3,150	3,475	3,150	2,654	XL58	Penempatan dan pengelompokan benda-benda atau bahan-bahan yang tidak tepat di lokasi yang berbahaya
	58	2,700	2,750	2,725	2,450	2,750	2,550	2,558	XM16	Membuang/ menjatuhkan atau tanpa sengaja benda dari ketinggian
	59	2,975	3,175	2,900	2,825	3,100	2,800	2,558	XM26	Tidak dilakukan check kesehatan pekerja sebelum masuk
60	3,475	3,275	3,450	3,275	3,400	3,225	2,525	XL63	Lokasi kerja yang tidak teratur	
61	2,675	2,750	2,900	2,875	3,000	3,000	2,517	XM2	Emosi yang kurang stabil	
62	3,350	3,300	3,325	3,425	3,125	2,925	2,500	XJ52	Kurangnya peringatan/bahaya/ tanda-tandabahaya	
63	2,525	2,325	2,775	2,650	2,300	2,575	2,496	XJ43	Durasi/ waktu proyek yang sangat pendek	
64	2,700	2,425	2,900	2,900	2,575	2,600	2,417	XM25	Umar pekerja yang tidak sesuai	
65	2,800	2,825	2,875	2,850	2,900	2,725	2,025	XM5	Rendahnya status ekonomi	

(Sumber: telah diolah (Rosmariyani, 2011))

Dari tabel diatas, kita mendapatkan variabel – variabel yang mempunyai nilai 3 untuk tiap – tiap faktor seperti tabel dibawah ini :

Tabel 3.3 Variabel Bebas Penelitian

<b>Faktor Manusia</b>	<b>Variabel</b>
1	Kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja
2	Kurangnya pengalaman dalam bekerja
3	Rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan kompetensi dalam bekerja
4	Rendahnya motivasi akan keselamatan kerja
5	Tidak menggunakan alat perlindungan diri/APD yang telah disediakan
6	Bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang
7	Tidak konsentrasi dalam bekerja
8	Bercanda pada saat bekerja
9	Penggunaan peralatan kerja/ perlengkapan kerja yang salah
10	Menggunakan peralatan yang rusak dalam bekerja
11	Tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja
12	Bekerja dalam kondisi fisik yang buruk
13	Keletihan dan kelesuan

<b>Faktor Organisasi</b>	<b>Variabel</b>
1	Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran
2	Kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja

<b>Faktor Manajemen</b>	<b>Variabel</b>
1	Tidak adanya/ kurangnya program training keselamatan kerja
2	Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja
3	Kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak
4	Kurangnya pengawasan terhadap keselamatan kerja
5	Tidak adanya pengaturan keselamatan kerja pada kontrak
6	Metode kerja yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan
7	Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek

<b>Faktor Lingkungan</b>	<b>Variabel</b>
1	Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari)
2	Kondisi permukaan tempat berjalan dan bekerja yang tidak aman
3	Tidak ada penerangan

<b>Faktor Peralatan</b>	<b>Variabel</b>
1	Kondisi system dan fisik peralatan kerja yang rusak
2	Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja
3	Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi

### 3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen merupakan alat bantu untuk memperoleh data tentang status sesuatu dibandingkan dengan standar atau ukuran yang telah ditentukan. Atas dasar pengertian ini, mengevaluasi sesungguhnya mengadakan pengukuran. Kegiatan pengukuran berarti menggunakan alat ukur. Mencermati pengertian instrumen dan metode pada hakekatnya sama saja dengan alat evaluasi. Variasi jenis instrumen penelitian adalah, angket, ceklis (check-list), atau daftar centang, pedoman wawancara, pedoman pengamatan (Arikunto, 1998).

Dalam kaitannya dengan jenis penelitian, maka instrumen penelitian pada penelitian kuantitatif dengan penelitian kualitatif memiliki karakteristik yang berbeda. Dalam penelitian kuantitatif, yang dimaksud dengan instrumen penelitian adalah alat pengumpul data yang dikonstruksi atau dibuat oleh penelitian, seperti angket, pedoman wawancara, dan sejenisnya. Sedangkan dalam penelitian kualitatif, yang dimaksud dengan instrumen penelitian adalah peneliti sendiri, sehingga dalam penelitian kualitatif, sering dikatakan peneliti sebagai instrumen penelitian.

Ada beberapa instrumen penelitian yang akan dibahas berikut ini sesuai dengan strategi pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

#### 1. FGD(*Focus Group Discussion*)

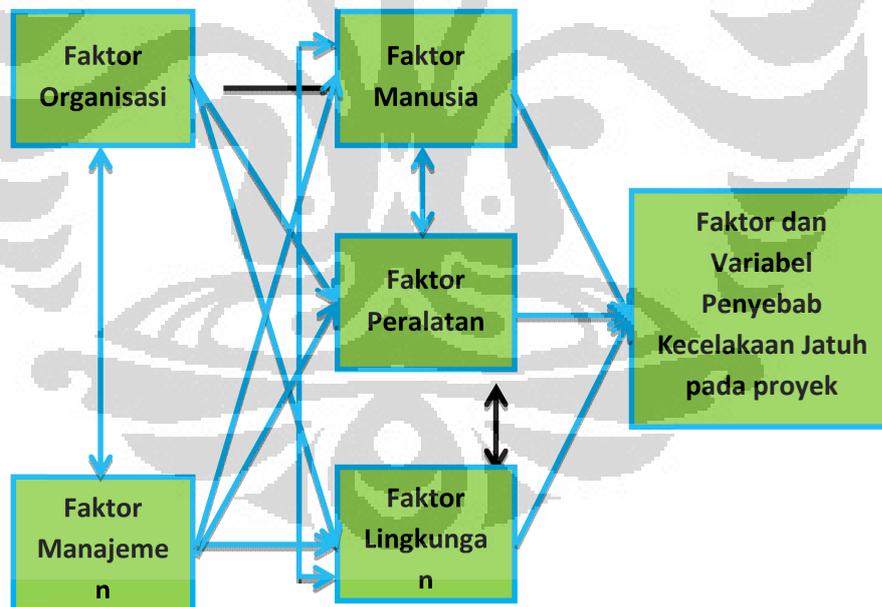
FGD adalah suatu metode riset yang oleh Irwanto (1988:1) didefinisikan sebagai “suatu proses pengumpulan informasi mengenai suatu permasalahan tertentu yang sangat spesifik melalui diskusi kelompok” (Irwanto, 1988:1). Dengan perkataan lain FGD merupakan proses pengumpulan informasi bukan melalui wawancara, bukan perorangan, dan bukan diskusi bebas tanpa topik spesifik. Metode FGD termasuk metode kualitatif. Seperti metode kualitatif lainnya (direct observation, indepth interview, dsb) FGD berupaya menjawab jenis-jenis pertanyaan how-and why, bukan jenis-jenis pertanyaan what-and-how-many yang khas untuk metode kuantitatif (survei, dsb). FGD dan metode kualitatif lainnya sebenarnya lebih sesuai dibandingkan metode kuantitatif untuk suatu studi yang bertujuan “to generate theories and explanations” (Morgan and Kruger, 1993:9)

Dalam penelitian melalui FGD membahas tentang pemodelan causal

mechanism faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh di proyek konstruksi bersama para pakar yang sangat kompeten di bidang konstruksi. Format data yang diajukan untuk dibahas ini terdiri atas tiga macam bentuk format, yaitu *form A*, *form B*, dan *form C*. Form A berisi tentang struktur penyebab kecelakaan kerja jatu pada proyek konstruksi.

### Contoh Format *form A*

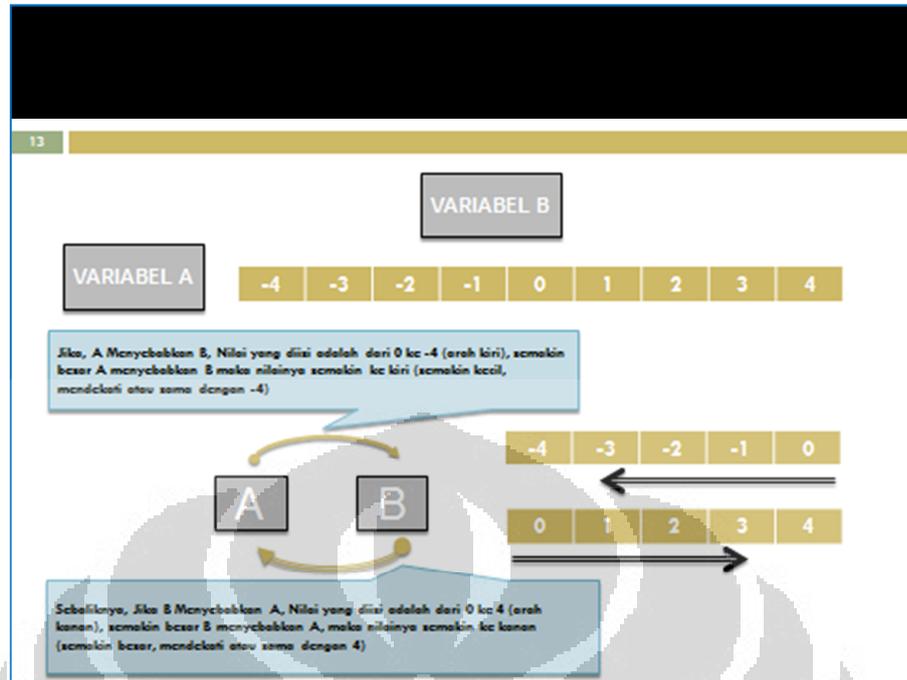
Untuk kuisioner form A menjelaskan bahwa dari analisis deduktive yang dilakukan di peroleh bahwa faktor penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proyek konstruksi terdiri dari lima faktor (Faktor Manusia, Faktor Peralatan, Faktor Organisasi, Faktor Manajemen dan Faktor Lingkungan dengan struktur seperti yang terlampir pada form A. Dalam FGD yang dilakukan, para pakar dan praktisi akan dimintai pendapat tentang hubungan faktor – faktor dalam form A apakah setuju atau tidak dengan urutan dan hubungannya antara faktor – faktor.



Gambar 3.5 Struktur *Form A*

Selanjutnya yang dibahas adalah *form B* dan *form C*, yaitu mengenai faktor dan variabel yang saling berkaitan satu sama lainnya yang diwujudkan dengan besaran skala tertentu. Dan juga membahas mengenai pengaruh dan dampak dari faktor





Gambar 3.6 Petunjuk Pengisian *Form B* dan *Form C*

Dari gambar diatas dapat disimpulkan dua cara yaitu:

- 1) Jika, A menyebabkan B, nilai yang diisi adalah dari 0 ke -4 (arah kiri), semakin besar A menyebabkan B, maka nilainya semakin ke kiri (semakin kecil, mendekati atau sama dengan -4).
- 2) Jika B menyebabkan A, nilai yang diisi adalah dari 0 ke 4 (arah kanan), semakin besar B menyebabkan A, maka nilainya semakin ke kanan (semakin besar, mendekati atau sama dengan 4).

### 3.7 Pengukuran Penelitian

Skala pengukuran merupakan kesepakatan yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan panjang pendeknya interval yang ada dalam alat ukur, sehingga alat ukur tersebut bila digunakan dalam pengukuran akan menghasilkan data kuantitatif. Dengan demikian skala pengukuran adalah aturan atau tata cara memberikan angka atau nilai pada aspek-aspek objek, manusia, pernyataan, dan kejadian (Jonathan dan Tutty, 2008). Pemberian angka tidak boleh dilakukan sembarangan, tetapi harus didasarkan pada konsep dan definisi operasional variabel. Dengan skala pengukuran ini, maka nilai variabel yang diukur dengan

instrument survey (dalam penelitian ini) dapat dinyatakan dalam bentuk angka, sehingga akan lebih akurat.

Ada empat tingkatan dalam skala pengukuran (Muh. Nazir, 1999), yaitu:

1. Skala Nominal, digunakan untuk mengklasifikasikan individu atau kelompok. Sebagai contoh mengklasifikasikan jenis kelamin, pekerjaan, dan area geografis dalam mengidentifikasi hal-hal tersebut digunakan angka-angka sebagai label untuk melakukan identifikasi atau klasifikasi. Apabila menggunakan skala pengukuran nominal, maka hasil statistik non parametric digunakan untuk menganalisis datanya, dan hasil analisis dipresentasikan dalam bentuk persentase.
2. Skala Ordinal, memberikan informasi tentang jumlah relatif karakteristik berbeda yang dimiliki objek atau individu tertentu. Tingkat pengukuran ini mempunyai informasi skala nominal ditambah dengan sarana peringkat relatif tertentu yang memberikan informasi apakah suatu objek memiliki karakteristik yang lebih atau kurang.
3. Skala Interval, Skala ini memiliki karakteristik seperti yang dimiliki oleh skala nominal maupun ordinal, dengan ditambah karakteristik lain yaitu adanya interval yang tetap. Dengan demikian dapat terlihat perbedaan karakteristik antar satu individu. Skala interval benar-benar merupakan angka yang dapat dipergunakan untuk operasi aritmatika.
4. Skala Rasio, skala ini memiliki semua karakteristik yang dimiliki oleh skala nominal, ordinal, dan interval. Pengukuran rasio biasanya dalam bentuk perbandingan antara satu individu atau objek tertentu dengan lainnya.

Pada penelitian ini yang digunakan dalam penyusunan kuesioner menggunakan skala interval karena untuk variabel penyebab kecelakaan jatuh, dalam kuisisioner kita mencantumkan interval dari -4 sampai dengan 4. Dimana -4 sampai dengan 0 jika A yang menyebabkan B dan skala 0 sampai dengan 4 jika B yang menyebabkan A.

### 3.8 Metode Analisis Data Penelitian

Data yang diperoleh dari kuesioner kemudian dilakukan analisis dan perhitungan statistik. Penelitian ini menggunakan data jenis kualitatif. Data kualitatif karena bukan data angka dalam arti sesungguhnya, tidak bisa disamakan perlakuannya dengan data kuantitatif.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Analisis Deskriptif
2. Analisis Sistem Fuzzy

#### 3.8.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif berfungsi untuk memberikan gambaran umum tentang data yang telah diperoleh. Gambaran umum ini bias menjadi acuan untuk melihat karakteristik data yang kita peroleh. Analisis ini menggunakan bantuan program SPSS versi 17 untuk mengolah data-data ke berbagai tipe statistik yang digunakan.

Analisis statistik menggunakan bantuan program SPSS versi 17 ini diantaranya adalah analisis mean. Analisis mean difungsikan untuk mendapatkan rata-rata tinggi rendahnya jawaban responden pada tiap variable kuesioner yang diajukan.

#### 3.8.2 Analisis Sistem Fuzzy

Analisis berbasis Sistem Fuzzy ini bertujuan untuk melihat tingkat pengaruh sebab akibat (keterkaitan) dari masing-masing faktor penyebab kecelakaan jatuh atau variabel yang ada dengan menggunakan bantuan Program Matlab v7.8 yang didalamnya terdapat *toolbox* system fuzzy. Sebenarnya fungsi dari Fuzzy dan SPSS sama yaitu untuk membandingkan hasil dari peserta FGD bagaimana nilai keterkaitan yang mayor dari faktor dan variabel penyebab kecelakaan jatuh.

Untuk fuzzy manual ini kita menggunakan fuzzy AHP tetapi hanya sampai langkah defuzzifikasi karena kita hanya mencari nilai rata – rata saja, sedangkan untuk analisa AHP sampai langkah terakhir itu untuk mencari pembobotan. Penggunaan metode fuzzy AHP (FAHP) disebabkan proses

komputasi variabel linguistik, untuk perbandingan antar kriteria, adalah menggunakan bilangan fuzzy (Mon dkk. dalam Hsieh dkk. 2004). Sedangkan terminologi dan skala linguistik untuk penilaian alternatif pada kriteria yang bersesuaian berbeda dengan FAHP maka untuk mendapatkan performansi business relationship menggunakan pendekatan Fuzzy Multiple Criteria Decision Making, FMCDM (Hsieh dkk. 2004). Keluaran dari proses FMCDM adalah performansi nonfuzzy setiap alternatif. Langkah - langkahnya ada diantaranya menggunakan bilangan fuzzy pada interval aritmetik yaitu menggunakan rating dari alternatif – alternatif yang berbeda terhadap kriteria, disajikan secara linguistik dalam bentuk bilangan fuzzy ( fuzzy number) yaitu triangular fuzzy. Setelah menggunakan skala fuzzy selanjutnya dilakukan bobot rata – rata menggunakan rumus ( Sri Kusumadewi, 2006) yaitu :

$$W_j = (1/k)(w_{j1} + w_{j2} + \dots + w_{jk})$$

Setelah kita bobot kemudian dilakukan COA dengan menggunakan BNP seperti pada fuzzy AHP diatas. Perlu diketahui sebelumnya bahwa proses pengerjaan MCDM ada beberapa cara diantaranya dengan menggunakan Simple Additive Weighting Metode, Weighted Product, Electre, Topsis dan juga AHP (Kusumadewi, 2006). Setelah dibobot dengan metode COA maka akan didapatkan perankingan untuk menentukan alternatif mana yang terbaik.

### 3.8.3 Analisa Hasil dengan Mape

Untuk menghitung akurasi dari data testing peramalan digunakan standart Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Suatu peramalan dikatakan sangat bagus apabila nilai MAPE kurang dari 10% dan dikatakan bagus apabila nilai MAPE diantara 10 % sampai 20% (Zainun dan Majid, 2003).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m \left( \left| \frac{f_t - \hat{f}_t}{\hat{f}_t} \right| \cdot 100\% \right)}{m}$$

$f_t$  = permintaan aktual periode t

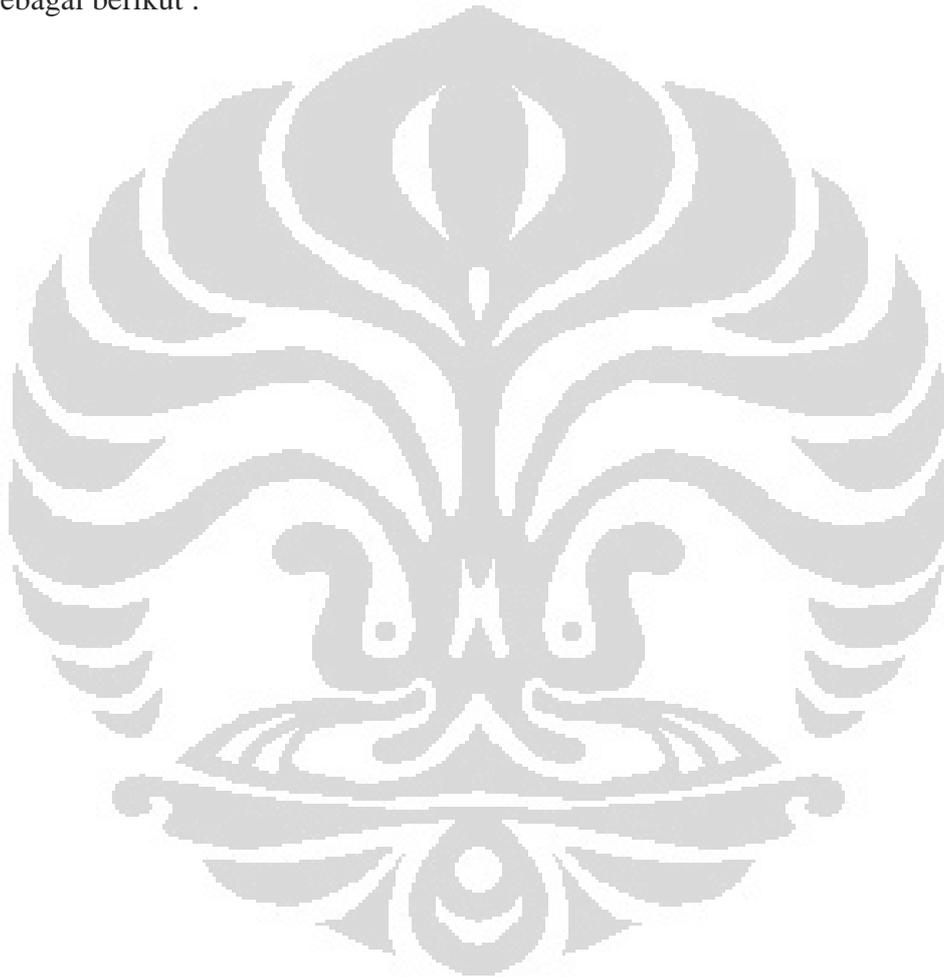
$\hat{f}_t$  = ramalan permintaan periode t

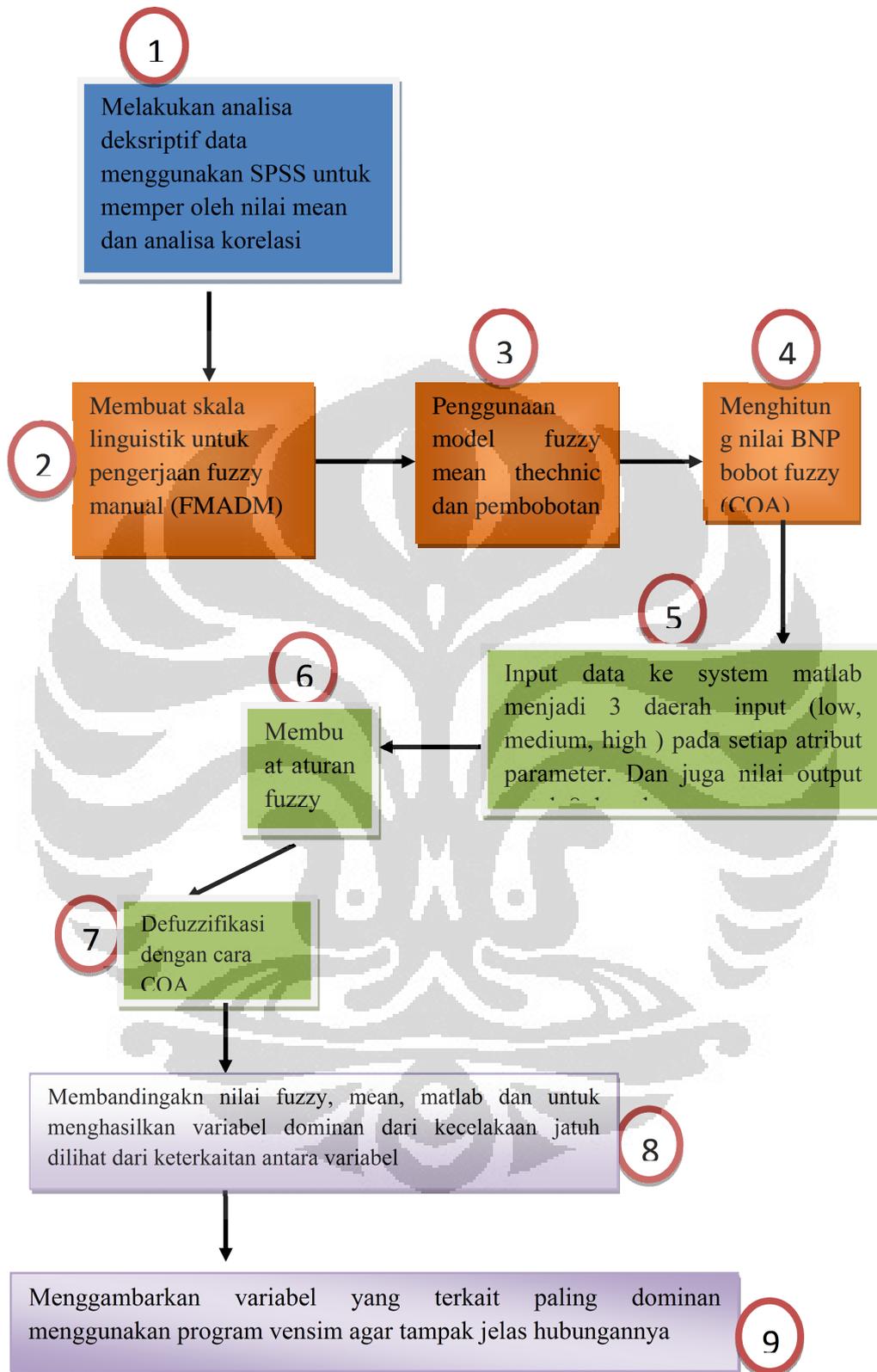
m = jumlah periode peramalan

Disini fungsi MAPE untuk menghitung nilai eror antara nilai fuzzy BNP, fuzzy matlab dan juga mean untuk melihat seberapa akurat hasil pengolahan datanya.

Setelah didapat nilai dominan untuk variabel yang sangat terkait selanjutnya untuk mempermudah melihat keterkaitan yang ada, variabel tersebut akan disajikan dalam bentuk gambar menggunakan software vensim

Untuk gambaran pengolahan data menggunakan fuzzy flow chartnya sebagai berikut :





Gambar 3.7 Flow Proses Pengolahan Data

## **BAB 4**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 Pendahuluan**

Bab ini akan berisi uraian mengenai tahapan pelaksanaan penelitian yang terdiri dari pengumpulan data dan pengolahan data penelitian. Tahapan pengumpulan data dilakukan melalui FGD (*Focus Group Discussion*). Dalam FGD ini dibagikan 3 bentuk form yaitu Form A berisi bagan hubungan / urutan variabel yang menyebabkan kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi. Form B berisi hubungan (*Causal Mechanism*) internal antara faktor yang sama yang menjadi penyebab kecelakaan jatuh. Untuk form C berisi hubungan (*Causal Mechanism*) secara eksternal antara faktor yang berbeda yang menjadi penyebab kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi. Fokus pembahasan skripsi penulia hanya untuk kuisisioner kedua dan ketiga karena FGD ini juga bagian penelitian dari Ibu Rosmariyani.

Setelah didapatkan data – data yang diperlukan, kemudian data dianalisis dengan analisis statistik deskriptif, analisis korelasi, dan analisis sistem Fuzzy. Untuk membantu pengolahan data maka penulis memakai software SPSS versi 17 dan Microsoft Excel 2007 untuk analisis deskriptif dan korelasi, Microsoft Excel 2007 untuk analisis sistem fuzzy secara manual, serta software matlab v7.8 untuk analisis sistem fuzzy. Untuk hasil akhirnya penulis juga menggunakan software Vensim untuk menggambarkan hubungan variabel agar lebih jelas dalam bentuk gambar

#### **4.2 Pengumpulan Data**

Proses pengumpulan data yang dilakukan dengan menggunakan metode FGD (*Focus Group Discussion*). FGD ini dimaksudkan untuk mempersingkat waktu pencarian data dan juga agar data yang dihasilkan diharapkan lebih valid. FGD ini dilaksanakan di Hotel Amos Cozy jalan Melawai Raya no 85 Blok M, Kebayoran Baru, Jakarta pada hari Rabu, 20 Oktober 2011 pukul 09.00 – 16.00 WIB. Untuk pakar – pakar yang terlibat dalam FGD ini yaitu :

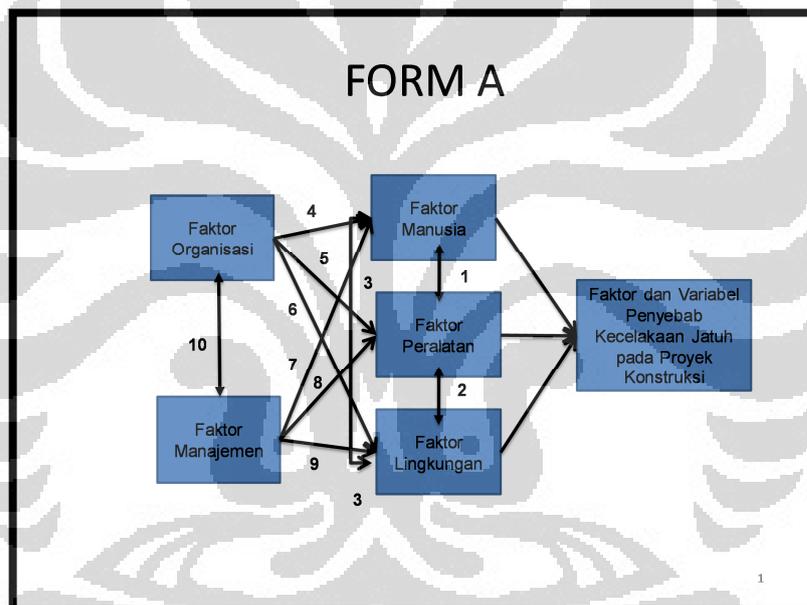
Tabel 4.1 Daftar Nama – Nama Pakar

No	Nama Pakar	Pekerjaan
1	Lilik Sumarliadi	Pakar K3 Indonesia (Pakar)
2	Maruli H. Siregar	HSE Manager PT. Adhi Karya (Praktisi)
3	Anas Zaini Z. Iksan	Ketua Umum A2K4 (Asosiasi)
4	Mushanif Mukti	Ketua I A2K4 (Asosiasi)
5	Hari susanto	PT. Nindya Karya (Praktisi)
6	Puji Setyastuti	PT. Nindya Karya (Praktisi)

(Sumber : telah diolah kembali)

## 4.2.1 Form A

Form A tahap pertama ini menyajikan bagan seperti dibawah ini :



Gambar 4.1 Form A

(Sumber telah diolah kembali)

Dari bagan diatas, para pakar diminta pendapatnya tentang bagan faktor penyebab kecelakaan jatuh. Maksud dari gambar diatas yaitu ada 5 faktor yang menyebabkan kecelakaan jatuh yaitu manajemen, organisasi, manusia, peralatan dan lingkungan. Disini faktor organisasi dan manajemen merupakan faktor induk yang kedudukannya setara dimana dari tanda panah yang ada, antara kedua faktor tersebut dapat saling memengaruhi. Selanjutnya ada faktor manusia, peralatan dan lingkungan dimana faktor manusia dan peralatan keduanya dapat saling

berkaitan menjadi penyebab kecelakaan dan juga ada faktor peralatan dan lingkungan yang juga keduanya dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan jatuh termasuk faktor manusia dan lingkungan yang saling berpengaruh. Akan tetapi, dari tanda panah yang ada faktor organisasi dan manajemen dapat mempengaruhi faktor peralatan, manusia dan lingkungan akan tetapi tidak berlaku sebaliknya. Untuk penomoran diatas hanya berfungsi untuk pengurutan terjadinya kecelakaan jatuh. Dimana faktor manusia, lingkungan dan peralatan merupakan faktor yang secara langsung menjadi penyebab kecelakaan jatuh sehingga urutannya pertama dan untuk manajemen dan organisasi merupakan faktor yang tidak langsung sehingga berada di urutan terakhir.

Para pakar diminta pendapatnya, apakah bagan serta urutan penomoran tersebut sudah sesuai atau tidak. Jika pendapat pakar tidak sesuai, para pakar diminta untuk menggambarkan gambar yang menurut mereka benar. Form A ini juga merupakan gambaran dari form B dan C dimana form B hubungan faktor secara internal sehingga berjumlah 5 hubungan, sedangkan untuk form C menggambarkan hubungan faktor secara eksternal yang berjumlah 10 hubungan. Yaitu manusia – peralatan, peralatan – lingkungan, manusia – manajemen, peralatan – manajemen, lingkungan – manajemen, organisasi – manusia, manusia – lingkungan, organisasi – peralatan, organisasi – lingkungan dan manajemen – organisasi.

Dari hasil diskusi bersama, mereka kurang begitu merespon form A ini dan kurang memberikan pendapat mereka. Ini hasil dari diskusi kuisioner form A:

Tabel 4.2 Hasil Diskusi FGD Form A

<b>Nama Pakar</b>	<b>Pendapat / hasil Diskusi</b>
Lilik Sumarliadi	Sependapat dengan urutan penomoran
Maruli H. Siregar	Sependapat dengan urutan tersebut tetapi hanya beberapa kombinasi faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan jatuh ( bukan semua kelima faktor)
Anas Zaini Z. Iksan	Sependapat dan menambahkan faktor material akan dimasukan ke faktor mana
Mushanif Mukti	Tidak sependapat karena faktor organisasilah yang akan me manage faktor manusia, peralatan dan lingkungan (jadi organisasi menjadi urutan pertama)
Hari susanto	Kurang sependapat karena faktor dominan yang menjadi

	penyebab kecelakaan kerja adalah faktor peralatan(jadi peralatan yang menjadi urutan pertama)
Puji Setyastuti	Sependapat dengan urutan penomoran dan kelima faktor penyebab kecelakaan jatuh

(Sumber : telah diolah kembali)

#### 4.2.2 Form B dan Form C

Form B ini berisi sebab akibat antara variabel – variabel penyebab kecelakaan jatuh dalam satu faktor. Sedangkan form C berisi sebab akibat antara variabel – variabel yang berbeda faktor yang menjadi penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proyek konstruksi. Skala yang digunakan dalam pengisian kuesioner penelitian ini adalah Skala Likert. Skala Likert adalah suatu skala psikometrik yang umum digunakan dalam kuesioner, dan merupakan skala yang paling banyak digunakan dalam riset berupa survei. Sewaktu menanggapi pertanyaan dalam skala Likert, responden menentukan tingkat persetujuan mereka terhadap suatu pernyataan dengan memilih salah satu dari pilihan yang telah disediakan. Biasanya penggunaan skala ini disediakan lima pilihan skala dengan format seperti berikut ini.

Tabel 4.3 Bobot dan Kategori Pengukuran

Keterangan	Penilaian
Sangat setuju	5
Setuju	4
Netral	3
Tidak setuju	2
Sangat tidak setuju	1

Selain pilihan dengan lima skala seperti contoh di atas, terkadang digunakan juga skala dengan tujuh atau sembilan tingkat. Suatu studi empiris menemukan bahwa beberapa karakteristik statistik hasil kuesioner dengan berbagai jumlah pilihan tersebut ternyata sangat mirip. Skala Likert merupakan metode skala bipolar yang mengukur baik tanggapan positif ataupun negatif terhadap suatu pernyataan. Berdasarkan studi empiris dan diskusi dengan para pakar, nilai bobot skala penilaian 3 untuk netral kurang pas untuk penelitian ini.

Seharusnya untuk netral (dalam hal ini berupa kuesioner penelitian ini seharusnya memakai angka 0). Sehingga saya dalam penelitian ini menggunakan empat pilihan skala dengan format seperti:

Tabel 4.4 Bobot dan Penilaian Pengukuran Dalam Penelitian ini

Keterangan	Penilaian
Mutlak Berkaitan	4
Sangat Berkaitan	3
Berkaitan	2
Sedikit Berkaitan	1
Tidak Berkaitan	0

Berdasarkan tabel diatas dapat dijabarkan bahwa bobot dan pengukuran penilaian untuk penelitian ini menggunakan lima skala penilaian, mulai dari 0 yang menandakan tidak berkaitan antara variabel- variabel yan dinilai sampai nilai 4 yang menandakan hubungan mutlak berkaitan antara variabel-variabel yang dinilai oleh pakar.

Untuk Contoh form B dan form C ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Format Form B

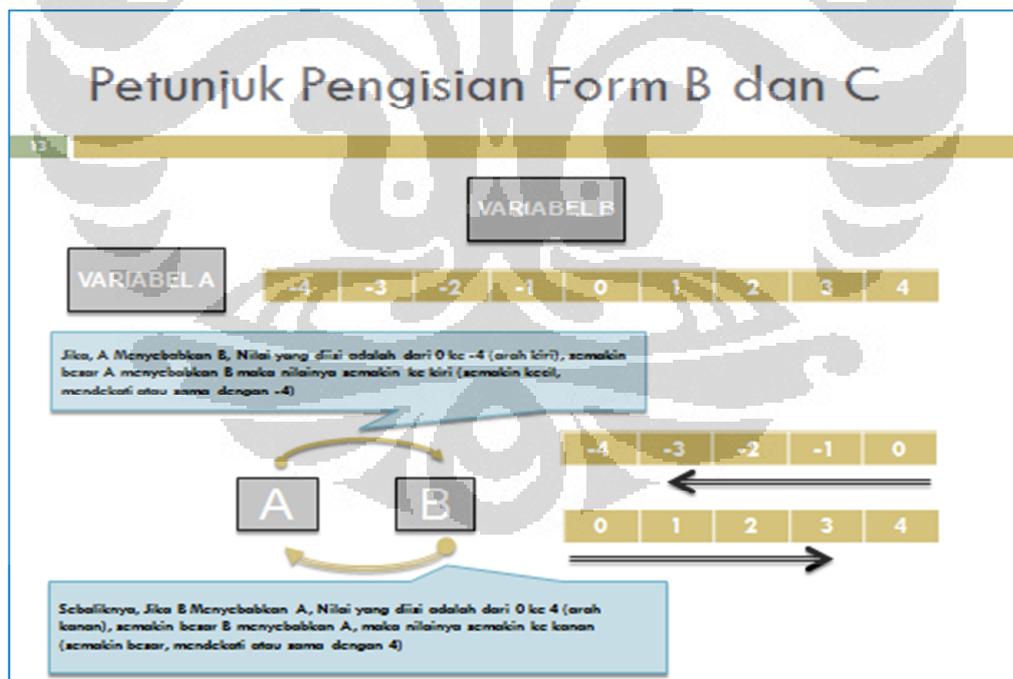
FORM B2		Faktor Organisasi								Tingkat Frekuensi				Tingkat Dampak					
Hubungan Mekanisme ( <i>Causal Mechanism</i> ) Faktor Organisasi		1				2				Sangat Sering	Sering	Kurang Sering	Jarang	Fatal/Meninggal	Luka Serius	Luka Ringan	Nyaris Luka		
Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran				Kuranganya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja													
		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Faktor Organisasi	1	Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran																	
	2	Kuranganya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja																	

Tabel 4.6 Contoh Form C

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Peralatan												Tingkat Frekuensi			Tingkat Dampak																				
		1				2				3				Sangat Sering	Sering	Kurang Sering	Jarang	Fatal/Meninggal	Luka Serius	Luka Ringan	Nyata Luka																
		Kondisi system dan fisik peralatan kerja yang rusak				Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja				Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi																											
Faktor Manajemen	1	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4									
	2																																				
	3																																				
	4																																				
	5																																				
	6																																				
	7																																				

(Sumber : telah diolah kembali)

Dari form B dan C, para pakar diminta untuk mengisi seberapa besar variabel yang ada menjadi penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Untuk petunjuk pengisian form B dan C sama karena perbedaannya hanya terletak pada *Causal Mechanism* secara internal dan eksternal. Berikut petunjuk pengisian form B dan C :



Gambar 4.2 Petunjuk pengisian form B dan C

(Sumber : telah diolah kembali)

Dari gambar petunjuk diatas, kita misalkan variabel yang vertikal adalah variabel A dan variabel yang mendatar/ horisontal adalah variabel B. Pada

formnya nilai yang ada berkisar dari -4 sampai dengan 4, ini hanya untuk membedakan mana yang menjadi penyebab jatuh, apakah variabel A atau variabel B.

Jika variabel A yang menjadi penyebab variabel B, sehingga akhirnya dapat menimbulkan kecelakaan jatuh, maka rentang nilainya yaitu antara 0 sampai -4. Jika semakin kuat variabel A menjadi penyebabnya, maka nilainya semakin mendekati nilai -4 atau bahkan -4. Akan tetapi jika variabel A tidak begitu kuat menyebabkan kecelakaan jatuh, maka nilainya mendekati 0. Nilai nol berarti antara kedua variabel tidak ada hubungannya menjadi penyebab kecelakaan kerja.

Jika variabel B yang menjadi penyebab variabel A, sehingga akhirnya dapat menimbulkan kecelakaan jatuh, maka rentang nilainya yaitu antara 0 sampai 4. Jika semakin kuat variabel A menjadi penyebabnya, maka nilainya semakin mendekati nilai 4 atau bahkan 4. Akan tetapi jika variabel B tidak begitu kuat menyebabkan kecelakaan jatuh, maka nilainya mendekati 0. Nilai nol berarti antara kedua variabel tidak ada hubungannya menjadi penyebab kecelakaan kerja. Untuk lebih jelasnya, penulis akan memberikan contoh hasil FGD form B salah satu pakar yaitu :

Tabel 4.7 Contoh Form B yang diisi

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Organizational										Faktor Personal							
		1					2					ngat sering	sering	ang sering	ak sering	meninggal	ka serius	ka ringan	aris luka
		Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran					Kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja												
Faktor Organisasi	1	v					v						v				v		
	2	v					v						v				v		

( Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.8 Form C yang diisi

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Peralatan																Tingkat Frekuensi		Tingkat Dampak						
		1				2				3				sangat sering	sering	kurang sering	tidak sering	fatal/meninggal	luka serius	luka ringan	nyaris luka					
		Kondisi system dan fisik peralatan kerja yang rusak				Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja				Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi kerja																
		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	-4	-3	-2	-1	0	1	2
Faktor Organisasi	1	v				v				v					v					v						
	2	v				v				v				v							v					

(Sumber : telah diolah kembali)

Berdasarkan dari pengisian form B diatas yaitu Pak Mursanif, dapat kita lihat bahwa kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja sangat berpengaruh menjadi penyebab tidak adanya pemberian hukuman / penalty jika terjadinya pelanggaran sehingga dapat menimbulkan terjadinya kecelakaan kerja jatuh pada proyek konstruksi. Pada form B ini ada sedikit koreksi bahwa pembuatan form B ini sedikit salah sehingga pada akhirnya membingungkan para pakar. Seharusnya tabel dibawah baris yang dikosongkan warna abu – abu itu dihilangkan saja karena pada dasarnya hubungan antar variabelnya sama dengan yang diatas baris yang diberi warna abu- abu. Seperti pada contoh form diatas dapat kita lihat kesalahan itu yang pada akhirnya akan menimbulkan ketidak validan data yang diperoleh. Pada form B ini terlihat juga bahwa variabel yang dibandingkan yaitu dalam satu faktor yaitu faktor organisasi dengan faktor organisasi sehingga disebut hubungan Causal Mechanism sera internal variabel penyebab kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi.

Pada skripsi penulis yang dibahas hanya tabel yang berwarna hijau saja, baik itu form B maupun form C karena untuk tingkat dampak dan tingkat frekuensi merupakan penelitian dari bu Rosmariyani. Penulis hanya fokus mencari DoC (Degree of Casuality) saja. Sedangkan tingkat dampak dan frekuensi untuk mencari DoF dan DoI yang diluar dari pembahasan penulis.

Untuk form C diatas sama saja penjelasannya dengan form C hanya saja yang dibahas adalah hubungan antara variabel – variabel dari faktor yang berbeda sehingga disebut *Causal Mechanism* secara eksternal. Dari contoh diatas yaitu hubungan faktor organisasi sebagai variabel A dan faktor peralatan sebagai variabel B. Kita lihat untuk variabel pertama, nilai yang ada menunjukkan -2 berarti variabel A (organisasi ) yang menyebabkan variabel B (peralatan) dengan nilai yang tidak begitu kuat. Misalnya saja kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatann kerja pada faktor organisasi menjadi penyebab kondisi sistem dan fisik peralatan kerja yang rusak sehingga pada akhirnya menimbulkan kecelakaan kerja jatuh pada proyek konstruksi tetapi nilai atau hubungan pengaruhnya tidak terlalu kuat karena nilainya -2

Dari diskusi hasil kuisisioner form B dan C, para pakar banyak mengeluarkan pendapatnya antara lain :

Tabel 4.9 Hasil Diskusi Form B dan C

Nama Pakar	Hasil Diskusi / Pendapat
<b>Lilik Sumarliadi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dari faktor organisasi               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurangnya komitmen mengakibatkan tidak adanya penalty internal (+4)</li> <li>• Penalty external bisa menyebabkan terciptanya suatu komitmen, dan komitmen pun dapat mengakibatkan adanya penalty external (+4 atau -4)</li> </ul> </li> <li>- Di Indonesia harus diterapkan sistem sanksi berbeda dengan negara Jepang dimana mereka akan menghukum diri mereka sendiri, itu semua karena komitmen yang tinggi</li> <li>- Di Indonesia penalty internal sudah diterapkan berupa teguran atau denda, tetapi susah untuk di evaluasi penaltynya mengingat konstruksi itu sifatnya hanya sementara</li> </ul>
<b>Maruli H. Siregar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beberapa investigasi kecelakaan fatal akibat jatuh yaitu di pertambangan emas dikarenakan manajemen yang kurang baik, dimana sudah ada rambu larangan tetapi tetap mengizinkan pekerjaanya untuk naik. Dan investigasi lainnya yaitu karena faktor peralatan yang menyebabkan pekerjaanya sampai meninggal</li> </ul>
<b>Anas Zaini Z. Iksan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kenapa faktor manusia tidak mencantumkan faktor kesadaran, padahal tanpa kesadaran punya skill sma saja??? Setelah didiskusikan kesadaran masuk faktor manusia yang berupa waspada</li> </ul>

(sambungan)

Nama Pakar	Hasil Diskusi / Pendapat
<b>Anas Zaini Z. Iksan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pembagian pengawas K3 di tiap subkon masuk ke faktor mana??? Pembagian itu yang misalnya saja untuk migas bahwa 1 pengawas membawahi 50 pekerja, sedangkan menurut depnaker 1 pengawas membawahi 100 pekerja</li> <li>- Contoh studi kasus faktor material yaitu dimana pemakaian bahan pembuat schafolding yang sangat tipis, tidak diperhitungkan terlebih dahulu</li> <li>- Ijin peralatan operasi tolong diganti menjadi ijin operasi kerja</li> </ul>
<b>Mushanif Mukti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semua faktor tersebut tidak terlepas dari value, sehingga disarankan semua faktor tersebut dilingkari value (pada gambar strukturnya)</li> <li>- Dari tiap faktor masalah yang dibahas adalah masalah yang dominan, harusnya diteliti dulu sehingga jangan sampai faktor yang terkecil terus tidak diperhitungkan</li> <li>- Value dipertegas untuk penelitian selanjutnya</li> </ul>
<b>Hari susanto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selanjutnya untuk faktor penyebab kecelakaan jatuh juga harus diperhatikan faktor bahan, manajemen sistem pengelolaan K3</li> <li>- Leader atau pengawas dimasukan ke faktor organisasi</li> </ul>

(sambungan)

Nama Pakar	Hasil Diskusi / Pendapat
<b>Hari susanto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kebanyakan dari perusahaan konstruksi terutama perusahaan swasta yang belum bonafit, kurang memperhatikan pengelolaan K3, kecerobohan – kecerobohan yang ada karena organisasi yang tidak berjalan dengan baik ( monitoring dan evaluasi), bahkan banyak perusahaan swasta yang tidak memasukan sistem K3</li> <li>- Kecelakaan jatuh juga dipengaruhi oleh sikap owner yang peduli atau tidak dengan masalah K3, untuk migas semua sistem K3 sudah cukup berjalan dengan bagus</li> </ul>
<b>Puji Setyastuti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untuk penerapan sistem K3 harusnya dari awal perencanaan konstruksi / design sudah diterapkan</li> <li>- Oleh pemerintah biaya K3 masuk biaya overhead akan tetap untuk perusahaan migas atau PLN tidak ada biaya K3 karena semuanya pekerjaan harus dituntut sesuai standar yang ada dari awal</li> <li>- Di Inggris sanksi yang ada biasanya sanksi perdata</li> <li>- Untuk penalty eksternal lemah karena undang undang ada tetapi Ppnnya tidak ada, sedangkan depnaker hanya concern pada bidang industrial saja</li> </ul>

( Sumber : telah diolah kembali)

### 4.3 Pengolahan Data

Berdasarkan hasil dari FGD, kita mendapatkan data – data yang dibutuhkan dalam pengolahan skripsi penulis. Dari ketiga form yang dibagikan dalam FGD tersebut, hanya 2 form yang dibutuhkan penulis dalam pengolahan data karena seperti yang dijelaskan dalam judul skripsi penulis yaitu “Metode Pengukuran Derajat Kecelakaan Jatuh Pada Proyek Konstruksi Berbasis *Fuzzy Diagnostic Analysis*”. Penulis hanya mencari Casuality / hubungan dari berbagai macam variabel penyebab kecelakaan jatuh atau kita sebut Degree of Casuality (DoC). Seperti pada penjelasan pada BAB III Metodologi Penelitian bahwa skripsi penulis merupakan bagian dari disertasi ibu Rosmariyani dimana bertujuan mencari Indeks Kerentanan Jatuh (FAI)

$$FAI = DoP \times DoC \times DoI \times DoF$$

Pada kuisisioner form B dan C ini selain digunakan untuk pengumpulan data DoC juga DoI dan DoF. Akan tetapi, kita penulis hanya fokus pada nilai DoCnya saja sehingga data tentang tingkat frekuensi dan tingkat dampak tidak kita perhitungkan.

Pada pengolahan data ini, penulis menggunakan 3 analisis yaitu analisis deskriptif, analisis korelasi dan juga analisis berdasarkan sistem fuzzy secara manual maupun matlab.

Sebelum masuk ke analisa dari pengolahan data, penulis akan membuat range nilai dari semua analisa yang ada kecuali analisa korelasi. Karena untuk analisa korelasi hanya menghasilkan output dari 0 sampai 1 sedangkan untuk mean, fuzzy manual dan fuzzy matlab menggunakan range 0 sampai 4 (dimana untuk -4 sampai 0 untuk hubungan kebalikan dari variabel yang ada). Menurut Saaty (1983), untuk berbagai persoalan, skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Agar diperoleh skala yang bermanfaat ketika membandingkan dua elemen, diperlukan pengertian menyeluruh tentang elemen yang dibandingkan dan relevansinya terhadap variabel atau tujuan yang dipelajari, dalam penyusunan skala kepentingan, digunakan patokan skala saaty seperti yang table berikut ini.

Tabel 4.10 Skala Saaty

No	Variabel Linguistik	Penyesuaian skala Nilai Perbandingan Saaty	Triangular Fuzzy number
1	sama penting	1	(1,1,1)
2	sedikit penting	3	(1,3,5)
3	lebih penting	5	(3,5,7)
4	sangat lebih penting	7	(5,7,9)
5	mutlak lebih penting	9	(7,9,9)

Sumber : (Saaty, 1983)

Untuk pembagian range data, berdasarkan patokan tabel skala Likert pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 mengenai bobot dan pengukuran penilaian diatas, maka pembagian skala kepentingan nilai fuzzy manual sesuai dengan kebutuhan yang terdapat dalam penelitian ini dapat diketahui bobot nilai tertinggi adalah 4 dan bobot nilai terendah adalah 1. Tetapi karena nilai 0 dan 4 nilainya tidak mempunyai interval, karena 0 merupakan nilai yang tidak berkaitan dan 4 merupakan nilai yang mutlak berkaitan, maka untuk mengetahui range maka selisih antara bobot nilai tertinggi (3,99) dan bobot nilai terendah (0,1) adalah  $3,99 - 0,1 = 3,89$ , dan untuk mengetahui jumlah interval kelas dan besar interval kelas dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut:

Menurut Supangat (2007), besar interval dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Interval} = \frac{\text{jarak}}{\text{banyak kelas}} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k} = \frac{3,99 - 0,1}{4} = 0,99$$

Berdasarkan ketentuan di atas maka penulis mengelompokkan tanggapan responden berdasarkan batas-batas penelitian terhadap bagian-bagian yang dievaluasi sehingga dapat dikelompokkan sebagai berikut: seperti terlihat dalam tabel berikut.

Tabel 4.11 Pembagian Range

No	Variabel Linguistik	Skala
1	Tidak Berkaitan	0
2	Sedikit Berkaitan	0,1 - 0,99
3	Berkaitan	1-1,99
4	Berkaitan	2 - 2,99
5	Sangat Berkaitan	3 - 3,99
6	Mutlak Berkaitan	4

Sumber (olahan)

#### 4.3.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif berfungsi untuk memberikan gambaran umum tentang data yang telah diperoleh. Gambaran umum ini biasanya menjadi acuan untuk melihat karakteristik data yang kita peroleh. Analisis ini menggunakan bantuan program SPSS versi 17 untuk mengolah data-data ke berbagai tipe statistic yang digunakan. Selain itu analisis deksriptif untuk data penulis yaitu untuk melihat nilai keterkaitan penyebab kecelakaan jatuh antara variabel – variabel yang ada.

Analisis statistik menggunakan bantuan program SPSS versi 17 ini diantaranya adalah analisis mean. Analisis mean difungsikan untuk mendapatkan rata-rata tinggi rendahnya jawaban responden pada tiap variable kuesioner yang diajukan. Proses pengolahan untuk form B dan form C tidak ada yang berbeda sehingga penulis hanya menampilkan salah satu langkahnya tetapi untuk hasil keseluruhan akan ditampilkan. Pada analisis dekriptif ini langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. membuat kriteria atas input berdasarkan data dari kuesioner pada variabel view. Semua data yang ada di rangkuman hasil ke enam responden kita masukan satu – satu variabelnya ( dapat dilihat pada gambar 4.3)
2. menginput nilai dari data kuesioner secara manual ke dalam SPSS v17 untuk ke semua variabel ke data view. Disini kita untuk 1 faktor dibuat dalam 1 program, jadi untuk faktor yang lainnya kita buka program SPSS v17 dari awal kembali (dapat dilihat pada gambar 4.4)
3. Tahap selanjutnya melakukan eksekusi/ analisa terhadap input data kuesioner pada tool analyze – deskriptive - frequency, dalam hal ini berupa Mean, Median, Modus seperti pada gambar 4.5. sebelumnya

- dikelompokan mana yang variabel mana yang hubungan variabel.
4. Hasil dari eksekusi/ analisa data kuesioner dengan SPSS v17 terekam dalam form output (dapat dilihat pada gambar 4.6)
  5. Kemudian di dokumentasikan ke dalam Ms. Excel untuk mempermudah penataan basis hasil data dari SPSS ini (dapat dilihat pada gambar 4.7)

Tabel 4. 12 Penjelasan SPSS

No	Penamaan	Deskripsi
1	Dalam kuisioner 1 : ada 6 data (1, 2,3,4,5,6)	Untuk menggantikan responden karena ada 6 responden
2	a1, b1,c1,.....dst	Menggantikan hubungan antara variabel A dan variabel B ( jumlah hubungannya ada berapa. Misalnya ada ada 10 jumlah hubungan variabel berarti sampai j1)
3	Kuisioner 1, kuisioner 2,.....dst	Menyatakan variabel yang ada ( misalnya saja ada 10 variabel berarti sampai kuisioner 10)

(Sumber : telah diolah kembali)

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	kuisisioner1	String	8	0	Kondisi cuaca ...	None	None	8	Right	Nominal
2	a1	Numeric	8	2	Tidak memperti...	None	None	8	Right	Scale
3	b1	Numeric	8	2	Metode kerja y...	None	None	8	Right	Scale
4	c1	Numeric	8	2	Kurangnya pen...	None	None	8	Right	Scale
5	d1	Numeric	8	2	Tidak adanya/ ...	None	None	8	Right	Scale
6	e1	Numeric	8	2	Tidak adanya/ ...	None	None	8	Right	Scale
7	f1	Numeric	8	2	Tidak/ kurangn...	None	None	8	Right	Scale
8	g1	Numeric	8	2	Kondisi peralat...	None	None	8	Right	Scale
9	kuisisioner2	String	8	0	Kondisi permuk...	None	None	8	Right	Nominal
10	a2	Numeric	8	2	Tidak memperti...	None	None	8	Right	Scale
11	b2	Numeric	8	2	Metode kerja y...	None	None	8	Right	Scale
12	c2	Numeric	8	2	Kurangnya pen...	None	None	8	Right	Scale
13	d2	Numeric	8	2	Tidak adanya/ ...	None	None	8	Right	Scale
14	e2	Numeric	8	2	Tidak adanya p...	None	None	8	Right	Scale
15	f2	Numeric	8	2	Tidak/ kurangn...	None	None	8	Right	Scale
16	g2	Numeric	8	2	Kondisi peralat...	None	None	8	Right	Scale
17	kuisisioner3	String	8	0	Tidak ada pene...	None	None	8	Right	Nominal
18	a3	Numeric	8	2	Tidak memperti...	None	None	8	Right	Scale
19	b3	Numeric	8	2	Metode kerja y...	None	None	8	Right	Scale

Gambar 4.3 SPSS v17 Input Kriteria Data Kuesioner

(Sumber : telah diolah kembali)

spss manajemen - lingkungan.sav [DataSet1] - SPSS Statistics Data Editor

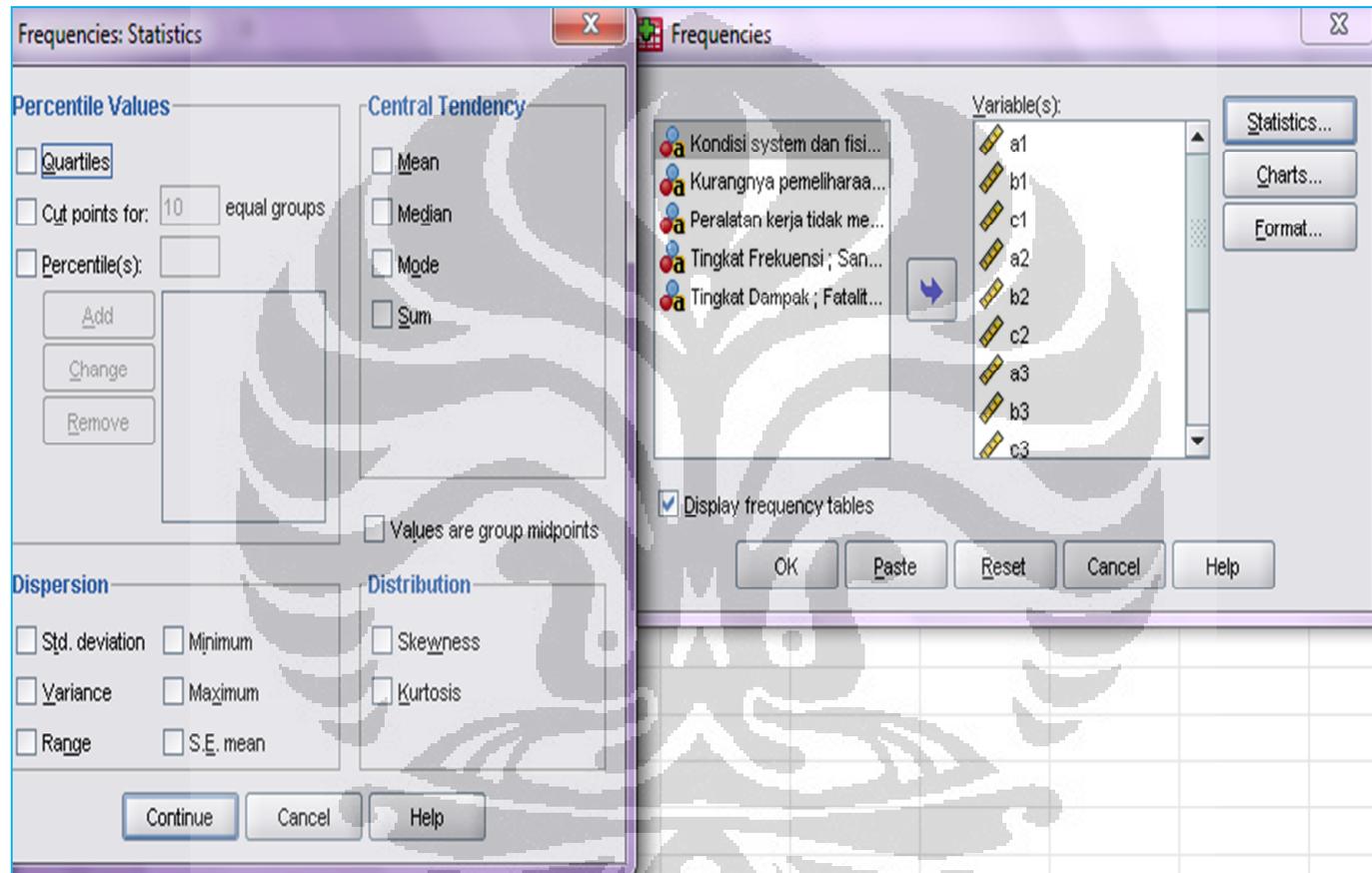
File Edit View Data Transform Analyze Graphs Utilities Add-ons Window Help

1 : kuisisioner1 1 Visible: 40 of 40 Va

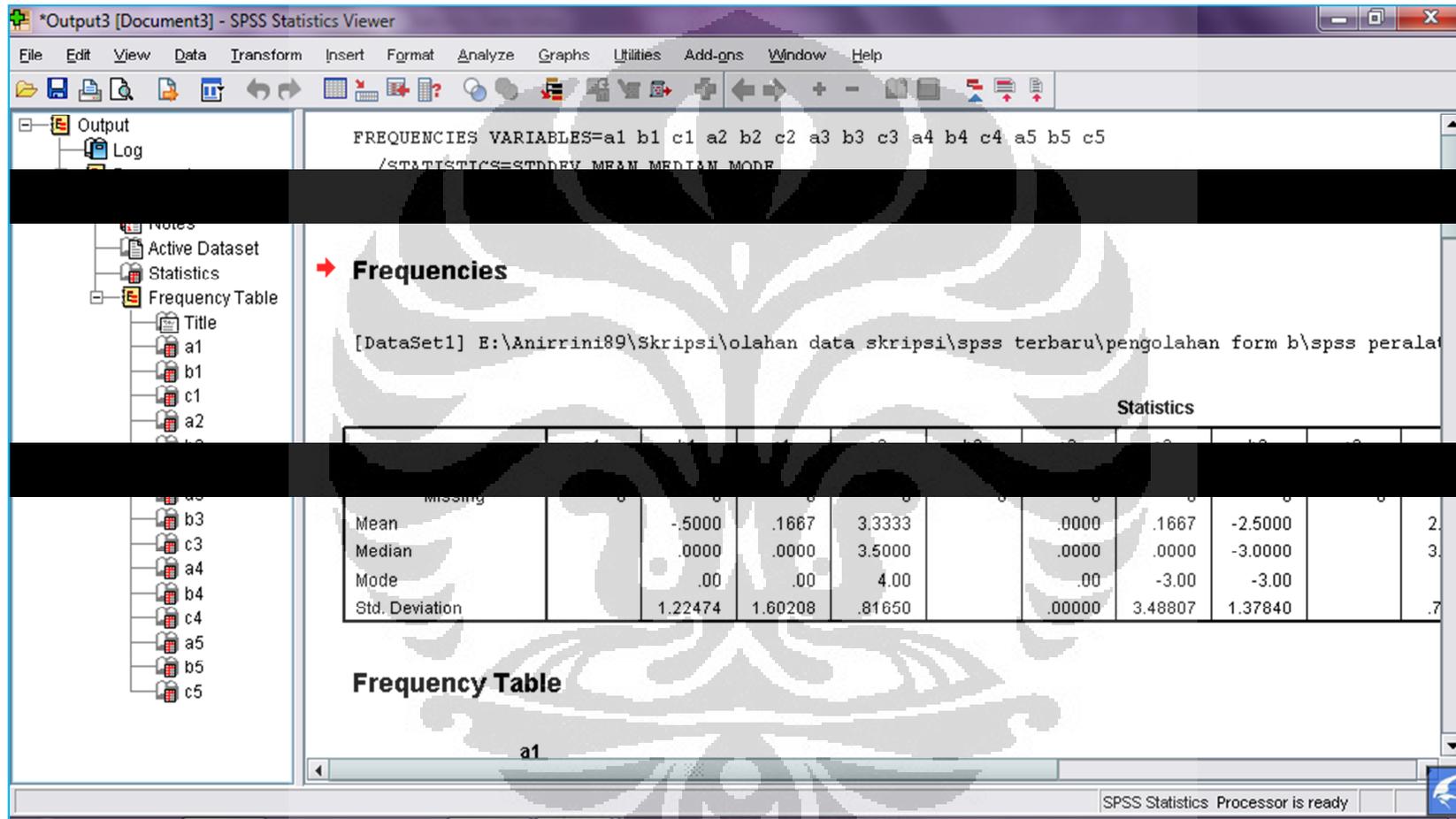
	kuisisioner1	a1	b1	c1	d1	e1	f1	g1	kuisisioner2	a2	b2
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	-1.00	-1.00
2	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	-3.00	-2.00
3	3	2.00	1.00	-1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	3	2.00	3.00
4	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	-3.00	-3.00
5	5	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	5	-4.00	-4.00
6	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00
7											

Gambar 4.4 Input Nilai Data Kuesioner

(Sumber : telah diolah kembali)



Gambar 4.5 Analisa Data SPSS  
(Sumber : telah diolah kembali)



Gambar 4.6 Hasil Output Perhitungan Fuzzy menggunakan SPSS v17

(Sumber : telah diolah kembali)

Statistics													
		Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran	a1	b1	Kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja	a2	b2	Tingkat Frekuensi ; Sangat Sering (4); Sering (3); Kurang Sering (2); Tidak Sering (1)	a3	b3	Dampak ; Fatality/Meninggal (4); Luka Serius (3); Luka Ringan (2); Nyaris Luka (1)	a4	b4
N	Valid		0	6		6	0		6	6		6	6
	Missing		6	0		0	6		0	0		0	0
Mean				-1,5000		1,5000			3,0000	3,1667		3,0000	3,1667
Median				-3,5000		3,5000			3,0000	3,5000		3,0000	3,0000
Mode				-4,00		4,00			3,00	4,00		3,00	3,00
Std. Deviation				3,56371		3,56371			1,09545	1,16905		,63246	,40825
Variance				12,700		12,700			1,200	1,367		,400	,167
Minimum				-4,00		-4,00			1,00	1,00		2,00	3,00
Maximum				4,00		4,00			4,00	4,00		4,00	4,00

Frequency Table					
Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	1	16,7	16,7	16,7
	2	1	16,7	16,7	33,3
	3	1	16,7	16,7	50,0
	4	1	16,7	16,7	66,7
	5	1	16,7	16,7	83,3
	6	1	16,7	16,7	100,0
	Total	6	100,0	100,0	

Gambar 4.7 Hasil SPSS v17 dalam Ms. Excel 2007

(Sumber : telah diolah kembali)

Dari hasil SPSS v17 untuk pengolahan analisa deskriptif yang terlampir pada lampiran ataupun untuk contoh langkah pengerjaan di gambar sebelumnya (faktor organisasi) dapat kita lihat ada nilai mean, modus, median, standar deviasi, dsb. Akan tetapi yang akan kita gunakan hanyalah yang nilai mean saja karena nilai mean disini berfungsi untuk melihat bagaimana nilai rata-rata dari semua responden yang ada. Selanjutnya nilai mean yang ada juga digunakan sebagai pembanding dengan nilai fuzzy manual, serta nilai fuzzy manual dengan fuzzy matlab dalam mencari nilai eror menggunakan MAPE.

Dari contoh gambar 4.7 diatas yaitu faktor internal organisasi dapat kita lihat nilai mean adalah 1,5 (positif). Disini menunjukkan bahwa variabel B yang menyebabkan variabel A yaitu kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja menyebabkan tidak adanya pemberian hukuman / penality jika terjadi pelanggaran.

Dari hasil SPSS v17 untuk hasil analisa mean yang mempunyai nilai sangat keterkaitan untuk internal diantaranya:

- Untuk faktor manusia yaitu rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan kompetensi dalam bekerja menyebabkan terjadinya kurangnya akan keselamatan pekerja sebesar 3,167.
- Untuk faktor organisasi tidak ada nilai keterkaitan yang cukup tinggi karena hanya terdapat 1 hubungan antara variabel saja
- Untuk faktor manajemen yaitu tidak / kurangnya biaya keselamatan kerja menyebabkan kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak sebesar 3.
- Untuk faktor lingkungan juga nilai keterkaitan antara 3 variabel cukup rendah yaitu sebesar 0,5; 1,5 dan (-1,167)
- Sedangkan untuk faktor peralatan kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja menyebabkan kondisi sistem dan fisik peralatan kerja yang rusak sebesar 3,33 dari 4 range nilai yang ada.

Selain nilai yang mempunyai keterkaitan tinggi, ada juga variabel yang tidak mempunyai keterkaitan sama sekali berdasarkan hasil responden. Contohnya saja yaitu kurangnya pengalaman bekerja dengan rendahnya tingkat pengetahuan, kurangnya pengalaman dengan tidak menggunakan APD, bekerja

denagn kondisi buruk dengan tidak mematuhi keselamatan kerja, dan ada beberapa yang bisa dilihat dalam lampiran Exceelnya.

Selain dari faktor internal, dari faktor eksternal juga kita dapatkan nilai sangat terkait antara variabel diantaranya yaitu tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja menyebabkan peralatan kerja tidak memilikiijin operasi sebesar 3,167. Untuk faktor eksternal ini nilai keterkaitan didominasi untuk nilai cukup terkait dan berkaitan saja.

#### 4.3.2 Analisa Sistem Fuzzy

Analisis berbasis Sistem Fuzzy ini bertujuan untuk melihat tingkat pengaruh sebab akibat (keterkaitan) dari masing-masing faktor penyebab kecelakaan jatuh atau variabel yang ada dengan menggunakan bantuan Program Matlab v7.8 yang didalamnya terdapat toolbox system fuzzy. Program Fuzzy yang digunakan yaitu FMCDM ( Fuzzy Multy Criteria Decition Making). Untuk analisa fuzzy sendiri, penulis tidak hanya menggunakan software matlab v7.8, tetapi juga membandingkan nilai fuzzy tersebut secara manual yaitu dengan bantuan Ms. Exceel 2007. Untuk istilah dalam pengerjaan fuzzy baik secara manual maupun matlab kita mempergunakan istilah yang berbeda. Untuk itu, penulis menuliskan panduannya sebagai berikut :

Tabel 4.13 Petunjuk Pengerjaan Fuzzy

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Manajemen						
		0	1	2	3	4	5	6
		Tidak adanya/	Tidak/	Kondisi	Kurangnya	Tidak adanya	Metode kerja yang	Tidak
		Responden						
Faktor Manajemen	2	Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja	kriteria 1	kriteria 2	kriteria 4	kriteria 8	dst..... ↓ ↻ ↓	
	3	Kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak		kriteria 3	kriteria 5	kriteria 9		
	4	Kurangnya pengawasan terhadap keselamatan kerja			kriteria 6	kriteria 10		
	5	Tidak adanya pengaturan keselamatan kerja pada kontrak			kriteria 7	kriteria 11		
	6	Metode kerja yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan						
	7	Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek						

(Sumber : telah diolah kembali)

#### 4.3.2.1 Fuzzy Secara Manual dengan Ms. Exceel 2007

Untuk fuzzy manual ini kita menggunakan fuzzy AHP tetapi hanya sampai langkah defuzzifikasi karena kita hanya mencari nilai rata – rata saja, sedangkan untuk analisa AHP sampai langkah terakhir itu untuk mencari pembobotan. Penggunaan metode fuzzy AHP (FAHP) disebabkan proses komputasi variabel linguistik, untuk perbandingan antar kriteria, adalah menggunakan bilangan fuzzy (Mon dkk. dalam Hsieh dkk. 2004). Sedangkan terminologi dan skala linguistik untuk penilaian alternatif pada kriteria yang disesuaikan berbeda dengan FAHP maka untuk mendapatkan performansi business relationship menggunakan pendekatan Fuzzy Multiple Criteria Decision Making, FMCDM (Hsieh dkk. 2004). Keluaran dari proses FMCDM adalah performansi nonfuzzy setiap alternatif.

Dalam penelitian ini, nilai bobot ( $w$ ) tiap kriteria telah ditetapkan yaitu mulai nilai -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 yang kemudian dijadikan sebagai patokan pengisian kuesioner dalam diskusi FGD oleh para pakar. Oleh sebab itu pengerjaan fuzzy manual dengan metode AHP ini tidak melalui pembuatan matriks berpasangan dan perataan dengan rata-rata geometris.

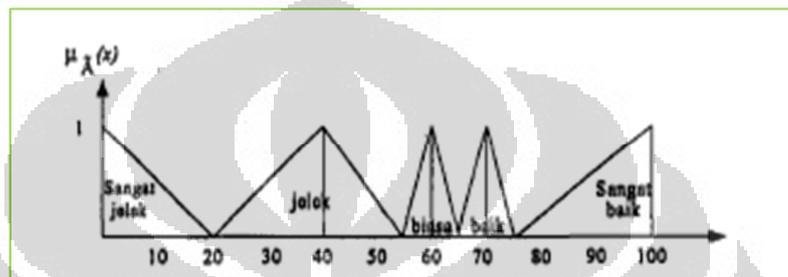
Perhitungan bobot kriteria dan alternatif dengan fuzzy AHP pada penelitian ini langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Menetapkan variabel linguistik untuk mengukur nilai setiap kriteria dan subkriteria. Penentuan bilangan fuzzy number diperoleh dari (Hsieh,2004) masing – masing dari bilangan fuzzy dibagi menjadi tiga parameter berupa bilangan fuzzy triangular, yaitu nilai kiri (disimbolkan  $L_{wi}$ ), nilai tengah (disimbolkan  $M_{wi}$ ), dan nilai kanan (disimbolkan  $U_{wi}$ ) dengan nilai  $I$  adalah keterangan kriteria ke- $i$ . Variabel linguistik adalah sebuah variabel dimana nilainya berupa kata-kata atau kalimat dalam bahasa alami atau buatan (Zadeh 1975). Mengukur variabel linguistik untuk menunjukkan performansi kriteria dengan ungkapan "sangat baik", "baik", "biasa", "jelek", dan "sangat jelek" yang merupakan penilaian subyektif dari evaluator, dan setiap variabel linguistic diindikasikan dengan TFN. Evaluator dapat mendefinisikan sendiri skala linguistik untuk penilaian alternatif seperti pada Tabel dan Gambar berikut ini.

Tabel 4.14 Skala Linguistik Untuk Penilaian Kriteria

Skala Linguistik	Skala Bilangan Fuzzy
Sangat Jelek (sjl)	(0, 0, 20)
Jelek (jlk)	(20, 40, 55)
Biasa (bia)	(55, 60, 65)
Baik (bai)	(65, 70, 75)
Sangat Baik (sba)	(75, 100, 100)

Sumber (Annas, dkk dalam Majalah IPTEK - Vol 18, No.1, Februari 2007)



Gambar 4.8 Fungsi Anggota Skala Linguistik berdasarkan Tabel 4.12

Sumber (Annas, dkk dalam Majalah IPTEK - Vol 18, No.1, Februari 2007)

Teknik komputasinya menggunakan bilangan flow seperti tabel dibawah ini yang didefinisikan oleh Mon dkk (dalam Hsieh dkk, 2004). Variabel linguistic dikonversikan ke dalam tiga tingkat fuzzy, yaitu low, medium dan high .

Tabel 4.15 Skala TFN (*Triangular Fuzzy Number*) dalam variabel linguistik

Skala Linguistik	Nilai kepentingan pada AHP	Bilangan fuzzy untuk fuzzy AHP	Skala TFN fuzzy (a, b, c)
Sama penting	1	1	(1, 1, 2)
Sedikit lebih penting	3	3	(2, 3, 4)
Lebih penting	5	5	(4, 5, 6)
Sangat penting	7	7	(6, 7, 8)
Paling penting	9	9	(8, 9, 9)
Nilai antara dua pertimbangan yang berdekatan	2, 4, 6, 8		

(Sumber : (Firdolas et al (2006) dalam Fitria (2006))

Dari tabel diatas, maka kita akan membuat tabel skala linguistik untuk penelitian penulis. Akan tetapi hasil responden kita sudah dalam bentuk angka sehingga untuk nilai kepentingan AHP, kita hanya

mengubah skala pada responden menjadi skala linguistik antara 1 sampai 9 seperti tabel dibawah ini. Sedangkan contoh diatas itu jika hasil responden dalam bentuk data berupa kalimat seperti penting, tidak penting, dsb.

Tabel 4.16 Konversi Bilangan Fuzzy

Skala Linguistik ( range data asli)	Bilangan Fuzzy	Skala TFN Fuzzy (a, b, c)		
		a	B	c
-4	1	1	1	2
-3	2	1	2	3
-2	3	2	3	4
-1	4	3	4	5
0	5	4	5	6
1	6	5	6	7
2	7	6	7	8
3	8	7	8	9
4	9	8	9	9

Criteria (data asli)	Koresponden					
	1	2	3	4	5	6
1	4	4	2	3	2	-4
2	-1	0	-2	3	0	4

Criteria	Koresponden					
	1	2	3	4	5	6
1	9	9	7	8	7	1
2	4	5	3	8	5	9

( Sumber : telah diolah kembali)

Dari tabel diatas penulis memberikan contoh untuk faktor internal organisasi. Dimana disitu ada 6 jumlah responden dengan 2 variabel yang. Kita mengubah skala dari hasil asli responden dengan menambahkan angka

5 dengan tujuan agar angka – angka tersebut dalam bentuk positif semua dan lebih dari sama dengan satu.

- b. Pembentukan nilai kiri/ batas bawah ( $Lw_i$ ), nilai tengah/ batas tengah ( $Mw_i$ ), dan nilai kanan/ batas atas ( $Uw_i$ ) masing-masing kriteria. Karena dalam pengerjaan fuzzy manual ini kita menggunakan bantuan Ms. Excel 2007, nilai kiri/ batas bawah ( $Lw$ ), nilai tengah/ batas tengah ( $Mw$ ), dan nilai kanan/ batas atas ( $Uw$ ) masing-masing kriteria untuk skala fuzzy kita seperti tabel dibawah ini :

kriteria	responden																	
	1			2			3			4			5			6		
1	8	9	9	1	1	2	2	3	4	8	9	9	7	8	9	8	9	9

Dari tabel diatas dapat kita lihat untuk masing – masing responden ada batas bawah (a), batas tengah (b) dan batas atas (c). Seperti pada responden nomer 1. Nilai dari responden aslinya adalah 4 kemudian dikonversikan ke skala fuzzy menjadi  $4 + 5 = 9$ , dari nilai 9 itu penulis menetapkan nilai 8 sebagai batas bawah dan nilai 9 juga sebagai batas atas ( kita tidak memakai batas atas angka 10 karena dalam skala fuzzy yang ada hanyalah angka 1 sampai 9)

- c. Penggunaan model fuzzy mean untuk rata-rata pembobotan dari tiap kriteria dengan rata-rata pembobotan batas bawah (rata-rata  $Lw$ ), batas tengah (rata-rata  $Mw$ ), dan batas atas (rata-rata  $Uw$ ) dengan rumus (Kusumadewi dan Purnomo, 2004):

Misal  $w_{jt} = (Lw_i, Mw_i, Uw_i)$ , maka nilai rata-rata masing-masing parameter adalah:

$$LW = \frac{\sum_{i=1}^k W_i}{k}$$

$$MW = \frac{\sum_{i=1}^k W_i}{k}$$

$$UW = \frac{\sum_{i=1}^k W_i}{k}$$

Dari rumus diatas, kita mengaplikasikannya menggunakan excel dengan formula seperti rumus diatas dan hasilnya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 4.17 Bobot Rata - Rata (w) untuk masing-masing parameter.

kriteria	a1	b1	c1
w1	5.666667	6.5	7

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa nilai (w) untuk batas bawah adalah 5.6667; batas tengah adalah 6.5 dan batas atas adalah 7. Tabel diatas lanjutan dari langkah pertama yaitu menggunakan contoh faktor internal organisasi. Bobot w hanya satu karena hanya ada 2 variabel dalam faktor organisasi yang berarti hanya ada 1 hubungan keterkaitan antar variabelnya.

- d. Defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai crisp dari nilai rata – rata bobot w dengan menggunakan metode *Center of Area* (COA) untuk menghitung nilai *Best Nonfuzzy Performance Value* (BNP) ( Ilyas,2008)

$$BNP_{wi} : [(U_{wi} - L_{wi}) + (M_{wi} - L_{wi})]/3 + L_{wi}$$

Maksud dari rumus diatas yaitu :

BNP : nilai defuzzifikasinya

U<sub>wi</sub> : batas atas (c)

L<sub>wi</sub> : batas bawah (a)

M<sub>wi</sub> : batas tengah (b)

Untuk contoh faktor internal organisasi kita mendapatkan nilai BNP yaitu

w1 6.388889

Maksud hasil tersebut adalah nilai keterkaitan antara variabel yang ada sebesar 6.38889. Untuk mengetahui variabel apa yang menjadi variabel penyebab,kita normalisasi lagi ke skala awalnya. Sehingga (6.38889 – 5) yaitu 1,38889. Jadi karena nilainya positif berarti variabel B yang menjadi penyebab variabel A yaitu kurangnya komitmen akan keselamatan kerja menyebabkan tidak adanya hukuman / penalty atas pelanggaran sebesar 1,38889. Nilai 1,38889 disini berarti hubungan tersebut cukup berkaitan.

Selanjutnya dari langkah – langkah pengolahan analisa fuzzy manual tersebut, penulis dapat menemukan beberapa variabel yang mempunyai nilai

sangat terkait maupun tidak ada kaitannya sama sekali untuk faktor internal maupun eksternal setelah di normalisasi ke skala awal data responden. Diantaranya yaitu kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja menyebabkan kondisi sistem dan fisik peralatan kerja yang rusak sebesar 3,167. Dari faktor internal manusia yaitu rendahnya tingkat pengetahuan, ketrampilan dan kompetensi dalam bekerja menyebabkan kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja sebesar 3,056. Untuk faktor eksternal yang sangat terkait hanyalah faktor manusia dan peralatan sebesar karena nilai tertinggi 3. Untuk nilai yang sama sekali tidak berkaitan ada 9 buah dimana faktor internal ada 2 buah dan faktor eksternal ada 7 buah. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat di tabel pada lampiran.

#### 4.3.2.2 Fuzzy dengan Software Matlab v7.8

Perhitungan untuk memperoleh nilai fuzzy menggunakan bantuan software matlab v7.8 memakai metode penalaran Fuzzy Mamdani dan penegasannya (*defuzifikasi*) dengan metode *Centroid*. Metode mamdani sering juga dikenal dengan nama metode min-max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan, diantaranya :

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada metode mamdani baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy. Pada penelitian ini dipergunakan pembentukan input himpunan fuzzy sebanyak 6 koresponden dan output fuzzy berupa 1 koresponden.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min.

Perhitungan fuzzy dengan bantuan software Matlab v7.8 ini menggunakan 6 variabel input dan 1 variabel output. Variabel input terdiri atas " variable fuzzy 1, 2, 3, 4, 5, dan 6". Variabel outputnya terdiri atas variable fuzzy "Hasil". Variabel fuzzy 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 merupakan variabel yang diambil dari kuesioner. Semesta pembicaraan dari semua variabel input seragam yaitu [1-9].

Nilai ini diambil berdasarkan nilai koefisien yang telah dikonversi menjadi skala bilangan fuzzy sesuai tabel 4.1 tentang Konversi Bilangan Fuzzy. Untuk variable output, semesta pembicaraannya [1-9] berdasarkan nilai mean yang diperoleh menggunakan bantuan aplikasi Ms. Excel, yaitu nilai mean terendah adalah 1, dan nilai tertinggi adalah 9(hasil pembulatan).

Menurut (Zimmermann,2000) untuk fungsi keanggotaan fuzzy mempunyai rumus yang berbeda. Untuk penelitian penulis, input terdiri dari kurva linear naik, linear turun dan segitiga. Sedangkan untuk outputnya berbentuk segitiga dan linear naik linear turun juga. Rumus – rumus untuk mencari fungsi keanggotaan tersebut menurut Zimmermann adalah sebagai berikut :

$$Triangle(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

Untuk kurva linear naik Fungsi keanggotaan representasi linear naik adalah :

$$\mu(x; a, b) = \begin{cases} 0 & ; x < a \\ (x-a)/(b-a) & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x > b \end{cases}$$

Untuk kurva linear naik Fungsi keanggotaan representasi linear turun adalah

$$\mu(x; a, b) = \begin{cases} 1 & ; x < a \\ (x-a)/(b-a) & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x > b \end{cases}$$

Tabel 4.18 Pengaturan Fuzzy Matlab

Fungsi	Variabel Fuzzy	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	1	Low	[1- 9]	[1-5]
		Medium		[3-7]
		High		[5-9]
	2	Low	[1-9]	[1-5]
		Medium		[3-7]
		High		[5-9]
	3	Low	[1-9]	[1-5]
		Medium		[3-7]
		High		[5-9]
	4	Low	[1- 9]	[1-5]
		Medium		[3-7]
		High		[5-9]
	5	Low	[1 - 9]	[1-5]
		Medium		[3-7]
		High		[5-9]
	6	Low	[1 - 9]	[1-5]
		Medium		[3-7]
		High		[5-9]
Output	Hasil	Satu	[1-9]	[1-2]
		Dua		[1-3]
		Tiga		[2-4]
		Empat		[3-5]
		Lima		[4-6]
		Enam		[5-7]
		Tujuh		[6-8]
		Delapan		[7-9]
		Sembilan		[8-9]

(Sumber : telah diolah kembali)

Fungsi derajat keanggotaan linier turun digunakan untuk mempresentasikan nilai himpunan fuzzy yang rendah (low), dan fungsi derajat keanggotaan segitiga digunakan untuk mempresentasikan nilai himpunan fuzzy yang normal (medium). Sedangkan fungsi keanggotaan linear naek digunakan untuk mempresentasikan nilai himpunan fuzzy yang tinggi (high).

- Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy input
  - a. Bentuk linear turun

$$\mu_{low}(a) = \begin{cases} 1 & ; a < 1 \\ \frac{5-a}{4} & ; 1 < a < 5 \\ 0 & ; a > 5 \end{cases}$$

b. Bentuk Segitiga

$$\mu_{medium}(a) = \begin{cases} \frac{a-3}{2} & ; 3 < a < 5 \\ \frac{8-a}{2} & ; 5 < a < 7 \\ 0 & ; a < 3 \text{ atau } a > 7 \end{cases}$$

c. Bentuk Linear Naek

$$\mu_{high}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 7 \\ \frac{a-7}{2} & ; 7 < a < 9 \\ 1 & ; a > 9 \end{cases}$$

- Fungsi Keanggotaan Fuzzy Output

a. Variabel Satu

$$\mu_{satu}(a) = \begin{cases} 1 & ; a < 1 \\ \frac{2-a}{1} & ; 1 < a < 2 \\ 0 & ; a > 2 \end{cases}$$

b. Variabel Dua

$$\mu_{dua}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 1 \text{ atau } a > 3 \\ \frac{a-1}{1} & ; 1 < a < 2 \\ \frac{3-a}{1} & ; 2 < a < 3 \end{cases}$$

c. Variabel Tiga

$$\mu_{dua}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 2 \text{ atau } a > 4 \\ \frac{a-2}{1} & ; 2 < a < 3 \\ \frac{4-a}{1} & ; 3 < a < 4 \end{cases}$$

d. Variabel Empat

$$\mu_{dua}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 3 \text{ atau } a > 5 \\ \frac{a-3}{1} & ; 3 \leq a \leq 4 \\ \frac{5-a}{1} & ; 4 \leq a \leq 5 \end{cases}$$

e. Variabel Lima

$$\mu_{dua}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 4 \text{ atau } a > 6 \\ \frac{a-4}{1} & ; 4 \leq a \leq 5 \\ \frac{6-a}{1} & ; 5 \leq a \leq 6 \end{cases}$$

f. Variabel Enam

$$\mu_{dua}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 5 \text{ atau } a > 7 \\ \frac{a-5}{1} & ; 5 \leq a \leq 6 \\ \frac{7-a}{1} & ; 6 \leq a \leq 7 \end{cases}$$

g. Variabel Tujuh

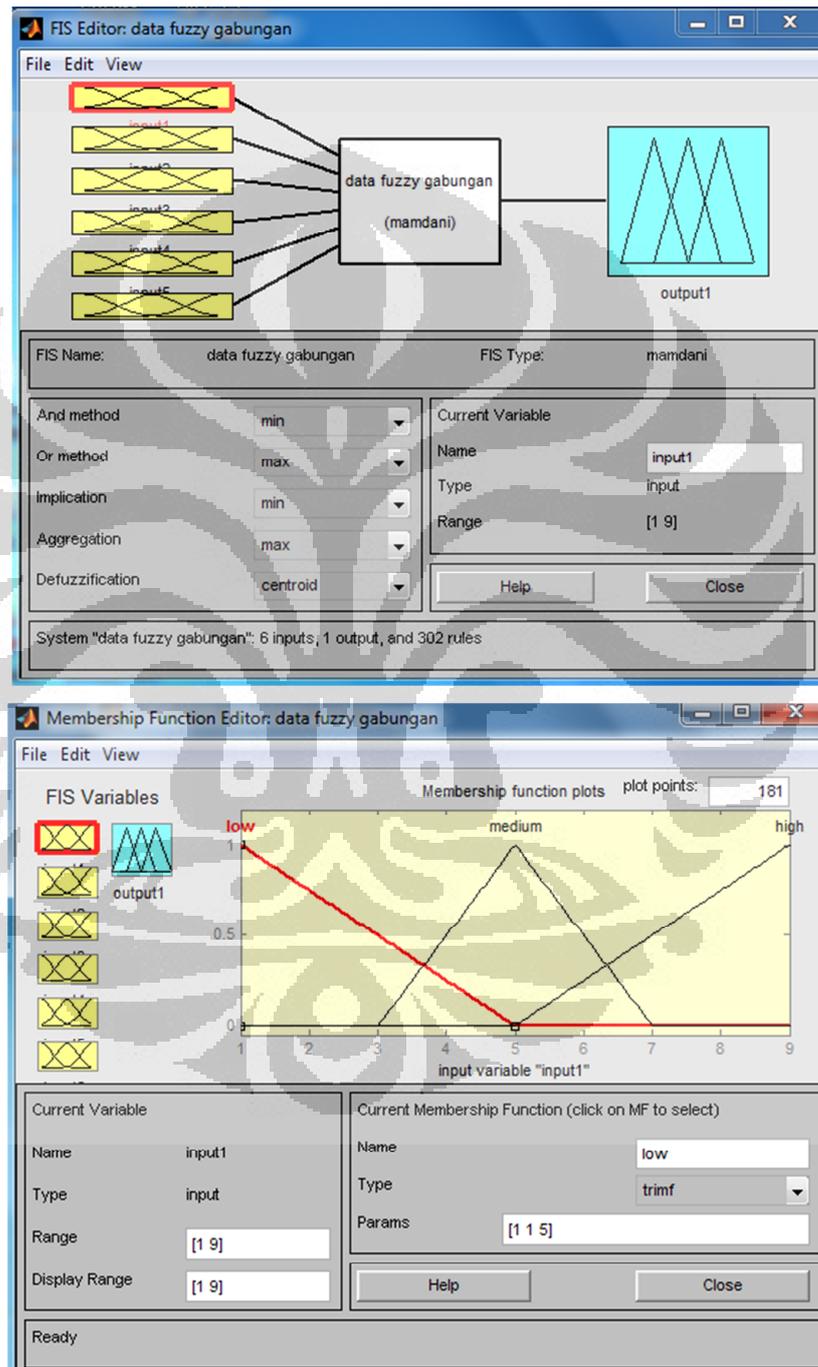
$$\mu_{dua}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 6 \text{ atau } a > 8 \\ \frac{a-6}{1} & ; 6 \leq a \leq 7 \\ \frac{8-a}{1} & ; 7 \leq a \leq 8 \end{cases}$$

h. Variabel Delapan

$$\mu_{dua}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 7 \text{ atau } a > 9 \\ \frac{a-7}{1} & ; 7 \leq a \leq 8 \\ \frac{9-a}{1} & ; 8 \leq a \leq 9 \end{cases}$$

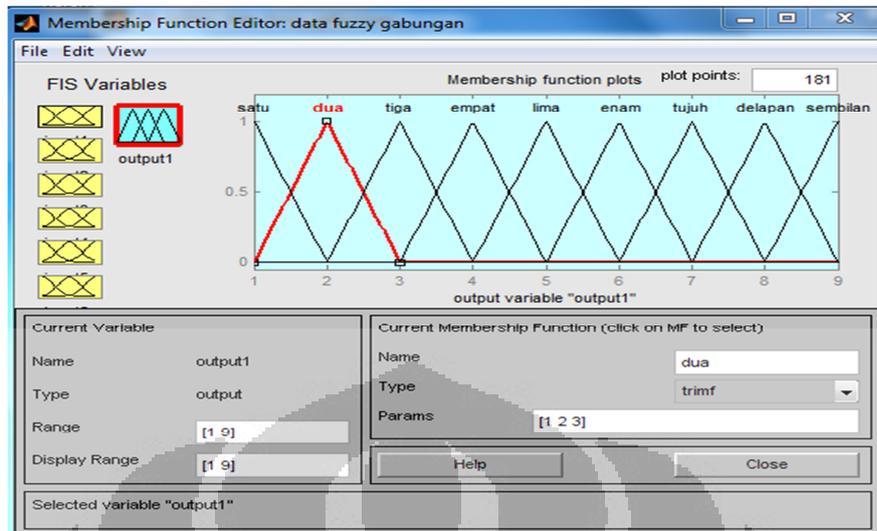
i. Variabel Sembilan

$$\mu_{delapan}(a) = \begin{cases} 0 & ; a < 8 \\ \frac{a-8}{1} & ; 8 \leq a < 9 \\ 1 & ; a \geq 9 \end{cases}$$



Gambar 4.9 Tampilan Input 6 koresponden

(Sumber : telah diolah kembali)



Gambar 4.10 Tampilan Aturan Output  
(Sumber : telah diolah kembali)

### 3. Komposisi aturan

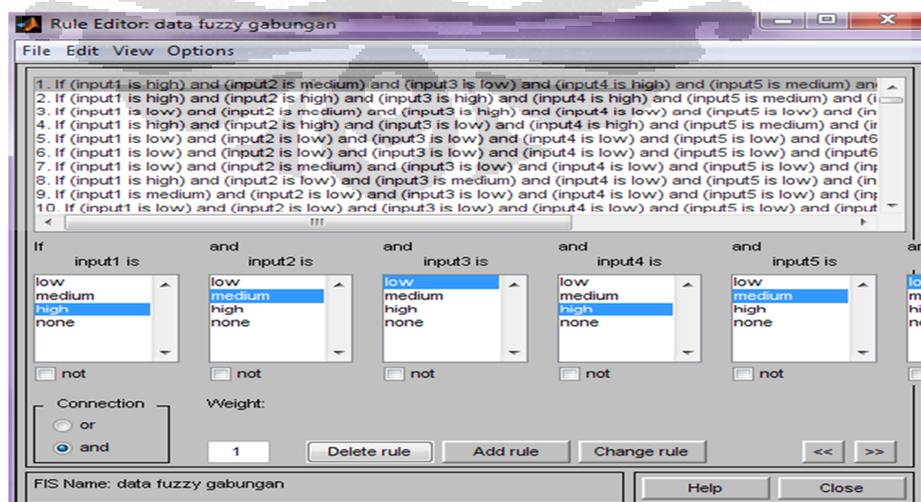
Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu Metode max (maximum). Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[X_i] = \max(\mu_{sf}[X_i], \mu_{kf}[X_i])$$

Dengan :

$\mu_{sf}[X_i]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke i

$\mu_{kf}[X_i]$  = nilai keanggotaan konsekuan fuzzy aturan ke i



Gambar 4.11 Komposisi Aturan Penilaian Fuzzy  
( Sumber : telah diolah kembali)

#### 4. Penegasan (defuzzy)

Defuzzyfikasi pada komposisi aturan mamdani dengan menggunakan metode centroid. Dimana pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan (Bo Yuan, 1999)

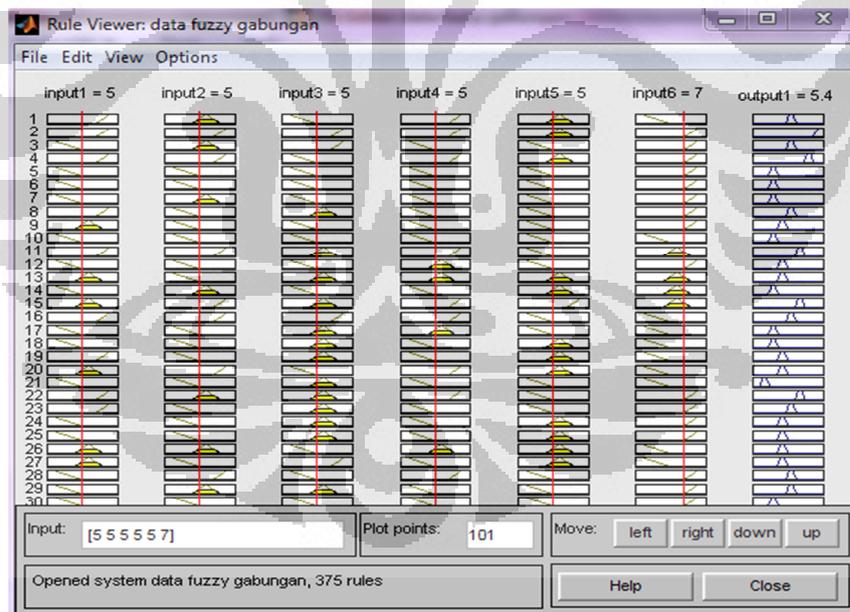
$$\mu(x) = \frac{\int_a^b x\mu(x)dx}{\int_a^b \mu(x)dx}$$

Atau

$$\mu(x) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i\mu(x)_i}{\sum_{i=1}^n \mu(x)_i}$$

Ada dua keuntungan menggunakan metode centroid, yaitu (Kusumadewi, 2002):

- Nilai defuzzyfikasi akan bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu himpunan fuzzy juga akan berjalan dengan halus.
- Lebih mudah dalam perhitungan.



Gambar 4.12 Defuzzifikasi aturan Fuzzy

(Sumber : telah diolah kembali)

Dari contoh diatas kita dapat mengetahui bahwa nilai output dari fuzzy adalah 5,4 berdasarkan software matlab 7.8

Untuk peramalan dengan software matlab ini, kita harus paham benar pembagian daerah domain maupun kodomainnya. Penulis sudah mencoba sampai beberapa kali untuk daerah input dan output yang berbeda dan hasilnya

### 4.3.3 Hasil Pengolahan Data

#### 4.3.3.1 Nilai MAPE

Data yang dihasilkan dalam skripsi penulis cukup banyak, dimana ada mean, median, modus, korelasi, fuzzy manual dan juga fuzzy matlab. Oleh karena itu, disini kita menggunakan MAPE untuk mendapatkan data yang valid. Peramalan pada dasarnya adalah sebuah tafsiran, sehingga keadaan aktual dari suatu kondisi dimasa yang akan datang tidak harus persis sama seperti hasil peramalan. Namun ada batas interval dimana keadaan yang sebenarnya masih berada dalam interval tersebut, sehingga hasilnya tidak jauh berbeda dengan yang sudah diramalkan. Salah satu teknik peramalan yang dipilih untuk memperoleh nilai Fuzzy dengan Metode peramalan MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Menurut Felicia Soedjianto, dkk (2006) dalam jurnal Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2006 (SNATI 2006) dikutip pengertian MAPE adalah rata-rata persentase absolut dari kesalahan peramalan dengan menghitung error absolut tiap periode. Ada juga jurnal tentang MAPE yang lainnya yaitu suatu peramalan dikatakan sangat bagus apabila nilai MAPE kurang dari 10% dan dikatakan bagus apabila nilai MAPE diantara 10 % sampai 20% (Zainun dan Majid, 2003). Error ini kemudian dibagi dengan  $m$ , yaitu jumlah sampel. Rumus dari MAPE ini adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m [(f_t - f_r / f_t) \times 100\%]}{m}$$

Dengan:

$f_t$  = nilai aktual periode  $t$

$f_r$  = nilai ramalan periode  $t$

$m$  = jumlah periode peramalan

Menurut D Sartika (2006) dalam papernya dikatakan bahwa Nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error) memiliki kriteria akurat apabila nilainya <15%. Seperti pada nilai fuzzy secara manual dan berdasarkan program

matlab yang tidak sama persis maka kita menggunakan MAPE ini untuk menentukan apakah nilai yang kita hasilkan masih akurat atau tidak. Pada pengolahan data penulis untuk perbedaan nilai yang ada ditolerir kurang dari 15 %. Berikut tabel – tabel hasil pengolahan data pada skripsi ini :

Tabel 4.19 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Manusia – manusia)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$ f_a - f_b  / f_a$	$ f_a - f_c  / f_a$
	1	2	3	4	5	6					
1	8	7	3	8	7	1	5.722	5.667	5.400	0.010	0.056
2	9	8	8	8	7	9	8.056	8.167	8.500	0.014	0.055
3	3	5	8	2	3	9	4.944	5.000	5.400	0.011	0.092
4	8	8	3	9	7	9	7.222	7.333	7.400	0.015	0.025
5	2	2	3	2	3	9	3.444	3.500	3.400	0.016	0.013
6	2	2	2	2	4	9	3.444	3.500	3.400	0.016	0.013
7	2	5	3	2	2	9	3.778	3.833	3.400	0.015	0.100
8	8	1	7	2	3	9	5.000	5.000	5.400	0.000	0.080
9	5	2	3	2	4	9	4.111	4.167	4.400	0.014	0.070
10	1	2	4	2	1	9	3.222	3.167	3.400	0.017	0.055
11	8	8	5	9	2	5	6.111	6.167	6.400	0.009	0.047
12	3	1	3	5	3	9	4.000	4.000	4.400	0.000	0.100
13	5	3	5	5	5	5	4.667	4.667	4.400	0.000	0.057
14	1	5	3	2	5	5	3.556	3.500	3.400	0.016	0.044
15	5	8	6	9	8	5	6.778	6.833	6.400	0.008	0.056
16	8	8	8	8	2	1	5.889	5.833	5.400	0.009	0.083
17	2	1	6	5	3	1	3.111	3.000	3.400	0.036	0.093
18	2	3	7	4	5	1	3.722	3.667	2.900	0.015	0.221
19	9	2	7	2	5	1	4.333	4.333	4.400	0.000	0.015
20	5	8	2	8	5	1	4.889	4.833	4.400	0.011	0.100
21	2	2	5	1	2	1	2.278	2.167	2.900	0.049	0.273
22	8	7	5	9	1	9	6.444	6.500	6.400	0.009	0.007
23	8	1	6	4	3	9	5.167	5.167	5.400	0.000	0.045
24	3	3	6	3	5	9	4.778	4.833	4.400	0.012	0.079
25	1	2	6	2	5	9	4.167	4.167	4.400	0.000	0.056
26	5	5	2	7	5	1	4.222	4.167	4.400	0.013	0.042
27	5	3	8	3	5	1	4.222	4.167	4.400	0.013	0.042
28	2	8	2	8	1	9	5.000	5.000	5.400	0.000	0.080
29	2	7	7	3	3	9	5.111	5.167	5.400	0.011	0.057
30	2	2	3	2	3	9	3.444	3.500	3.400	0.016	0.013
31	3	3	3	2	2	1	2.389	2.333	2.440	0.023	0.021
32	2	3	7	2	5	9	4.611	4.667	4.400	0.012	0.046
33	6	7	5	5	5	1	4.889	4.833	4.900	0.011	0.002
34	3	3	7	1	5	1	3.444	3.333	2.900	0.032	0.158
35	3	5	3	3	5	9	4.611	4.667	4.400	0.012	0.046
36	4	3	7	1	5	1	3.611	3.500	2.900	0.031	0.197
37	2	3	3	4	2	9	3.778	3.833	3.400	0.015	0.100
38	2	5	7	3	2	1	3.389	3.333	3.400	0.016	0.003
39	3	3	4	3	2	1	2.722	2.667	2.460	0.020	0.096
40	3	4	8	3	5	9	5.278	5.333	5.400	0.011	0.023
41	5	5	7	5	5	1	4.722	4.667	4.900	0.012	0.038
42	4	4	8	1	5	1	3.944	3.833	3.400	0.028	0.138

(Sambungan)

43	3	5	3	1	5	9	4.333	4.333	4.400	0.000	0.015
44	5	5	7	3	5	1	4.389	4.333	4.400	0.013	0.003
45	5	5	7	5	5	1	4.722	4.667	4.900	0.012	0.038
46	2	2	7	2	2	9	3.944	4.000	3.900	0.014	0.011
47	2	2	7	2	2	9	3.944	4.000	3.900	0.014	0.011
48	2	2	5	2	2	1	2.389	2.333	2.900	0.023	0.214
49	1	2	7	2	5	9	4.333	4.333	4.400	0.000	0.015
50	9	8	6	8	5	9	7.389	7.500	7.400	0.015	0.002
51	2	2	7	1	5	9	4.333	4.333	4.400	0.000	0.015
52	5	9	7	2	5	9	6.056	6.167	6.400	0.018	0.057
53	4	8	8	1	5	1	4.611	4.500	4.400	0.024	0.046
54	5	8	7	2	5	9	5.944	6.000	6.400	0.009	0.077
55	7	6	7	2	5	9	5.944	6.000	6.400	0.009	0.077
56	8	2	7	2	3	9	5.111	5.167	5.400	0.011	0.057
57	6	2	7	2	3	1	3.556	3.500	3.400	0.016	0.044
58	5	5	3	3	5	9	4.944	5.000	5.400	0.011	0.092
59	4	5	6	2	5	9	5.111	5.167	5.400	0.011	0.057
60	5	5	8	6	5	9	6.278	6.333	6.400	0.009	0.019
61	2	5	7	4	5	1	4.056	4.000	4.400	0.014	0.085
62	5	8	3	8	5	9	6.278	6.333	6.400	0.009	0.019
63	5	3	5	5	5	1	4.056	4.000	4.400	0.014	0.085
64	5	8	3	2	5	9	5.278	5.333	5.400	0.011	0.023
65	5	7	3	5	5	9	5.611	5.667	5.400	0.010	0.038
66	3	8	2	8	8	1	5.056	5.000	5.400	0.011	0.068
67	5	8	8	9	8	9	7.722	7.833	7.400	0.014	0.042
68	5	5	7	5	5	9	5.944	6.000	6.400	0.009	0.077
69	5	5	3	4	5	9	5.111	5.167	5.400	0.011	0.057
70	5	5	8	3	5	9	5.778	5.833	5.400	0.010	0.065
71	5	7	7	7	5	9	6.611	6.667	6.400	0.008	0.032
72	5	2	8	5	5	9	5.611	5.667	5.400	0.010	0.038
73	5	8	5	8	5	9	6.611	6.667	6.900	0.008	0.044
74	5	7	7	5	5	1	5.056	5.000	4.900	0.011	0.031
75	5	8	3	2	5	9	5.278	5.333	5.400	0.011	0.023
76	5	7	3	2	5	9	5.111	5.167	5.400	0.011	0.057
77	5	7	3	8	5	9	6.111	6.167	6.400	0.009	0.047
78	1	3	5	1	3	9	3.722	3.667	3.900	0.015	0.048

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.20 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( manajemen - manajemen)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	9	9	7	8	7	1	6.778	6.833	6.400	0.008	0.056
2	4	5	3	8	5	9	5.611	5.667	5.400	0.010	0.038
3	2	1	3	2	3	1	2.111	2.000	2.440	0.053	0.156
4	2	8	8	7	5	1	5.222	5.167	5.400	0.011	0.034
5	2	1	7	2	5	1	3.111	3.000	2.900	0.036	0.068
6	8	9	7	1	7	9	6.778	6.833	6.400	0.008	0.056
7	8	9	7	8	5	9	7.556	7.667	7.400	0.015	0.021
8	9	9	3	9	5	9	7.111	7.333	7.400	0.031	0.041
9	6	9	7	8	5	9	7.222	7.333	6.900	0.015	0.045
10	8	1	2	8	8	9	6.000	6.000	6.400	0.000	0.067
11	4	9	7	2	5	9	5.889	6.000	6.400	0.019	0.087
12	2	1	3	8	5	9	4.667	4.667	4.400	0.000	0.057
13	5	9	7	5	5	9	6.556	6.667	6.900	0.017	0.053
14	2	1	3	7	5	9	4.500	4.500	4.400	0.000	0.022
15	4	1	6	1	2	1	2.667	2.500	2.900	0.062	0.088
16	7	9	7	7	5	9	7.222	7.333	6.900	0.015	0.045
17	1	9	5	8	5	9	6.111	6.167	6.400	0.009	0.047
18	7	9	5	8	5	9	7.056	7.167	6.900	0.016	0.022
19	8	1	2	8	5	9	5.500	5.500	5.400	0.000	0.018
20	1	2	7	1	5	1	3.000	2.833	2.900	0.056	0.033
21	8	8	3	9	8	1	6.167	6.167	6.400	0.000	0.038

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.21 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Peralatan - Peralatan)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	8	9	7	9	8	9	8.167	8.333	8.500	0.020	0.041
2	8	2	2	8	2	9	5.111	5.167	5.400	0.011	0.057
3	3	2	2	2	5	1	2.556	2.500	2.400	0.022	0.061

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.22 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Organisasi- Organisasi )

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	9	1	3	9	8	9	6.389	6.500	6.400	0.017	0.002

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.23 Perbandingan nilai dan mean ( Lingkungan - Lingkungan)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	2	1	7	1	3	9	3.889	4.833	4.400	0.243	0.131
2	5	5	8	2	5	8	5.500	5.500	5.400	0.000	0.018
3	8	5	2	8	7	9	6.444	6.500	6.400	0.009	0.007

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.24 Perbandingan nilai fuzzy dan mean(Manusia – Peralatan)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$ f_a - f_b /f_a$	$ f_a - f_c /f_a$
	1	2	3	4	5	6					
1	2	2	3	3	9	3	3.611	3.667	3.900	0.015	0.080
2	3	4	3	2	9	5	4.278	4.333	4.400	0.013	0.029
3	3	4	2	2	1	5	2.889	2.833	2.900	0.019	0.004
4	3	3	7	2	1	5	3.556	3.500	3.400	0.016	0.044
5	5	6	2	8	1	8	5.056	5.000	5.400	0.011	0.068
6	5	4	7	2	5	5	4.667	4.667	4.400	0.000	0.057
7	5	4	2	8	9	5	5.444	5.500	5.400	0.010	0.008
8	5	7	3	2	1	5	3.889	3.833	3.900	0.014	0.003
9	4	6	3	2	1	4	3.389	3.333	2.900	0.016	0.144
10	9	5	7	2	1	8	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
11	3	4	2	2	1	5	2.889	2.833	2.900	0.019	0.004
12	5	4	7	2	2	5	4.167	4.167	3.900	0.000	0.064
13	5	5	3	3	1	5	3.722	3.667	3.900	0.015	0.048
14	2	2	8	2	9	1	4.000	4.000	4.400	0.000	0.100
15	3	3	7	3	9	5	4.944	5.000	5.400	0.011	0.092
16	3	4	5	2	1	5	3.389	3.333	3.400	0.016	0.003
17	3	2	7	1	1	5	3.278	3.167	3.400	0.034	0.037
18	5	5	5	8	1	8	5.389	5.333	5.900	0.010	0.095
19	4	5	7	4	5	5	5.000	5.000	5.400	0.000	0.080
20	4	4	3	3	8	5	4.500	4.500	4.400	0.000	0.022
21	5	6	5	4	1	5	4.389	4.333	4.400	0.013	0.003
22	5	5	7	8	1	4	5.056	5.000	5.400	0.011	0.068
23	7	7	8	8	1	8	6.556	6.500	6.400	0.008	0.024
24	4	1	5	3	1	3	2.944	2.833	2.900	0.038	0.015
25	5	5	7	3	3	5	4.667	4.667	4.400	0.000	0.057
26	4	6	3	4	1	5	3.889	3.833	3.900	0.014	0.003
27	2	2	2	4	9	2	3.444	3.500	3.900	0.016	0.132
28	4	4	3	4	9	5	4.778	4.833	4.400	0.012	0.079
29	4	4	2	3	9	3	4.111	4.167	3.900	0.014	0.051
30	3	4	4	3	9	4	4.444	4.500	3.900	0.013	0.123
31	5	5	3	5	1	5	4.056	4.000	4.900	0.014	0.208
32	5	5	7	5	5	5	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
33	5	5	4	5	8	5	5.333	5.333	5.900	0.000	0.106
34	5	6	4	5	1	5	4.389	4.333	4.900	0.013	0.116
35	5	8	2	5	1	4	4.222	4.167	4.400	0.013	0.042
36	4	8	3	7	8	4	5.667	5.667	5.400	0.000	0.047
37	3	1	3	2	1	1	2.000	1.833	2.440	0.083	0.220
38	4	5	5	5	3	5	4.500	4.500	4.400	0.000	0.022
39	5	4	3	5	1	5	3.889	3.833	3.400	0.014	0.126

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.25 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Manusia - Organisasi)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$ f_a - f_b  / f_a$	$ f_a - f_c  / f_a$
	1	2	3	4	5	6					
1	8	7	2	8	1	9	5.833	5.833	5.400	0.000	0.074
2	5	6	3	6	2	5	4.500	4.500	4.900	0.000	0.089
3	5	4	3	6	1	9	4.667	4.667	4.400	0.000	0.057
4	8	2	5	8	2	9	5.611	5.667	5.400	0.010	0.038
5	8	8	3	9	9	8	7.389	7.500	7.400	0.015	0.002
6	6	5	6	9	5	6	6.111	6.167	5.900	0.009	0.035
7	6	5	2	6	1	9	4.833	4.833	4.900	0.000	0.014
8	6	8	5	9	5	8	6.778	6.833	6.900	0.008	0.018
9	6	6	5	8	2	8	5.833	5.833	5.900	0.000	0.011
10	6	7	2	8	3	8	5.667	5.667	5.400	0.000	0.047
11	8	3	3	9	1	8	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
12	6	5	5	8	1	7	5.389	5.333	5.400	0.010	0.002
13	5	5	4	8	2	7	5.167	5.167	4.900	0.000	0.052
14	9	7	2	7	9	9	7.000	7.167	7.400	0.024	0.057
15	5	8	2	7	9	5	5.944	6.000	6.400	0.009	0.077
16	5	8	3	7	9	9	6.722	6.833	6.400	0.017	0.048
17	9	7	5	8	8	9	7.556	7.667	7.400	0.015	0.021
18	7	8	3	8	9	9	7.222	7.333	7.400	0.015	0.025
19	5	8	7	9	5	6	6.611	6.667	6.400	0.008	0.032
20	5	6	2	7	8	8	6.000	6.000	6.400	0.000	0.067
21	5	7	5	8	5	7	6.167	6.167	5.900	0.000	0.043
22	5	5	5	8	8	7	6.333	6.333	6.900	0.000	0.089
23	7	7	2	8	8	9	6.778	6.833	6.400	0.008	0.056
24	6	3	3	9	9	9	6.333	6.500	6.400	0.026	0.011
25	5	7	6	8	9	7	6.944	7.000	6.900	0.008	0.006
26	5	5	5	8	8	8	6.500	6.500	6.400	0.000	0.015

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.26 Perbandingan nilai fuzzy manual vs matlab ( Manusia – Manajemen)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$ f_a - f_b /f_a$	$ f_a - f_c /f_a$
	1	2	3	4	5	6					
1	7	2	3	8	9	9	6.222	6.333	6.400	0.018	0.029
2	6	4	7	6	1	8	5.389	5.333	5.400	0.010	0.002
3	6	8	2	6	8	8	6.333	6.333	6.400	0.000	0.011
4	8	8	7	7	8	8	7.667	7.667	7.400	0.000	0.035
5	7	8	2	8	1	8	5.722	5.667	5.900	0.010	0.031
6	6	5	7	6	5	5	5.667	5.667	5.400	0.000	0.047
7	6	7	3	7	9	7	6.444	6.500	5.900	0.009	0.084
8	6	8	4	7	1	6	5.389	5.333	5.400	0.010	0.002
9	8	9	4	8	8	8	7.444	7.500	7.400	0.007	0.006
10	9	9	4	7	8	6	7.056	7.167	7.400	0.016	0.049
11	8	9	3	8	1	9	6.278	6.333	6.400	0.009	0.019
12	6	8	4	7	8	5	6.333	6.333	6.400	0.000	0.011
13	6	6	3	7	2	5	4.833	4.833	4.900	0.000	0.014
14	8	3	4	7	8	8	6.333	6.333	6.400	0.000	0.011
15	5	5	6	6	8	8	6.333	6.333	6.400	0.000	0.011
16	5	7	3	7	8	8	6.333	6.333	6.400	0.000	0.011
17	8	7	6	7	8	9	7.444	7.500	7.400	0.007	0.006
18	6	6	2	6	2	9	5.111	5.167	4.900	0.011	0.041
19	5	5	7	5	5	5	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
20	5	5	3	6	2	5	4.333	4.333	4.900	0.000	0.131
21	5	5	4	5	1	5	4.222	4.167	4.900	0.013	0.161
22	7	6	3	6	9	8	6.444	6.500	6.400	0.009	0.007
23	9	8	3	7	3	8	6.278	6.333	6.400	0.009	0.019
24	3	6	3	7	1	8	4.722	4.667	4.400	0.012	0.068
25	5	7	5	7	3	8	5.833	5.833	5.400	0.000	0.074
26	5	5	3	7	3	7	5.000	5.000	4.900	0.000	0.020
27	3	3	3	3	2	2	2.667	2.667	2.440	0.000	0.085
28	4	5	6	3	1	5	4.056	4.000	4.400	0.014	0.085
29	5	5	3	2	2	5	3.667	3.667	3.900	0.000	0.064
30	3	6	7	2	7	3	4.667	4.667	4.400	0.000	0.057
31	8	5	3	2	2	6	4.333	4.333	4.400	0.000	0.015
32	5	5	7	2	4	5	4.667	4.667	4.400	0.000	0.057
33	5	6	3	1	8	5	4.722	4.667	4.900	0.012	0.038
34	5	5	4	2	1	5	3.722	3.667	3.900	0.015	0.048
35	5	5	4	2	8	6	5.000	5.000	4.900	0.000	0.020
36	5	8	4	2	9	8	5.944	6.000	6.400	0.009	0.077
37	3	5	3	2	1	4	3.056	3.000	2.900	0.018	0.051
38	5	7	4	4	1	3	4.056	4.000	3.900	0.014	0.038
39	5	5	3	4	1	3	3.556	3.500	3.900	0.016	0.097
40	8	8	5	7	9	9	7.611	7.667	7.400	0.007	0.028
41	6	5	7	7	2	8	5.833	5.833	5.400	0.000	0.074
42	3	3	3	7	1	8	4.222	4.167	4.400	0.013	0.042
43	8	7	7	7	8	8	7.500	7.500	7.400	0.000	0.013
44	8	9	3	8	2	7	6.111	6.167	6.400	0.009	0.047
45	7	6	7	9	8	5	6.944	7.000	6.900	0.008	0.006

(Sambungan)

46	7	8	4	3	8	6	6.000	6.000	6.400	0.000	0.067
47	8	8	4	8	1	8	6.222	6.167	6.400	0.009	0.029
48	8	9	4	8	9	9	7.667	7.833	7.400	0.022	0.035
49	8	8	4	9	8	7	7.333	7.333	7.400	0.000	0.009
50	9	9	3	9	2	9	6.667	6.833	6.400	0.025	0.040
51	5	8	4	8	3	8	6.000	6.000	5.900	0.000	0.017
52	4	7	4	8	2	8	5.500	5.500	5.400	0.000	0.018
53	8	2	4	6	9	8	6.111	6.167	6.400	0.009	0.047
54	6	6	4	7	8	5	6.000	6.000	5.900	0.000	0.017
55	6	4	3	7	1	3	4.056	4.000	4.400	0.014	0.085
56	9	6	7	7	8	7	7.278	7.333	7.400	0.008	0.017
57	7	8	3	7	8	8	6.833	6.833	6.400	0.000	0.063
58	6	6	7	7	8	5	6.500	6.500	5.900	0.000	0.092
59	6	6	3	6	9	6	5.944	6.000	5.900	0.009	0.007
60	7	6	3	8	8	5	6.167	6.167	6.400	0.000	0.038
61	8	7	3	8	8	7	6.833	6.833	6.400	0.000	0.063
62	8	6	3	8	5	8	6.333	6.333	6.400	0.000	0.011
63	8	6	3	8	1	9	5.833	5.833	5.400	0.000	0.074
64	6	8	4	8	2	8	6.000	6.000	5.900	0.000	0.017
65	6	5	3	8	2	7	5.167	5.167	4.900	0.000	0.052
66	2	2	5	2	9	8	4.611	4.667	4.400	0.012	0.046
67	2	4	5	2	8	2	3.833	3.833	3.900	0.000	0.017
68	3	4	4	2	2	7	3.667	3.667	2.900	0.000	0.209
69	2	6	7	2	8	8	5.500	5.500	5.400	0.000	0.018
70	5	5	3	7	2	7	4.833	4.833	4.900	0.000	0.014
71	4	5	7	5	5	5	5.167	5.167	5.400	0.000	0.045
72	4	5	3	6	8	6	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
73	5	5	3	5	9	5	5.278	5.333	5.900	0.011	0.118
74	5	6	3	7	8	6	5.833	5.833	5.900	0.000	0.011
75	5	6	4	7	9	7	6.278	6.333	5.900	0.009	0.060
76	2	2	3	2	2	7	3.000	3.000	2.900	0.000	0.033
77	5	8	4	6	2	6	5.167	5.167	5.400	0.000	0.045
78	5	5	3	6	2	6	4.500	4.500	4.900	0.000	0.089
79	2	2	4	2	2	8	3.333	3.333	3.400	0.000	0.020
80	3	5	4	2	8	2	4.000	4.000	4.400	0.000	0.100
81	3	5	3	2	2	3	3.000	3.000	2.900	0.000	0.033
82	2	6	4	2	8	8	5.000	5.000	5.400	0.000	0.080
83	5	5	4	7	8	7	6.000	6.000	5.900	0.000	0.017
84	5	5	7	5	5	5	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
85	7	5	3	6	8	6	5.833	5.833	5.900	0.000	0.011
86	5	5	3	5	2	5	4.167	4.167	4.900	0.000	0.176
87	7	6	3	7	8	7	6.333	6.333	5.900	0.000	0.068
88	8	6	2	7	3	8	5.667	5.667	5.400	0.000	0.047
89	2	1	3	2	2	8	3.056	3.000	3.400	0.018	0.113
90	5	7	3	6	2	8	5.167	5.167	4.900	0.000	0.052
91	5	5	3	6	1	7	4.556	4.500	4.900	0.012	0.076

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.27 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Peralatan - Lingkungan)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$ f_a - f_b /f_a$	$ f_a - f_c /f_a$
	1	2	3	4	5	6					
1	5	7	3	9	1	5	5.000	5.000	4.900	0.000	0.020
2	5	5	4	5	1	5	4.222	4.167	4.900	0.013	0.161
3	5	5	4	5	1	5	4.222	4.167	4.900	0.013	0.161
4	5	5	4	5	1	5	4.222	4.167	4.900	0.013	0.161
5	5	5	2	5	2	5	4.000	4.000	4.900	0.000	0.225
6	5	5	5	5	5	5	5.000	5.000	5.400	0.000	0.080
7	5	6	3	9	5	5	5.444	5.500	5.400	0.010	0.008
8	5	5	3	5	2	5	4.167	4.167	4.900	0.000	0.176
9	5	5	4	5	1	5	4.222	4.167	4.900	0.013	0.161
10	5	5	5	5	2	5	4.500	4.500	4.900	0.000	0.089
11	5	5	2	8	1	5	4.389	4.333	4.900	0.013	0.116
12	7	6	5	8	3	8	6.167	6.167	5.900	0.000	0.043
13	7	5	3	9	1	7	5.333	5.333	4.900	0.000	0.081
14	6	6	4	8	1	5	5.056	5.000	4.900	0.011	0.031
15	4	5	4	4	2	5	4.000	4.000	3.900	0.000	0.025
16	4	4	4	4	2	5	3.833	3.833	2.900	0.000	0.243
17	4	6	4	2	1	5	3.722	3.667	3.900	0.015	0.048
18	5	5	2	5	2	5	4.000	4.000	4.900	0.000	0.225
19	5	5	5	4	5	5	4.833	4.833	4.400	0.000	0.090
20	5	6	3	8	5	5	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
21	5	5	5	5	2	5	4.500	4.500	4.900	0.000	0.089
22	5	7	4	2	2	5	4.167	4.167	3.900	0.000	0.064
23	5	7	5	1	2	5	4.222	4.167	4.400	0.013	0.042
24	3	7	3	2	1	5	3.556	3.500	3.900	0.016	0.097
25	5	7	4	2	3	8	4.833	4.833	4.400	0.000	0.090
26	5	5	4	2	1	7	4.056	4.000	4.400	0.014	0.085
27	2	6	3	9	9	3	5.222	5.333	5.400	0.021	0.034
28	4	5	4	4	9	5	5.111	5.167	4.900	0.011	0.041
29	4	5	4	4	8	5	5.000	5.000	4.900	0.000	0.020
30	2	6	3	2	9	5	4.444	4.500	4.900	0.013	0.103
31	5	5	3	5	2	5	4.167	4.167	4.900	0.000	0.176
32	5	5	5	8	5	5	5.500	5.500	5.900	0.000	0.073
33	5	6	3	9	5	5	5.444	5.500	5.400	0.010	0.008
34	5	5	5	6	2	5	4.667	4.667	4.900	0.000	0.050
35	5	6	4	8	8	6	6.167	6.167	6.400	0.000	0.038
36	5	5	5	8	2	7	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
37	2	5	4	2	1	2	2.722	2.667	2.900	0.020	0.065
38	5	6	5	6	3	7	5.333	5.333	4.900	0.000	0.081
39	5	5	4	7	1	8	5.056	5.000	4.900	0.011	0.031

Tabel 4.28 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Peralatan - Organisasi)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$ f_a - f_b /f_a$	$ f_a - f_c /f_a$
	1	2	3	4	5	6					
1	3	2	7	1	1	1	2.667	2.500	2.900	0.062	0.088
2	3	2	8	1	1	2	2.944	2.833	2.900	0.038	0.015
3	3	1	8	1	1	1	2.722	2.500	2.900	0.082	0.065
4	3	2	8	2	9	2	4.278	4.333	4.400	0.013	0.029
5	3	1	5	2	1	3	2.611	2.500	2.900	0.043	0.111
6	3	2	6	2	9	3	4.111	4.167	3.900	0.014	0.051

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.29 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Peralatan - Manajemen)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	3	2	6	2	1	3	2.889	2.833	2.900	0.019	0.004
2	4	3	7	2	9	2	4.000	4.300	3.900	0.075	0.025
3	5	4	4	1	1	3	3.111	3.000	3.400	0.036	0.093
4	4	3	6	2	1	4	3.389	3.300	2.900	0.026	0.144
5	4	2	7	2	1	4	3.389	3.300	2.900	0.026	0.144
6	2	2	5	2	1	1	2.278	2.200	2.900	0.034	0.273
7	5	5	7	6	1	5	4.889	4.833	4.900	0.011	0.002
8	2	2	7	2	1	3	2.889	2.833	2.900	0.019	0.004
9	3	3	7	2	9	3	4.444	4.500	3.900	0.013	0.123
10	4	1	6	1	1	5	3.167	3.000	3.400	0.053	0.074
11	4	1	7	2	1	3	3.111	3.000	2.900	0.036	0.068
12	4	2	8	2	2	3	3.500	3.500	2.900	0.000	0.171
13	3	1	5	2	2	2	2.556	2.500	2.900	0.022	0.135
14	5	8	7	2	9	8	6.444	6.500	6.400	0.009	0.007
15	2	2	5	2	9	2	3.611	3.700	3.900	0.025	0.080
16	2	4	5	3	9	3	4.278	4.300	3.900	0.005	0.088
17	4	1	5	2	1	5	3.111	3.000	3.400	0.036	0.093
18	5	1	5	3	1	3	3.111	3.000	3.400	0.036	0.093
19	4	3	7	3	9	3	4.778	4.800	3.900	0.005	0.184
20	4	1	5	3	2	2	2.889	2.833	2.900	0.019	0.004
21	5	5	7	7	9	3	5.944	6.000	6.400	0.009	0.077

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.30 Perbandingan nilai fuzzy dan mean ( Peralatan - Lingkungan)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	5	5	7	2	9	4	5.278	5.333	5.000	0.011	0.053
2	5	6	8	8	2	6	5.833	5.833	5.400	0.000	0.074
3	5	5	7	8	1	6	5.389	5.333	5.400	0.010	0.002
4	5	5	6	4	9	5	5.611	5.667	5.400	0.010	0.038
5	5	6	7	8	1	5	5.389	5.333	5.400	0.010	0.002
6	5	5	7	8	2	5	5.333	5.333	5.400	0.000	0.013
7	5	5	6	5	9	5	5.778	5.833	5.900	0.010	0.021
8	5	5	6	7	1	5	4.889	4.833	4.900	0.011	0.002
9	5	5	3	6	1	5	4.222	4.167	4.900	0.013	0.161

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.31 Perbandingan nilai fuzzy dan mean( Organisasi - Manajemen)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	2	2	4	8	1	8	4.222	4.167	4.400	0.013	0.042
2	2	5	5	8	1	8	4.889	4.833	4.400	0.011	0.100
3	6	8	3	8	1	9	5.833	5.833	5.900	0.000	0.011
4	4	2	4	8	1	8	4.556	4.500	4.400	0.012	0.034
5	4	2	5	2	1	5	3.222	3.167	3.400	0.017	0.055
6	4	2	4	8	1	8	4.556	4.500	4.400	0.012	0.034
7	4	7	5	8	1	6	5.222	5.167	5.400	0.011	0.034
8	8	8	6	9	9	8	7.889	8.000	8.500	0.014	0.077
9	8	8	4	8	9	8	7.444	7.500	7.400	0.007	0.006
10	8	8	4	8	9	7	7.278	7.333	7.400	0.008	0.017
11	8	9	4	8	9	8	7.556	7.667	7.400	0.015	0.021
12	5	6	5	9	9	3	6.056	6.167	6.400	0.018	0.057
13	8	9	3	8	9	8	7.389	7.500	7.400	0.015	0.002
14	5	6	5	8	9	7	6.611	6.667	6.900	0.008	0.044

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.32 Perbandingan nilai fuzzy dan mean (Organisasi -Lingkungan)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	$I_{fa-fb}/fa$	$I_{fa-fc}/fa$
	1	2	3	4	5	6					
1	5	5	7	5	1	5	4.722	4.667	4.900	0.012	0.038
2	5	5	7	5	1	5	4.722	4.667	4.900	0.012	0.038
3	5	2	6	2	1	5	3.556	3.500	3.900	0.016	0.097
4	4	3	7	2	9	5	4.944	5.000	5.400	0.011	0.092
5	4	2	6	2	1	1	2.778	2.667	2.900	0.040	0.044
6	4	3	7	2	9	2	4.444	4.500	3.900	0.013	0.123

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.33 Perbandingan nilai fuzzy dan mean( Manajemen - Lingkungan)

kriteria	koresponden						Fuzzy (fa)	mean (fb)	matlab (fc)	fa-fb /fa	fa-fc /fa
	1	2	3	4	5	6					
1	5	5	7	5	1	5	4.722	4.667	4.900	0.012	0.038
2	5	5	6	5	1	5	4.556	4.500	4.900	0.012	0.076
3	5	5	4	5	1	5	4.222	4.167	4.900	0.013	0.161
4	5	5	6	5	1	5	4.556	4.500	4.900	0.012	0.076
5	5	5	7	5	1	5	4.722	4.667	4.900	0.012	0.038
6	5	5	6	5	1	5	4.556	4.500	4.900	0.012	0.076
7	5	5	6	8	1	5	5.056	5.000	5.400	0.011	0.068
8	4	2	7	2	1	5	3.556	3.500	3.400	0.016	0.044
9	4	3	7	2	1	5	3.722	3.667	3.400	0.015	0.087
10	4	2	4	1	2	5	3.056	3.000	2.900	0.018	0.051
11	4	2	6	2	1	5	3.389	3.333	3.400	0.016	0.003
12	4	2	7	2	1	5	3.556	3.500	3.400	0.016	0.044
13	4	2	6	2	1	5	3.389	3.333	3.400	0.016	0.003
14	5	5	6	2	2	5	4.167	4.167	4.400	0.000	0.056
15	4	2	7	2	9	3	4.444	4.500	3.900	0.013	0.123
16	4	2	6	2	1	3	3.056	3.000	2.900	0.018	0.051
17	4	2	4	1	9	7	4.500	4.500	4.400	0.000	0.022
18	4	5	6	3	1	4	3.889	3.833	3.400	0.014	0.126
19	4	2	7	3	1	3	3.389	3.333	2.900	0.016	0.144
20	3	2	5	2	2	3	2.833	2.833	2.900	0.000	0.024
21	5	5	6	4	2	5	4.500	4.500	4.400	0.000	0.022

(Sumber : telah diolah kembali)

Dari tabel perbandingan nilai mean, fuzzy dan matlab , kita cari erornya dengan rumus MAPE seperti yang dijelaskan diatas. Pencarian nilai eror dari dilakukan untuk semua kriteria yang ada, tidak satu – satu kriteria ataupun satu-satu faktor yang ada. Hal ini didasarkan pada penelitian (Eny Deratullah,ITS, 2010). Jika kita melakukannya satu – satu kriteria ataupun satu – satu faktor, maka akan ada kriteria yang erornya dapat ditolerir dan ada yang tidak,. Jadi misal ada 100 hal yang kita bandingkan, kita juga harus mencari tingkat kecerobohnya satu untuk 100 hal tersebut karena dalam pengerjaan manual maupun matlab kita proses pengerjaan dilakukan satu kesatuan bukan rumus yang terpisah sendiri – sendiri.

Dari tabel –tabel yang ada dan menggunakan MAPE, kita peroleh nilai MAPE antara nilai mean dan nilai fuzzy manual sebesar 1,97 % dan nilai MAPE untuk fuzzy dan matlab sebesar 5,431 %. Jika kita lihat dari referensi MAPE yang ada, nilai tolerir tersebut bervariasi, ada yang 15 % dan juga 20 %. Dilihat dari nilai MAPE yang ada, nilai eror penelitian ini memenuhi hal tersebut. Pada perbandingan nilai MAPE mean maupun matlab, kita membandingkannya

dengan nilai fuzzy karena nilai fuzzy adalah inti masalah dari judul skripsi penulis. Fungsi dari mean dan matlab hanya untuk compare / membandingkan bagaimana nilai dari DoC jika menggunakan metode pengerjaan yang berbeda. Untuk membahas nilai yang dihasilkan, mana yang terkait atau tidakakan penulis bahas selanjutnya karena di sub bab yang ini hanya membahas masalah nilai erornya.

#### 4.3.3.2 Analisa Pengolahan Data

Pada analisa pengolahan data ini, kita akan membahas variabel mana saja yang termasuk dominan atau bahkan sama sekali tidak berkaitan berdasarkan range nilai yang sudah dibahas pada halaman sebelumnya yaitu :

No	Variabel Linguistik	Skala
1	Tidak Berkaitan	0
2	Sedikit Berkaitan	0,1 - 0,99
3	Berkaitan	1-1,99
4	Berkaitan	2 - 2,99
5	Sangat Berkaitan	3 - 3,99
6	Mutlak Berkaitan	4

Kemudian memvisualisasikan variabel-variabel tersebut didalam bentuk diagram kasualitas dengan menggunakan software Vensim (Ventana Simulation). Dari tabel diatas kita akan membahas lebih lanjut di bab 5 adalah faktor yang tidak berkaitan dan sangat/ mutlak berkaitan sebagai temuan dan pembahasannya.

Dari semua hasil mean, fuzzy manual, fuzzy matlab tidak ada yang mempunyai nilai sama, pasti ada selisihnya. Misalnya saja dari nilai mean variabel tersebut ikut range sangat berkaitan, tetapi untuk nilai matlab maupun fuzzy manual belum tentu sangat berkaitan, kita tetap memakainya nilai fuzzy sebagai patokannya karena dari judul skripsi ini saja menggunakan fuzzy. Berikut tabel hasil pengolahan datanya, kecuali nilai korelasi karena korelasi disini dipakai untuk mengecek variabel paling dominan apakah korelasinya sudah signifikan atau belum dan seberapa besar signifikannya. Jika dilihat dari nilai fuzzy tidak ada variabel yang tidak mempunyai, semuanya mempunyai kaitan walaupun hanya dalam kategori cukup. Untuk pembahasan selengkapnya kita membahas tentang variabel dominan yang sangat terkait menyebabkan kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi.

Tabel 4.34 Hasil DoC Faktor Internal Manusia

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Faj)		Faktor manusia																																						
		1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13		
		Kurangya kewaspadaan akan keselamatan kerja			Kurangya pengalaman dalam bekerja			Rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan konsentrasi dalam bekerja			Rendahnya motivasi akan keselamatan kerja			Tidak menggunakan alat perlindungan diri (APD) yang tidak disediakan			Bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang			Tidak konsentrasi dalam bekerja			Bercanda pada saat bekerja			Pengaruh perubahan kerja/ perlongkaran kerja yang salah			Menggunakan peralatan yang rusak dalam bekerja			Tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja			Bekerja dalam kondisi fisik yang buruk			Kelelahan dan kekesan		
		mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab	mean	DNP	metab			
Faktor Manusia	1	Kurangya kewaspadaan akan keselamatan kerja	0,667	0,727	0,4	3,167	3,056	3,5	2,33	2,22	2,4	-1,17	-1,222	-1,6	1,17	1,111	1,4	0,83	0,889	0,4	1,5	1,44444	1,4	0,167	0,11111	0,4	-1,17	-1,22222	-1,6	-1	-1,05556	-1,1	0,17	0,11111	0,4	2,83	2,72222	2,4		
	2	Kurangya pengalaman dalam bekerja				0	-0,056	0,4	-1,5	-1,556	-1,6	0	0	0,4	-1	-1	-0,6	-2	-1,889	-1,6	0,167	0,166667	0,4	-1,5	-1,55556	-1,6	-1,67	-1,61111	-1,6	-1	-1,05556	-1,1	-1,5	-1,44444	-1,6	1	0,94444	1,4		
	3	Rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan konsentrasi dalam bekerja							-1,5	-1,556	-1,6	-0,83	-0,889	-0,6	-0,33	-0,333	-0,6	-1,33	-1,278	-2,1	-0,167	-0,22222	-0,6	-2,667	-2,61111	-2,56	-2,33	-2,27778	-2,54	-2,67	-2,61111	-2,1	0	-0,05556	0,4	0,17	0,11111	0,4		
	4	Rendahnya motivasi akan keselamatan kerja										-1,83	-1,778	-1,6	-1,5	-1,444	-1,6	-0,67	-0,667	-0,6	-0,833	-0,83333	-0,6	-0,333	-0,38889	-0,6	0,33	0,27778	0,4	-0,67	-0,66667	-0,6	0,17	0,11111	0,4	0,83	0,77778	0,4		
	5	Tidak menggunakan alat perlindungan diri (APD) yang telah disediakan													-1,83	1,778	1,4	-0,17	-0,111	-0,6	-0,833	-0,77778	-0,6	-0,167	-0,11111	-0,1	-0,33	-0,27778	-0,1	2,5	2,38889	2,4	1,33	1,27778	1,4	1,67	1,61111	1,4		
	6	Bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang																-2,83	-2,722	-2,1	-0,83	-0,77778	-0,6	-1,67	-1,55556	-2,1	-1,17	-1,05556	-1,6	-0,67	-0,66667	-0,6	-1	-0,94444	-0,6	0,67	0,61111	0,4		
	7	Tidak konsentrasi dalam bekerja																			0	0	0,4	-0,333	-0,38889	-0,6	-0,667	-0,66667	-0,6	1,17	1,05556	1,4	1,33	1,27778	1,4	1,67	1,61111	1,9		
	8	Bercanda pada saat bekerja																			-1,5	-1,38889	-2,1	-0,67	-0,61111	-0,6	-0,5	-0,38889	-0,6	-1	-0,94444	-0,6	0	0,05556	-0,1					
	9	Penggunaan peralatan kerja/ perlongkaran kerja yang salah																									-0,33	-0,27778	-0,1	1	0,94444	1,4	0,33	0,27778	0,4	0,33	0,27778	0,4		
	10	Menggunakan peralatan yang rusak dalam bekerja																												1	0,94444	1,4	0,67	0,61111	0,4	0,17	0,11111	0,4		
	11	Tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja																															0	0,05556	0,4	1,17	1,11111	1,4		
	12	Bekerja dalam kondisi fisik yang buruk																																		-1,33	-1,27778	-1,1		
	13	Kelelahan dan kekesan																																						

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.35 Hasil DoC Faktor Internal Organisasi

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Organisasi					
		1			2		
		Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran			Kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja		
		mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab
Faktor Orga	1	Tidak adanya pemberian hukuman/penalty jika terjadi pelanggaran			1,5	1,388889	1,4
	2	Kurangnya komitmen pimpinan akan keselamatan kerja					

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.36 Hasil DoC Faktor Internal Manajemen

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Manajemen																				
		1			2			3			4			5			6			7		
		Tidak adanya/ kurangnya program training keselamatan kerja			Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja			Kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak			Kurangnya pengawasan terhadap keselamatan kerja			Tidak adanya pengaturan keselamatan kerja pada kontrak			Metode kerja yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan			Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek		
		mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab
Faktor Manajemen	1	Tidak adanya/ kurangnya program training keselamatan kerja			1,83	1,777778	1,4	0,67	0,611111	0,4	0,17	0,222222	0,4	2,67	2,555556	2,4	1	0,888889	1,4	2,33	2,222222	1,9
	2	Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja						-3	-2,888889	-2,56	-2	-1,888889	-2,1	2,33	2,111111	2,4	-0,333	-0,333333	-0,6	1,167	1,111111	1,4
	3	Kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak									1,83	1,777778	1,4	2,33	2,222222	1,9	1,67	1,555556	1,9	2,167	2,055556	1,9
	4	Kurangnya pengawasan terhadap keselamatan kerja												1	1	1,4	-0,5	-0,5	-0,6	0,5	0,5	0,4
	5	Tidak adanya pengaturan keselamatan kerja pada kontrak															-2,5	-2,333333	-2,1	-2,167	-2	-2,1
	6	Metode kerja yang tidak mempertimbangkan faktor keselamatan																		1,167	1,166667	1,4
	7	Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek																				

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.37 Hasil DoC Faktor Internal Lingkungan

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Lingkungan								
		1			2			3		
		Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari)			Kondisi permukaan tempat berjalan dan bekerja yang tidak aman			Tidak ada penerangan		
		fuzzy	BNP	matlab	fuzzy	BNP	matlab	fuzzy	BNP	matlab
Faktor Lingkungan	1	Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari)			-1,167	-1,111111	-0,6	0,5	0,5	0,4
	2	Kondisi permukaan tempat berjalan dan bekerja yang tidak aman						1,5	1,444444	1,4
	3	Tidak ada penerangan								

(Sumber : telah diolah kembali)

Tabel 4.38 Hasil DoC Faktor Internal Peralatan

Indeks Kecelakaan Jatuh (Fall Accident Index/ Fai)		Faktor Peralatan								
		1			2			3		
		Kondisi system dan fisik peralatan kerja yang rusak			Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja			Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi		
		mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab	mean	BNP	matlab
Faktor Peralatan	1	Kondisi system dan fisik peralatan kerja yang rusak			3,33	3,166667	3,5	0,167	0,111111	0,4
	2	Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja						-2,5	-2,444444	-2,6
	3	Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi								

(Sumber : telah diolah kembali)

Untuk tabel yang ditampilkan diatas, hanya untuk yang eksternal saja, untuk data hasil eksternal ada di lampiran. Hal ini dikarenakan data yang ada terlalu banyak dan jika ditampilkan di bab 4 semua juga tidak begitu jelas. Dari hasil output nilai keterkaitan dari masing – masing variabel baik yang internal maupun eksternal, kita hanya melihat nilai dari fuzzy saja karena seperti disebutkan sebelumnya, judul skripsi ini adalah “ Metode Pengukuran Penyebab Derajat Kecelakaan Jatuh Pada Proyek Konstruksi Berbasis Fuzzy Diagnostic Analysis”. Nilai matlab dan mean hanya untuk membandingkan bagaimana hasil DoC untuk 3 cara pengerjaan yang berbeda, bagaimana hasilnya.

Sesuai dengan tujuan dari skripsi ini yaitu pertama untuk mendapatkan variabel apa saja yang mempengaruhi kecelakaan kerja, kita mendapatkan 28 variabel dari penelitian bu Rosmariyani sebelumnya. Untuk tujuan kedua yaitu mencari nilai keterkaitan hubungan (DoC) antara variabel menggunakan *Fuzzy Diagnostic Analysis*, jadi penulis hanya melihat hasil dari nilai fuzzy saja karena nilai mean dan matlab hanya untuk perbandingan apakah nilai fuzzy yang ada bisa diterima atau tidak. Dari tabel diatas kita memperoleh nilai – nilai DoC yang ada. Akan tetapi, penulis hanya fokus untuk variabel yang mempunyai nilai DoC sangat / mutlak berkaitan yaitu dengan nilai 3 – 3,99. Dari faktor internal dan eksternal, penulis hanya mendapatkan 3 hubungan variabel saja yang mempunyai hubungan sangat terkait yaitu internal peralatan, internal manusia dan juga eksternal manusia - peralatan. Selain nilai yang sangat terkait, penulis juga harus melihat apakah ada variabel yang tidak mempunyai casualty sama sekali atau 0. Variabel yang tidak mempunyai hasilnya nilai fuzzy ada variabel yang tidak punya kasuality sebanyak 9 variabel. Variabel tersebut dapat dilihat dilampiran yang diberi tanda warna kuning. Setelah kita mendapatkan variabel yang sangat berkaitan, kita bandingkan nilainya dengan nilai korelasi untuk mengetahui seberapa besar hubungan korelasinya. Berikut hasil dari faktor dominan sangat berkaitan dengan nilai korelasi yang ada.

Tabel 4.39 Variabel Sangat Berkaitan

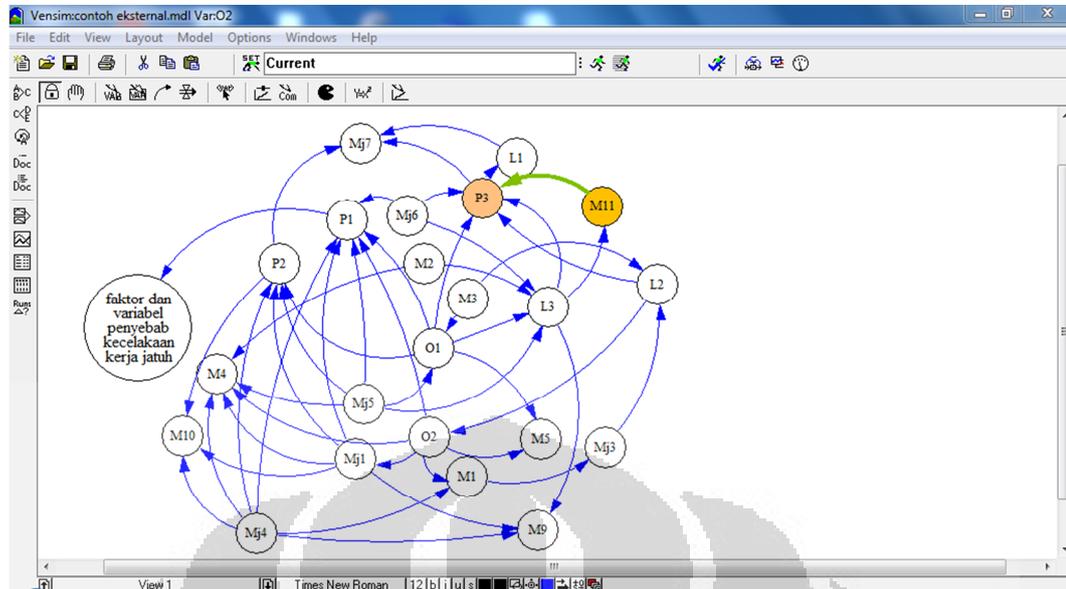
No	Variabel	Fuzzy
1	Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja menyebabkan kondisi sistem dan fisik peralatan yang rusak	3,167
2	Rendahnya tingkat pengetahuan dan ketrampilan dan kompetensi dalam bekerja menyebabkan kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja	3,056
3	Tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja menyebabkan Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi kerja	3,0

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa variabel yang mempunyai casualty sangat terkait yaitu berasal dari faktor internal. Yaitu internal peralatan, internal manusia dan juga eksternal manusia – peralatan. Faktor internal peralatan yang mempunyai hubungan sangat berkaitan yaitu kurangnya pemeliharaan akan keselamatan kerja menyebabkan kondisi sistem dan fisik peralatan yang rusak senilai 3,167.

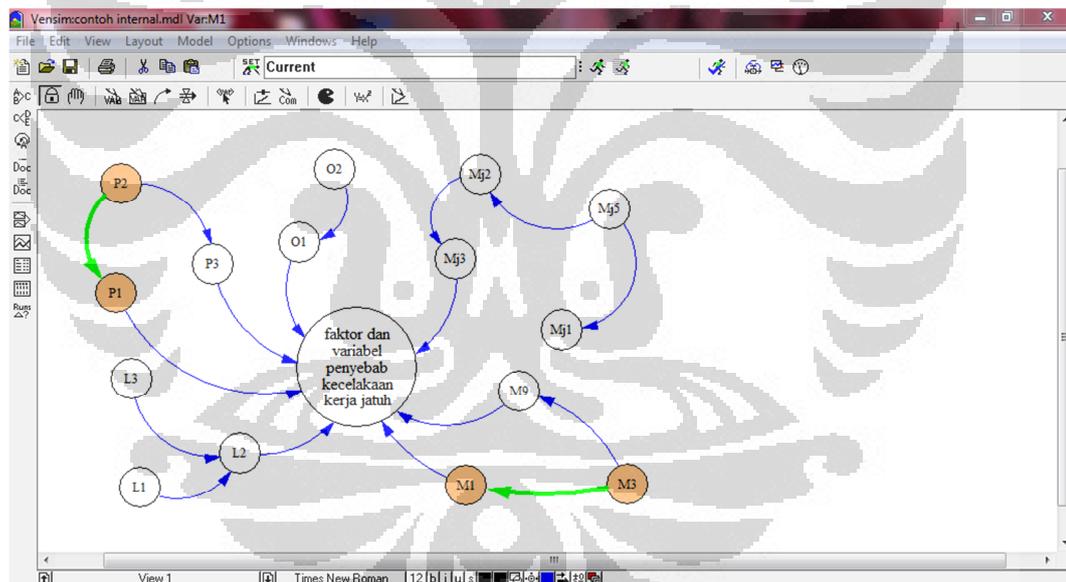
Untuk faktor internal manusia yang mempunyai hubungan sangat berkaitan yaitu kurangnya tingkat pengetahuan dan ketrampilan bekerja menyebabkan kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja sebesar 3,056

Untuk variabel yang mempunyai hubungan sangat berkaitan selanjutnya yaitu faktor eksternal manusia – peralatan yaitu tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja menyebabkan peralatan kerja tidak memiliki izin operasi kerja sebesar 3

Selanjutnya dari variabel- variabel yang ada, dilakukan pembuatan simulasi diagram kasualitas dengan bantuan software Vensim seperti berikut:



Gambar 4.13 Diagram Simulasi Kasualitas Eksternal  
(sumber:hasil olahan)



Gambar 4.14 Diagram Simulasi Kasualitas Internal  
(sumber:hasil olahan)

Berdasarkan gambar simulasi diagram diatas, dapat dijelaskan bahwa untuk garis loop berwarna biru tipis menandakan hubungan antara variabel yang bersangkutan sedikit/ cukup berkaitan berdasarkan hasil pengolahan data. Garis yang berwarna hijau tebal dan variabelnya diarsir warna coklat menandakan bahwa antar variabel itu memiliki sifat variabel yang sangat berkaitan.

#### 4.4 Kesimpulan

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara FGD (*Focus Group Discussion*). Untuk FGD ini, kita memberikan 3 macam form kepada para pakar di bidang K3 yaitu dalam bentuk form A, form B dan juga form C. Ketiga form tersebut tidak semuanya masuk ke dalam penelitian penulis karena penelitian ini merupakan salah satu dari disertasi bu Rosmariansi. Penulis hanya focus pada form B dan juga form C yang membahas tentang *Degree of Casuality (DoC)*. Pada FGD ini, penulis beserta bu Ros, mengundang 6 responden baik dari pakar K3, asosiasi maupun praktisi dari perusahaan kontraktor. Dalam FGD ini selain pengisian form juga dilakukan diskusi langsung membahas form – form yang telah responden isi.

Selanjutnya data yang telah diperoleh dari hasil FGD, penulis olah menggunakan program Fuzzy FMCDM, SPSS versi 17, matlab 7.8 dan juga software vensim. Fuzzy FMCDM disini sesuai dengan judulnya untuk mendapatkan variabel yang paling terkait .SPSS berfungsi untuk menganalisis secara deksriptif sebaran dari hasil FGD dan juga untuk menganalisis hubungan dari variabel – variabel. Program matlab berfungsi untuk melihat nilai yang paling terkait dari tiap tiap variabel yang. Dari semua analisis tersebut, nilai mean dan matlab hanya untuk membandingkan apakah dari hasil fuzzy manual bisa diterima atau tidak dilihat dari nilai MAPEnya. Selanjutnya variabel tersebut digambarkan hubungannya menggunakan program vensim agar lebih jelas. Hasil semua analisa diatas didapatkan variabel myang sangat terkait menyebabkan kecelakaan jatuh yaitu peralatan, manusia dan juga manusia – peralatan.

## BAB 5

### TEMUAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Pendahuluan

Bab ini akan menjelaskan mengenai temuan hasil penelitian yang telah dilakukan, berupa analisa pengaruh faktor dan variabel penyebab kecelakaan kerja yang memiliki tingkat keterkaitan dominan dan analisa pengaruh faktor dan variabel penyebab kecelakaan kerja yang tidak berkaitan.

#### 5.2 Faktor dan Variabel yang Tidak Berkaitan

Dari pengolahan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka diperoleh temuan nilai faktor dan variabel yang tidak memiliki tingkat keterkaitan sesuai dengan tabel pembagian range yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Tabel 5.1 Variabel pada Faktor Internal Yang Tidak Berkaitan

no	Variabel	Nilai		
		deskriptif	fuzzy	matlab
		mean		
a.	tidak menggunakan APD yang telah disediakan dengan kurangnya pengalaman dalam bekerja	0	0	0.4
b.	bercanda pada saat bekerja dengan tidak konsentrasi dalam bekerja	0	0	0.4

(Sumber Diolah kembali)

#### a) Variabel tidak menggunakan APD yang telah disediakan dengan kurangnya pengalaman dalam bekerja

Menurut OSHA, Alat Pelindung Diri (APD) didefinisikan sebagai alat yang digunakan untuk melindungi pekerja dari luka atau penyakit yang diakibatkan oleh adanya kontak dengan bahaya (*hazards*) di tempat kerja, baik yang bersifat kimia, biologis, radiasi, fisik, elektrik, mekanik dan lainnya. Yuliani Setyaningsih, dkk (2010) menyebutkan bahwa penggunaan APD merupakan alternatif terakhir apabila penanggulangan kecelakaan dengan sumber bahaya

yang ada tidak dapat diatasi. Pencegahan kecelakaan kerja dengan menggunakan APD masih mempunyai kelemahan, antara lain: kemampuan perlindungan tidak sempurna karena kesalahan dalam pemilihan APD, kemampuan perlindungan tidak sempurna karena cara penggunaan atau pemakaian yang salah, kemampuan perlindungan tidak sempurna karena APD rusak /tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan, Kegagalan perlindungan karena APD dipakai pada saat rusak sehingga dapat menimbulkan kecelakaan pada pekerja yang memakainya. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) ini selalu di anggap enteng atau dianggap remeh oleh para pekerja saat bekerja, terutama pada pekerja bangunan. Padahal penggunaan alat pelindung diri (APD) ini sangat berpengaruh terhadap kesehatan dan keselamatan kerja bagi para pekerja bangunan itu sendiri.

Pengalaman kerja yang kurang juga merupakan faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja. Berdasarkan berbagai penelitian dengan meningginya pengalaman dan keterampilan akan disertai dengan penurunan angka kecelakaan akibat kerja. Kewaspadaan terhadap kecelakaan akibat kerja bertambah baik sejalan dengan pertambahan usia dan lamanya kerja di tempat kerja yang bersangkutan ( Suma'mur 1989). Tenaga kerja baru biasanya belum mengetahui secara mendalam seluk-beluk pekerjaannya. Penelitian dengan studi restropektif di Hongkong dengan 383 kasus membuktikan bahwa kecelakaan akibat kerja karena mesin terutama terjadi pada buruh yang mempunyai pengalaman kerja di bawah 1 tahun (Ong, Sg, 1982).

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa faktor internal manusia – manusia dengan variabel “tidak menggunakan APD yang telah disediakan” dengan “variabel kurangnya pengalaman dalam bekerja” memperoleh nilai mean 0, nilai fuzzy manual 0, dan nilai matlab 0.4. Dengan nilai fuzzy manual sebesar itu, menandakan tidak ada hubungan *causal mechanism* antara variabel tidak menggunakan APD yang telah disediakan dengan pengalaman kerja yang kurang. Penilaian ini berdasarkan hasil penilaian subjektif dari enam pakar yang menjadi responden dalam penelitian ini yang penulis umpamakan dengan R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Dari penilaian enam pakar tersebut, R3 dan R5 memberikan penilaian terhadap variabel ini yaitu memiliki *causal mechanism* yang cukup berkaitan. Lalu, pakar R1 dan R4 memberikan penilaian *causal mechanism* yang sangat

berkaitan terhadap variabel ini. Dua responden lainnya, yaitu R2 dan R6 memberikan penilaian hubungan causal mechanism yang mutlak berkaitan antar variabel ini.

Jika melihat penilaian dari setiap variabel yang ada, Patrix dan Zhang (2009) memberikan nilai variabel tidak menggunakan APD yang disediakan sebesar 0.65 melihat korelasinya dari indeks kepentingan antar 0 - 1, sedangkan menurut Achmad Suraji, variabel ini termasuk ke dalam faktor utama penyebab kecelakaan kerja (6.09 % dari total kecelakaan yang ada, dalam hal ini penilaian dibawah 2.5 % menandakan bahwa variabel tersebut bukanlah variabel utama penyebab kecelakaan kerja). Sedangkan menurut Gokhan dan Serkhan, variabel kurangnya pengalaman dalam bekerja juga termasuk lima besar penyebab kecelakaan kerja.

Menurut penulis, berdasarkan referensi yang menyatakan bahwa tiap variabel diatas yakni variabel tidak menggunakan APD yang telah disediakan dengan variabel kurangnya pengalaman dalam bekerja masing-masing memiliki kategori nilai yang besar untuk menjadi penyebab utama kecelakaan kerja jatuh. Secara logika pada umumnya, seharusnya variabel kurangnya pengalaman dalam bekerja bisa memiliki pengaruh *causal mechanism* terhadap variabel tidak menggunakan APD yang telah disediakan. Alasannya, karena pekerja yang memiliki pengalaman kerja kurang di suatu pekerjaan konstruksi, mempunyai peluang yang lebih besar untuk melakukan kesalahan dalam hal ini tidak menggunakan peralatan APD dibanding dengan pekerja yang telah memiliki pengalaman kerja yang cukup di bidang yang sama.

Namun, dalam penelitian ini, pembahasan untuk menentukan nilai *causal mechanism* antara variabel dilakukan secara subyektif berdasarkan penilaian keenam pakar yang menjadi responden. Jadi, bisa dibilang bobot penilaian *causal mechanism* dari responden inilah yang menjadi faktor penentu ada atau tidaknya kaitan/ pengaruh antar variabel.

**b) Variabel bercanda pada saat bekerja dengan tidak konsentrasi dalam bekerja.**

Bercanda pada saat bekerja adalah salah satu hal yang membahayakan di dalam lingkungan proyek konstruksi yang merupakan perilaku yang tidak aman,

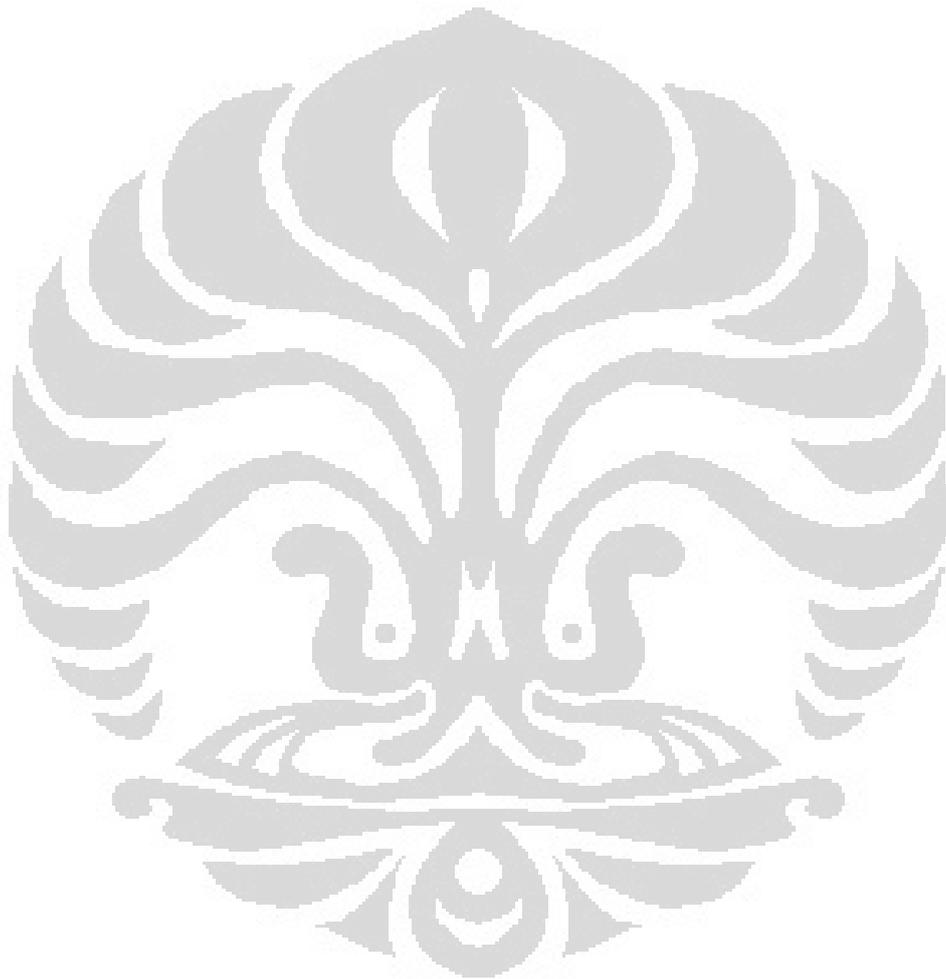
karena setiap saat dapat membuka ruang untuk menimbulkan suatu konsekuensi yang buruk berupa terjadi kecelakaan kerja. Memang, biasanya para pekerja melakukan kegiatan bercanda umumnya untuk menghilangkan kepenatan dan stress sewaktu bekerja agar tidak bosan, tetapi terkadang dalam mengaplikasikan kegiatan ini dilakukan pada waktu dan tempatnya yang tidak tepat.

Dalam dunia konstruksi yang kian membutuhkan *high performance*, pekerja dituntut untuk bekerja dengan sempurna, karena berdasarkan sifat pekerjaan konstruksi yang *high risk*, konsentrasi dalam bekerja sangat diperlukan untuk meningkatkan hasil pekerjaan itu sendiri. Karena jika konsentrasi sedikit pudar saja bisa mengakibatkan terjadinya kecelakaan, seperti pengoperasian alat crane oleh operator sangat membutuhkan konsentrasi yang tinggi.

Berdasarkan variabel bercanda pada saat bekerja menjadi penyebab tidak konsentrasi dalam bekerja menurut data tabel diatas memiliki nilai mean 0, fuzzy 0, dan matlab sebesar 0,4. Jika melihat nilai fuzzy manual 0 berarti variabel tersebut masuk kedalam kriteria tidak berkaitan, yang berarti variabel bercanda pada saat bekerja tidak memiliki hubungan *causal mechanism* dengan variabel tidak konsentrasi dalam bekerja untuk menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja. *Causal mechanism* ini maksudnya adalah adanya mekanisme hubungan sebab akibat dari variabel yang satu yang memiliki sangat berpengaruh terhadap variabel lainnya untuk menimbulkan kecelakaan kerja. Penilaian ini berdasarkan hasil penilaian subjektif dari 6 pakar yang menjadi responden dalam penelitian ini yang penulis umpamakan dengan R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Dari penilaian enam pakar tersebut, empat pakar yakni R1, R2, R3 dan R4 memberikan penilaian terhadap variabel ini memiliki *causal mechanism* yang sangat berkaitan. Lalu, pakar R1 dan R4 memberikan penilaian *causal mechanism* yang mutlak berkaitan terhadap variabel ini. Dua responden lainnya, yaitu R2 dan R6 memberikan penilaian hubungan *causal mechanism* yang mutlak berkaitan antar variabel ini.

Penulis berpendapat, variabel bercanda saat bekerja dan variabel tidak konsentrasi dalam bekerja seharusnya secara nalar memiliki keterkaitan (*causal mechanism*). Kondisi yang paling rasional untuk mengkaitkan antar variabel ini yaitu variabel bercanda saat bekerja sangat berpengaruh menyebabkan variabel

tidak konsentrasi dalam bekerja, sehingga bisa membuka peluang terjadinya kecelakaan kerja.



Tabel 5.2 Variabel pada Faktor Eksternal Yang Tidak Berkaitan

no	Variabel	Nilai		
		deskriptif	fuzzy	matlab
		mean		
a.	Bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang dengan Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja	0	0	0.4
b.	Keletihan dan kelesuan dengan Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja	0	0	0.1
c.	penggunaan peralatan kerja/ perlengkapan kerja yang salah dengan Kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak	0	0	0.1
d.	Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek dengan Rendahnya motivasi akan keselamatan kerja	0	0	0.4
e.	Kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja dengan Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari)	0	0	0.1
f.	Bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang dengan Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari)	0	0	0.4
g.	Rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan kompetensi dalam bekerja dengan Tidak ada penerangan	0	0	0.1

(Sumber Diolah kembali)

**a) Variabel Bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang dengan Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja.**

Perbuatan yang tidak aman adalah segala tindakan manusia yang dapat memungkinkan terjadinya kecelakaan pada dirinya sendiri maupun pada orang lain, sedangkan kondisi yang tidak aman adalah suatu kondisi lingkungan kerja yang dapat memungkinkan terjadinya kecelakaan (Anton, 1989)

Contoh perilaku yang tidak aman ini di dunia proyek konstruksi adalah tidak menggunakan alat perlindungan diri yang telah disediakan, kesalahan dalam menggunakan peralatan kerja, menggunakan peralatan-peralatan yang sudah rusak, metode kerja pekerja yang salah, tidak mengikuti prosedur keselamatan kerja atau tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja, bercanda pada saat bekerja dan juga penggunaan alkohol atau obat-obatan terlarang untuk doping agar daya tahan tubuh kuat pada saat bekerja dan juga tidak konsentrasi dalam bekerja (Anton, 1989). Di satu sisi memang penggunaan alkohol atau obat – obatan terlarang mampu meningkatkan daya tahan tubuh, tapi itu hanya sementara saja. Bila dikonsumsi dalam waktu yang lama, alkohol atau obat – obatan terlarang menjadi berbalik merusak tubuh yang pada akhirnya membuat daya tahan tubuh menjadi turun.

Dalam dunia konstruksi, peralatan kerja memiliki posisi yang sangat penting karena sebagian besar pekerjaan konstruksi menggunakan peralatan khususnya peralatan berat. Adanya pemeliharaan dan perawatan terhadap peralatan kerja sangat menentukan kondisi dari peralatan itu. Setiap peralatan kerja haruslah seyogyanya dilakukan pemeliharaan secara rutin agar kondisinya selalu baik dan bisa digunakan untuk waktu yang sesuai (Lawrence, 1976).

Dalam penelitian ini, Variabel berikutnya yang termasuk variabel yang tidak dominan adalah faktor manusia-peralatan melalui variabel “bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang” dengan “kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja”. Variabel ini memiliki nilai mean, fuzzy, dan matlab dengan nilai masing- masing sebesar 0, 0., 0.4. Berdasarkan nilai fuzzy manual, hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya *causal mechanism* antar variabel tersebut. Penilaian ini berdasarkan hasil penilaian subjektif dari enam pakar yang menjadi responden dalam penelitian ini yang penulis umpamakan dengan R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Dari penilaian enam pakar tersebut, tiga pakar yakni R2, R5, R6 memberikan penilaian terhadap variabel ini yaitu memiliki *causal mechanism* yang tidak berkaitan. Selanjutnya, pakar R1 dan R4 memberikan penilaian *causal mechanism* yang sedikit berkaitan terhadap variabel ini. Satu responden lainnya, yaitu R3 memberikan penilaian hubungan *causal mechanism* yang cukup berkaitan antar variabel ini.

Evaluasi hubungan antara variabel bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang dengan kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja sudah sesuai dengan apa yang telah dijabarkan diatas. Kedua variabel ini secara logika memang tidak ada hubungan *causal mechanism* untuk menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.

**b) Variabel Keletihan dan kelesuan dengan Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja.**

Kemudian mengenai variabel Keletihan dan kelesuan dengan Tidak/ kurangnya biaya keselamatan kerja, memiliki nilai mean 0, fuzzy manual 0, dan matlab 0.1. Berdasarkan nilai fuzzy manual, hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya *causal mechanism* antar variabel tersebut. Penilaian ini berdasarkan hasil penilaian subjektif dari enam pakar yang menjadi responden dalam penelitian ini yang penulis umpamakan dengan R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Dari penilaian enam pakar tersebut, dua pakar yakni R1, R2 memberikan penilaian terhadap variabel ini yaitu memiliki *causal mechanism* yang tidak berkaitan. Selanjutnya, pakar R3 dan R6 memberikan penilaian *causal mechanism* yang cukup berkaitan terhadap variabel ini. Satu responden pakar, yaitu R4 memberikan penilaian hubungan *causal mechanism* yang sedikit berkaitan antar variabel ini. Dan terakhir, responden R5 memberikan penilaian *causal mechanism* yang mutlak berkaitan antar variabel ini.

Memang, Faktor kelelahan dapat mengakibatkan kecelakaan kerja atau turunnya produktifitas kerja. Kelelahan adalah fenomena kompleks fisiologis maupun psikologis dimana ditandai dengan adanya gejala perasaan lelah dan perubahan fisiologis dalam tubuh. Kelelahan akan berakibat menurunnya kemampuan kerja dan kemampuan tubuh para pekerja (Benny dan Achmadi , 1991)

Kelelahan bisa disebabkan oleh sebab fisik ataupun tekanan mental. Salah satu penyebab kelelahan adalah gangguan tidur (*sleep distraption*) yang antara lain dapat dipengaruhi oleh kekurangan waktu tidur dan gangguan pada *circadian rhythms* akibat *jet lag* atau shift kerja (Wicken, et al, 2004).

Hubungan antara variabel Keletihan dan kelesuan dengan Tidak/kurangnya biaya keselamatan kerja menurut penulis searah dengan pembahasan diatas yang mengatakan bahwa kedua variabel ini tidak memiliki hubungan *causal mechanism*. Secara umum keletihan dan kelesuan memang tidak ada kaitannya dengan biaya keselamatan kerja karena seperti yang dijelaskan di paragraph sebelumnya yaitu kelelahan dan keletihan lebih memiliki kaitan dengan gangguan tidur, atau pekerjaan terlalu banyak.

**c) Variabel penggunaan peralatan kerja/ perlengkapan kerja yang salah dengan kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak.**

Pembangunan konstruksi terutama gedung bertingkat sebagai kegiatan yang beresiko tinggi dengan banyak tahapan dan penggunaan peralatan besar dan berat sangat berisiko terhadap kecelakaan kerja. Kesalahan yang ditimbulkan akibat kelalaian dan ketidaksesuaian tindakan operator dengan ketentuan yang berlaku dapat menimbulkan kecelakaan. Salah satu contohnya melakukan manuver-manuver yang berbahaya pada saat pengoperasian alat berat (Hinze, 1997).

Untuk melindungi pekerja, kondisi peralatan APD pekerja haruslah yang baik. Alat Pelindung Diri (APD) merupakan alat yang digunakan untuk melindungi pekerja dari luka atau penyakit yang diakibatkan oleh adanya kontak dengan bahaya (*hazards*) di tempat kerja, baik yang bersifat kimia, biologis, radiasi, fisik, elektrik, mekanik dan lainnya (OSHA).

Dalam penelitian ini, Faktor manusia – manajemen dengan variabelnya “penggunaan peralatan kerja/ perlengkapan kerja yang salah” dengan “kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak” merupakan variabel yang tidak dominan dalam penyebab kecelakaan kerja. Variabel ini memiliki nilai mean 0, fuzzy manual 0, dan matlab 0.1. Berdasarkan nilai fuzzy manual, hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya *causal mechanism* antar variabel tersebut. Penilaian ini berdasarkan hasil penilaian subjektif dari enam pakar yang menjadi responden dalam penelitian ini yang penulis umpamakan dengan R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Dari penilaian enam pakar tersebut, pakar R1 memberikan penilaian terhadap variabel ini yaitu memiliki *causal mechanism* yang tidak berkaitan. Selanjutnya,

pakar R3 memberikan penilaian *causal mechanism* yang sedikit berkaitan terhadap variabel ini. Tiga responden pakar berikutnya, yaitu R2, R4, dan R6 memberikan penilaian hubungan *causal mechanism* yang sangat berkaitan antar variabel ini. Terakhir pakar R5 memberikan penilaian hubungan *causal mechanism* yang mutlak berkaitan antar variabel ini.

Seharusnya ada *causal mechanism* antara variabel penggunaan peralatan kerja/ perlengkapan kerja yang salah dengan kondisi peralatan perlindungan diri yang rusak. Menurut penulis, alasannya berupa akibat penggunaan peralatan kerja/ perlengkapan kerja yang salah (tidak sesuai prosedur) memang bisa berakibat peralatan kerja/ perlengkapan kerja lambat laun menjadi rusak. Hal ini termasuk berakibat rusaknya peralatan perlindungan diri yang rusak sehingga membuka peluang terjadinya kecelakaan kerja.

**d) Variabel Tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek dengan Rendahnya motivasi akan keselamatan kerja.**

Pada penelitian ini variabel yang termasuk tidak dominan terhadap kecelakaan kerja adalah dari faktor manusia – manajemen berupa variabel “tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek dengan “rendahnya motivasi akan keselamatan kerja”. Variabel ini memiliki nilai mean, fuzzy, dan matlab dengan nilai masing- masing 0 , 0, dan 0.4. Berdasarkan nilai fuzzy manual, hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya *causal mechanism* antar variabel tersebut. Penilaian ini berdasarkan hasil penilaian subjektif dari enam pakar yang menjadi responden dalam penelitian ini yang penulis umpamakan dengan R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Dari penilaian enam pakar tersebut, pakar R2 dan R3 memberikan penilaian terhadap variabel ini yaitu memiliki *causal mechanism* yang sedikit berkaitan. Pakar R1, R4, R5, dan R6 memberikan penilaian *causal mechanism* yang sangat berkaitan terhadap variabel ini.

Tidak adanya perencanaan keselamatan kerja dapat menimbulkan kecelakaan kerja terhadap pekerja. Kontraktor harus mempertimbangkan

keselamatan kerja pada tahap penawaran dan semua tahap dari proyek konstruksi yang diikuti (Fink, 1997).

Zeng dkk. (2004) menyimpulkan bahwa kesadaran keselamatan dari manajemen puncak dan manajer proyek di sebagian Perusahaan konstruksi China sangat buruk. Berdasarkan hasil penelitiannya, ternyata kontraktor yang paling tidak melaksanakan sistem yang tepat sebagaimana tercantum di manual keselamatan. Hanya sebagian kecil yang diberikan peralatan pelindung diri (APD) yang memadai untuk pekerja mereka dan minimnya training keselamatan. Pada dasarnya, manajemen tidak memiliki penekanan pada keselamatan, seperti yang diungkapkan oleh jarangya kehadiran mereka di pertemuan organisasi keselamatan.

Seharusnya antara variabel tidak mempertimbangkan faktor keselamatan kerja pada perencanaan proyek dengan rendahnya motivasi akan keselamatan kerja terdapat hubungan *causal mechanism*. Manajemen adalah orang yang dihormati dan dipatuhi oleh bawahannya. Jika manajemen memiliki komitmen yang baik untuk masa depan perusahaannya, maka baik dalam perencanaan dan penerapannya akan melakukan demi membawa hasil yang baik. Tapi, akan berbeda hasilnya jika pemimpin tidak memiliki komitmen yang baik seperti komitmen terhadap keselamatan kerja di suatu proyek konstruksi. Hal ini menyebabkan suatu perencanaan pekerjaan terutama proyek konstruksi tidak memasukkan (mempertimbangkan) faktor keselamatan kerja pada saat perencanaan proyek dilakukan sehingga akan berdampak dalam peningkatan kecelakaan kerja, seperti kecelakaan kerja jatuh. Padahal disisi lain, para pekerja sangat menginginkan pertimbangan akan keselamatan kerja yang pada akhirnya mampu membuat pihak manajemen beralasan untuk meningkatkan (bahkan sebuah keharusan) dan meningkatkan keselamatan kerja dalam perencanaan suatu proyek terutama proyek konstruksi sehingga terciptalah motivasi yang tinggi dari sisi pekerja karena keselamatan mereka dalam bekerja telah diperhatikan. Ini juga berlaku sebaliknya, jika manajemen tidak memperhatikan keselamatan kerja pekerja, kemungkinan besar peluang demotivasi pada diri pekerja juga besar.

**e) Variabel Kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja dengan Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari).**

Variabel Kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja dengan Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari), memiliki nilai mean 0, fuzzy manual 0, dan matlab 0.1. Dengan nilai yang sebesar ini, dapat disimpulkan bahwa variabel- variabel ini juga memiliki tingkat keterkaitan yang sangat kecil (bahkan tidak terkait) terhadap penyebab terjadinya kecelakaan kerja jatuh.

**f) Variabel Bekerja di bawah pengaruh alkohol atau obat-obat terlarang dengan Kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari).**

Variabel bekerja dibawah pengaruh alcohol atau obat-obatan terlarang dengan kondisi cuaca yang ekstrim (hujan, dan terik matahari) memiliki nilai mean 0, fuzzy manual 0, dan matlab 0.4. Dengan nilai yang sebesar ini, dapat disimpulkan bahwa variabel- variabel ini juga memiliki tingkat keterkaitan yang sangat kecil (bahkan tidak terkait) terhadap penyebab terjadinya kecelakaan kerja jatuh.

**g) Variabel Rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan kompetensi dalam bekerja dengan Tidak ada penerangan.**

Pencahayaan merupakan suatu aspek lingkungan fisik yang penting bagi keselamatan kerja. Beberapa penelitian membuktikan bahwa pencahayaan yang tepat dan sesuai dengan pekerjaan akan dapat menghasilkan produksi yang maksimal dan dapat mengurangi terjadinya kecelakaan akibat kerja ( ILO, 1989). Terkadang karena pencahayaan yang kurang mampu mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja, misalnya berupa terpeleset.

Kemudian, pendidikan (pengetahuan) seseorang berpengaruh pula dalam pola pikir seseorang dalam menghadapi pekerjaan yang dipercayakan kepadanya, selain itu pendidikan juga akan mempengaruhi tingkat penyerapan terhadap pelatihan yang diberikan dalam rangka melaksanakan pekerjaan dan keselamatan kerja. Hubungan tingkat pendidikan dengan lapangan yang tersedia bahwa pekerja dengan tingkat pendidikan rendah, seperti Sekolah Dasar atau bahkan tidak pernah bersekolah akan bekerja di lapangan yang mengandalkan fisik ( Efrench, 1975).

Dalam penelitian ini, Faktor manusia – lingkungan dengan variabel “rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan kompetensi dalam bekerja” dengan “tidak ada penerangan” merupakan faktor tidak dominan terhadap kecelakaan kerja. Variabel ini memiliki nilai mean 0, fuzzy manual 0, dan matlab 0.1.

Berdasarkan nilai fuzzy manual tersebut menunjukkan bahwa tidak adanya *causal mechanism* antar variabel tersebut. . Berdasarkan nilai fuzzy manual, hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya *causal mechanism* antar variabel tersebut. Penilaian ini berdasarkan hasil penilaian subjektif dari enam pakar yang menjadi responden dalam penelitian ini yang penulis umpamakan dengan R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Dari penilaian enam pakar tersebut, pakar R2 dan R6 memberikan penilaian terhadap variabel ini yaitu memiliki *causal mechanism* yang tidak berkaitan. Pakar R1, R3, dan R4 memberikan penilaian *causal mechanism* yang sedikit berkaitan terhadap variabel ini. Terakhir, pakar R5 memberikan penilaian *causal mechanism* yang sangat berkaitan antar variabel ini.

Penulis berkesimpulan bahwa antara variabel rendahnya tingkat pengetahuan, keterampilan dan kompetensi dalam bekerja dengan tidak ada penerangan memang tidak memiliki *causal mechanism*. Hal ini dikarenakan tingkat pengetahuan seseorang sangat kecil kemungkinannya untuk berkaitan dengan tidak ada penerangan dalam bekerja. Baik orang yang berpengetahuan atau yang biasa akan pasti bekerja jika ada penerangan karena memang sudah sifat alami manusia yang tidak bisa melihat dalam kegelapan.

### **5.3 Faktor dan Variabel yang Memiliki Tingkat Keterkaitan Dominan**

Masing-masing Faktor dan variabel memiliki nilai tingkat keterkaitan yang beragam. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, maka diperoleh faktor faktor dan variabel yang memiliki tingkat keterkaitan dominan. Berikut ini adalah faktor dan variabel tersebut.

Tabel 5.3 Variabel pada Faktor Internal Yang Memiliki Tingkat Keterkaitan Dominan

no	Variabel	Nilai		
		deskriptif	fuzzy	matlab
		mean		
a.	rendahnya tingkat pengetahuan, ketrampilan dan kompetensi dalam bekerja menjadi penyebab kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja	3,17	3.03	3,5
c.	kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja menjadi penyebab kondisi sistem dan fisik peralatan kerja yang rusak	3,33	3.14	3,5

(Sumber Diolah kembali)

**a) Variabel rendahnya tingkat pengetahuan, ketrampilan dan kompetensi dalam bekerja menjadi penyebab kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja.**

Pada penelitian ini, variabel rendahnya tingkat pengetahuan, ketrampilan, dan kompetensi dalam bekerja terhadap variabel penyebab kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja memperoleh nilai mean 3.17, nilai fuzzy manual 3.03, dan nilai matlab 3.5. Berdasarkan ketiga nilai itu, variabel ini termasuk variabel dominan penyebab kecelakaan kerja jatuh dimana variabel rendahnya tingkat pengetahuan, ketrampilan, dan kompetensi menjadi penyebab variabel kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja. Menurut penelitian Patrix dan Zhang (2009) diperoleh data variabel kekurangan keterampilan, rendahnya tingkat pendidikan (pengetahuan) mempunyai nilai 0,68-0,84 dari rentang nilai kepentingan 0-1 dan Akhmad Suraji & A. Roy Duff menyatakan bahwa variabel *judgement error, underestimate, and overconfidence* (dalam penelitian ini berupa variabel kurangnya waspada akan keselamatan kerja) adalah salah satu variabel utama penyebab kecelakaan kerja (*major proximal factors*) dimana dengan nilai 7.5% dari seluruh total kecelakaan yang ada.

Memang pendidikan (pengetahuan) seseorang berpengaruh dalam pola pikir seseorang dalam menghadapi pekerjaan yang dipercayakan kepadanya, selain itu pendidikan juga akan mempengaruhi tingkat penyerapan terhadap pelatihan yang

diberikan dalam rangka melaksanakan pekerjaan dan keselamatan kerja. Hubungan tingkat pendidikan dengan lapangan yang tersedia bahwa pekerja dengan tingkat pendidikan rendah, seperti Sekolah Dasar atau bahkan tidak pernah bersekolah akan bekerja di lapangan yang mengandalkan fisik (Efrench, 1975). Hal ini dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja karena beban fisik yang berat dapat mengakibatkan kelelahan yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja. Ditambah lagi dengan kurangnya kewaspadaan dalam bekerja dapat meningkatkan penyebab pekerja celaka. Salah satu faktor kurangnya kewaspadaan dalam bekerja karena adanya sikap terlalu percaya diri dan sikap meremehkan keselamatan kerja (*overconfidence and underestimate safety*). Keyakinan percaya diri adalah hal yang baik, tetapi terlalu percaya diri akan seringkali lebih mendatangkan bahaya daripada hasil yang baik. **"Ini tidak akan pernah terjadi kepada saya "**. Sikap dapat menyebabkan prosedur yang tidak benar atau metode yang dapat menyebabkan cedera (Hirsch, 1998).

Hal ini menunjukkan bahwa para pekerja (faktor manusia) sangat memerlukan pengetahuan, keterampilan, dan kompetensi yang memadai dalam suatu pengerjaan proyek konstruksi bangunan bertingkat tinggi, yang biasanya oleh pihak manajemen diberikan *training* (latihan) yang berkesinambungan sehingga para pekerja memiliki peningkatan sumber daya manusia yang kompeten yang mampu bekerja dengan aman, nyaman, dan memiliki kewaspadaan akan keselamatan kerja atas diri mereka dan teman mereka di proyek konstruksi.

**b) Variabel kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja menjadi penyebab kondisi sistem dan fisik peralatan kerja yang rusak.**

Pemeliharaan didefinisikan sebagai aktifitas yang dilakukan untuk menjaga agar fasilitas (dalam hal ini peralatan konstruksi) tetap berada pada kondisi yang sama dengan saat pemasangan awal sehingga dapat terus dapat bekerja sesuai dengan kapasitas produksinya (Lawrence, 1976). Hal ini berarti posisi pemeliharaan peralatan sangat penting. Dong, X. S., Fujimoto, A., Ringen, K. & Men, Y. (2009) mengatakan bahwa kecelakaan kerja terjadi karena kondisi fisik peralatan yang telah menurun yang sudah tidak sesuai standar. Hal ini

memiliki kaitannya dengan usia peralatan, ataupun bagaimana pemeliharaan dilakukan.

Menurut tabel diatas, Variabel yang paling dominan (peringkat pertama) menyebabkan kecelakaan jatuh adalah faktor internal Peralatan-Peralatan dengan variabelnya “kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja menjadi penyebab kondisi system dan fisik peralatan kerja yang rusak ”. Faktor dan variabel tersebut menjadi faktor dan variabel yang paling dominan yang menjadi penyebab kecelakaan kerja jatuh dengan nilai mean 3.33, nilai fuzzy 3.14, dan nilai matlab 3.5, dimana nilai itu dilihat dari tabel diatas merupakan nilai perpaduan dari ketiga nilai yang paling tinggi.

Peralatan kerja apalagi dalam proyek konstruksi memang sangat vital kegunaannya, sehingga untuk pemeriksaan dan pemeliharaan yang berkesinambungan sangat diperlukan untuk peningkatan masa pakai dan keselamatan tentunya. Namun dikarenakan biaya pemeriksaan dan pemeliharaan peralatan yang tidak sedikit, dan juga ketidaktegasan pelaksanaan peraturan keselamatan kerja dalam kenyataannya banyak perusahaan yang mengabaikan tahap pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan (atau melakukan pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan sekenanya) sehingga menjadi kondisi system dan fisik peralatan yang digunakan menurun bahkan rusak yang bisa membahayakan pengguna peralatan tersebut dan pekerja disekitar peralatan tersebut.

Tabel 5.4 Variabel pada Faktor Eksternal Yang Memiliki Tingkat Keterkaitan Dominan

no	Variabel	Nilai		
		deskriptif	fuzzy	matlab
		mean		
a.	Tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja menyebabkan Peralatan kerja tidak memiliki izin operasi kerja	3.16667	3,00	2,56

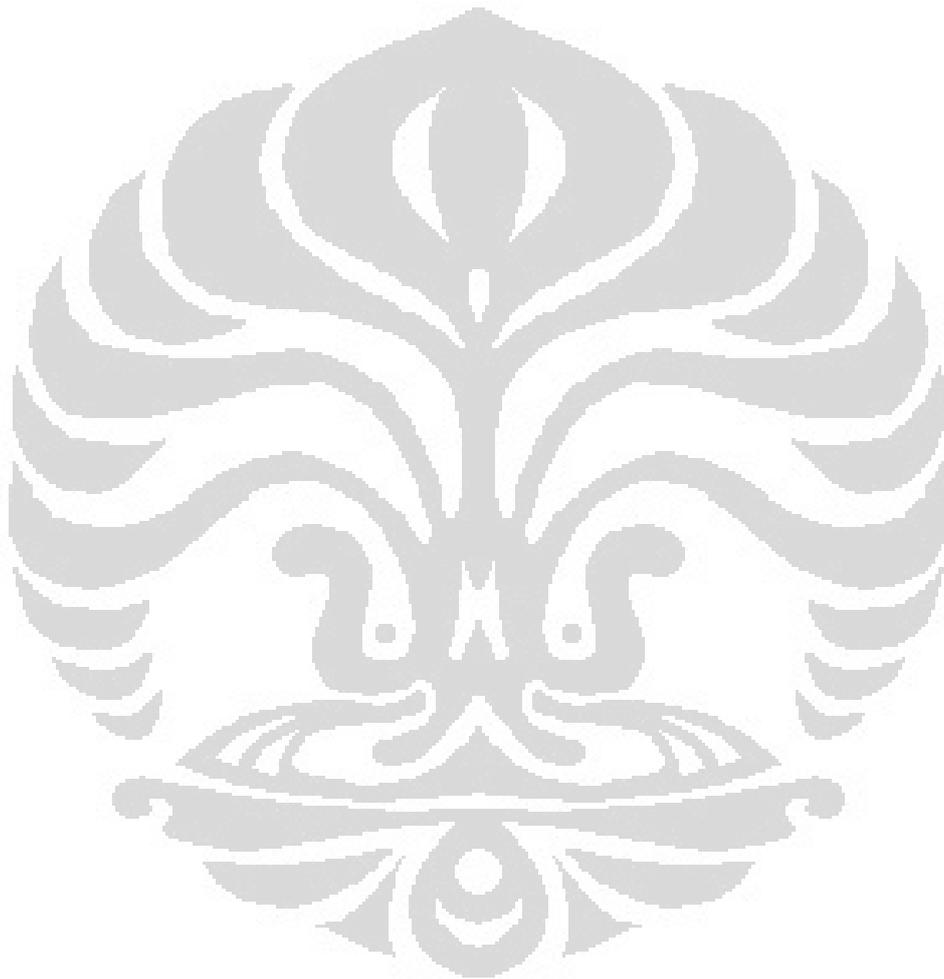
(Sumber Diolah kembali)

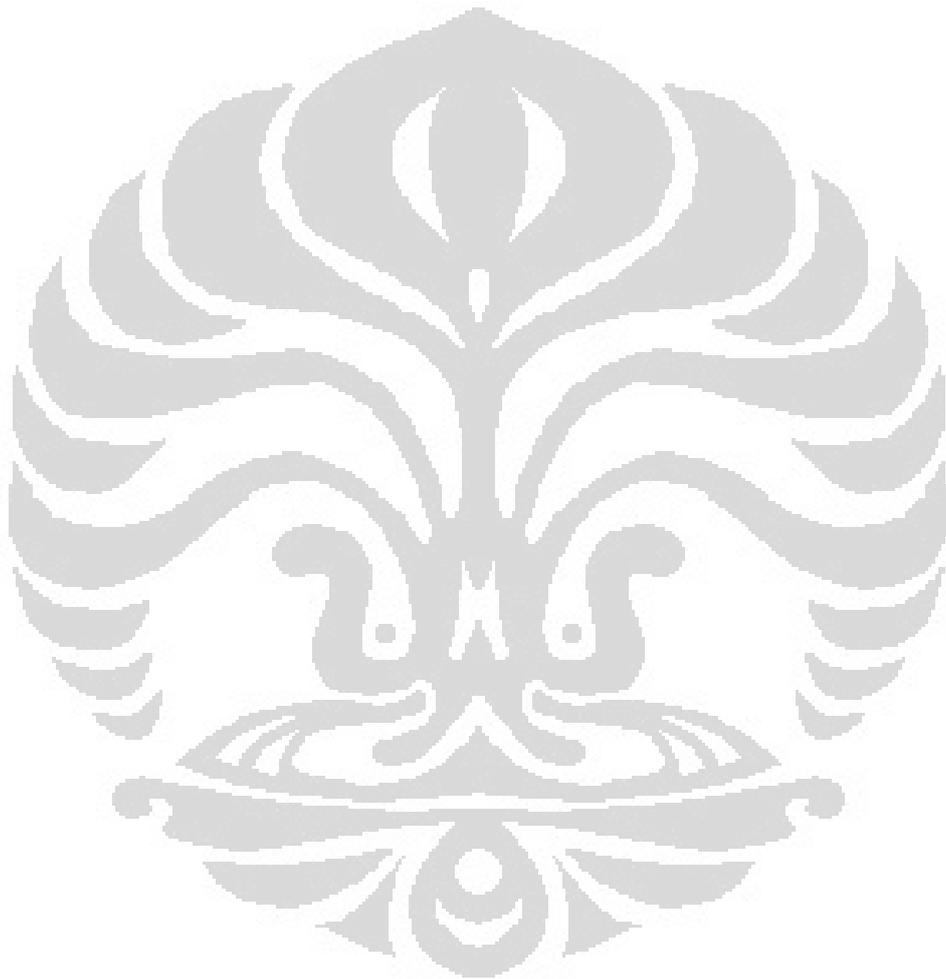
**a) Variabel tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja menjadi penyebab variabel peralatan kerja tidak memiliki izin operasi kerja.**

Salah satu penyebab kecelakaan kerja adalah perilaku yang tidak aman. Perilaku yang tidak aman berasal dari faktor manusia seperti sengaja melanggar peraturan keselamatan kerja yang diwajibkan dan kurang terampilnya pekerja itu sendiri. Frekuensi terjadinya kecelakaan kerja yang berasal dari faktor manusia lebih sering terjadi dibandingkan dengan faktor lainnya karena faktor manusia yang paling banyak berperan dalam menggunakan peralatan kerja yang semakin canggih dan modern diperusahaan (Suma'mur, 1996). Dalam kemajuan dunia konstruksi dan semakin ketatnya persaingan, menuntut perusahaan untuk mampu bertahan dan berkompetisi. Dalam berkompetisi, beberapa perusahaan rela mengesampingkan keselamatan kerja dengan pekerjanya dengan menggunakan peralatan yang tidak memiliki izin operasi demi untuk menghemat keuangan perusahaan. Hal ini senada dengan temuan yang didapatkan berdasarkan pengolahan data bahwa faktor manusia dengan variabel "tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja" memiliki pengaruh menjadi penyebab variabel "peralatan kerja tidak memiliki izin operasi kerja". Hal ini dibuktikan dengan nilai mean 3.16667, kemudian nilai fuzzy manual 3, dan nilai matlab 2.56. Nilai fuzzy manual sebesar 3 manandakan bahwa variabel "tidak mematuhi peraturan keselamatan kerja" menjadi penyebab variabel "peralatan kerja tidak memiliki izin operasi kerja sebagai faktor dominan kecelakaan kerja. Nilai ini berbanding lurus dengan penelitian Patrix dan Zhang (2009) yang memperoleh data variabel peralatan kerja yang buruk, dalam hal ini penggunaan peralatan yang tidak memiliki izin operasi kerja mendapat peringkat nilai 0.82 terhadap rentang nilai dari 0 – 1. Faktor manusia memiliki nilai dominan terjadi kecelakaan kerja sebesar 70% dari seluruh faktor yang ada (Haslam et all, 2004)

Menurut Reason (1997) tindakan tidak aman dapat disebabkan oleh kesalahan atau kelalaian manusia (Human-error) dalam melakukan pekerjaannya. Reason (1997) menguraikan salah satu kesalahan yang dilakukan oleh pekerja yaitu Violation atau pelanggaran dimana hal itu merupakan kesalahan yang dilakukan dengan sengaja seperti melanggar peraturan keselamatan kerja dengan tidak menggunakan perlengkapan pelindung ataupun memakai peralatan kerja yang rusak. Penjelasan Reason tersebut mampu memberi gambaran tersirat bahwa memang perilaku tidak aman dari pekerja mampu menjadi penyebab terjadinya

kecelakaan kerja. Violation atau pelanggaran, dalam hal ini berupa variabel melanggar peraturan keselamatan kerja” berupa tidak menggunakan peralatan kerja yang tidak memiliki ijin operasi kerja.





## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Pendahuluan

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan penelitian dan saran berdasarkan analisis terhadap data penelitian dan pembahasan atas hasil yang didapatkan.

#### 6.2 Kesimpulan

Pada akhir penelitian ini dapat dihasilkan kesimpulan yang merupakan output dari tahapan – tahapan proses pengolahan data sebelumnya. Kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Terdapat 28 variabel penyebab kecelakaan kerja jatuh pada proyek konstruksi bangunan gedung bertingkat. Dimana variabel – variabel tersebut merupakan bagian dari faktor manusia, peralatan, lingkungan, organisasi dan manajemen
- b. Terdapat hubungan casualty untuk faktor internal sebanyak 5 buah dan eksternal sebanyak 10 buah. Dari hubungan casualty tersebut didapatkan 2 hubungan casualty yang mempunyai pengaruh sangat berkaitan dari faktor internal dan 1 hubungan casualty sangat berkaitan dari faktor eksternal seperti tabel dibawah ini :

Tabel 6.1 hubungan casualty dengan nilai dominan

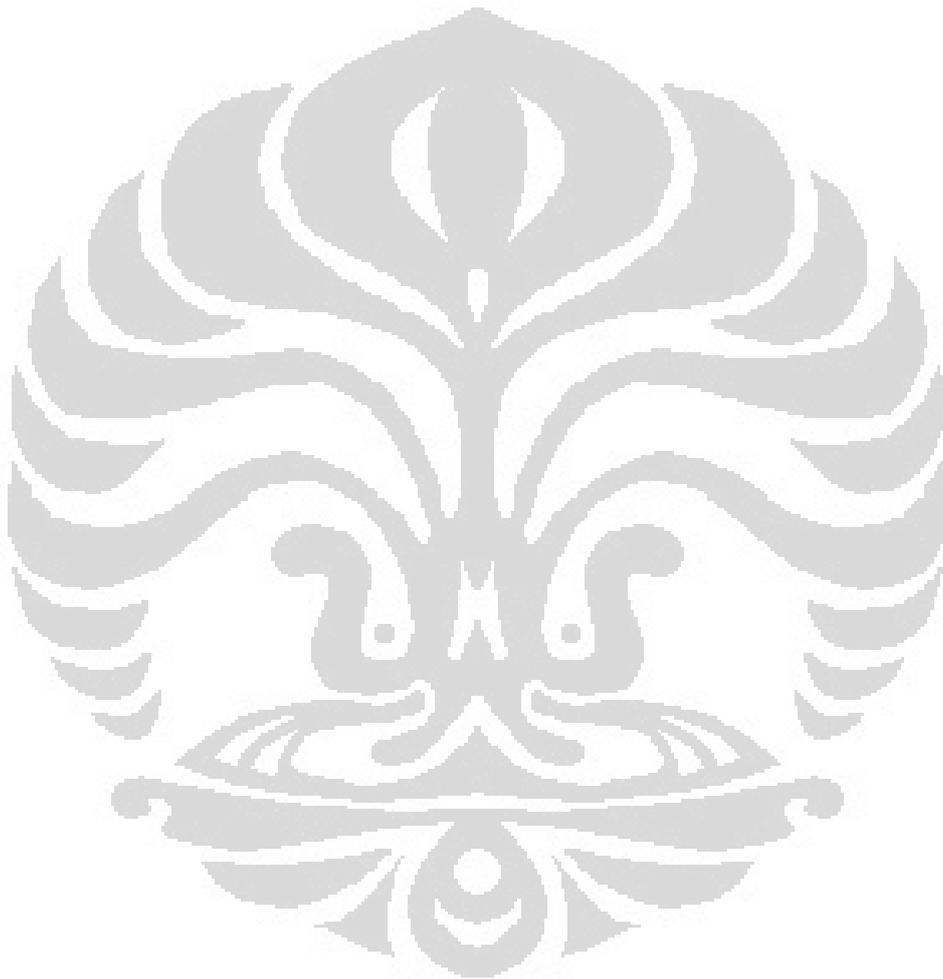
No	Variabel	Fuzzy	Korelasi
1	Kurangnya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kerja menyebabkan kondisi sistem dan fisik peralatan yang rusak	3,167	a (sign 0)
2	Rendahnya tingkat pengetahuan dan ketrampilan dan kompetensi dalam bekerja menyebabkan kurangnya kewaspadaan akan keselamatan kerja	3,056	0,189 (Sign 2tailed 0,13)

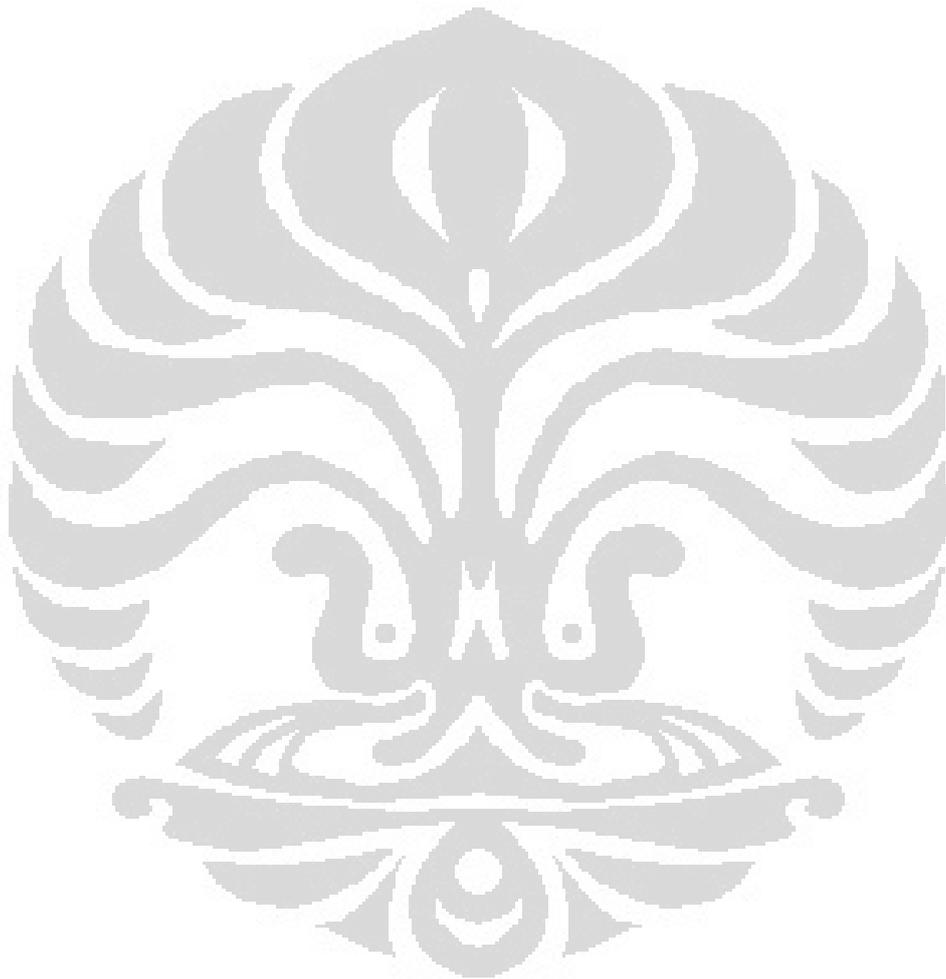
(Sumber : telah diolah kembali)

#### 6.3 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Perlu dilakukan penelitian sejenis dengan menggunakan metode yang lain dan bentuk form yang lebih simpel agar para responden tidak asal mengisi yang berakibat pada hasil penelitian yang kurang tepat
- b. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan validasi variabel ke para pakar secara wawancara langsung





## DAFTAR ACUAN

- Muhamad, Abduh, Rizky Jatnika Sahputra, dan Bobby Boris. 2010. *Pengelolaan Faktor Non Personil Untuk Pencegahan Kecelakaan Kerja Konstruksi*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4) Sanur-Bali, 2-3 Juni 2010
- Syahrial, Angkat. 2008. *Analisis Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Pekerja Pada Bangunan Perusahaan X*. USU Repository.
- Asiyanto. 2008. *Metode Konstruksi Gedung Bertingkat*. UIpress:Jakarta
- Causal Patterns in Science. 2008. *Six Causal Patterns*. Harvard University: [http://www.cfa.harvard.edu/smg/Website/UCP/causal/causal\\_types.htm](http://www.cfa.harvard.edu/smg/Website/UCP/causal/causal_types.htm)
- Bambang, Endroyo dan Tugino. 2007. *Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Konstruksi*. TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN, Nomor 1 Volume 9 – Januari 2007, hal: 21 – 31.
- Health and Safety Commision. 2009. *Statistics of workplace fatalities and injuries Falls from a height* ([www.hse.gov.uk/statistics/pdf/rhsfall.pdf](http://www.hse.gov.uk/statistics/pdf/rhsfall.pdf)). National Statistic.
- Sudrajat. 2008. *Dasar- Dasar Fuzzy Logic*. Modul Kuliah, Fakultas Matematika dan IPA: Universitas Padjadjaran.
- Sutanto, Hadi. 2008. *Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja pada Pembangunan Gedung Perkantoran dan Perkuliahan Tahap III Universitas Wijaya Kusuma Surabaya*. ITS.
- Andi, Ratna S. Alifen dan Aditya Chandra. 2005. Model Persamaan Struktural Persamaan Budaya Keselamatan Kerja Pada Pekerja Di Proyek Konstruksi. JURNAL TEKNIK SIPIL. Vol 12 no.3 tahun 2005.
- Kun Hu, Hazhir Rahmandad, Tonya Smith-Jackson, Woodrow Winchester (2011). *Factors influencing the risk of falls in construction industry: a*

*review of evidence*. Construction Management and Economics, 29(4): 397-416.

Matthew, Braham & Martin van Hees. 2009. *Degrees of Causation*. University of Groningen, Groningen, The Netherlands

Verdi, Septiawan. 2010. *Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Tujuan Wisata Menggunakan Logika Fuzzy Dengan Metode Clustering Studi Kasus Pulau Batam*. TugaaAkhir Skripsi: Universitas Sumatra Utara.

Uzair Suhaimi. 1999. *Focus Group Discussion*. Panduan Bagi Peneliti Studi Kualitatif Studi Dampak Sosial Krisis Moneter (Kerjasama BPS-ADB). <http://uzairsuhaimi.files.wordpress.com/2009/11/focus-group-discussion2.pdf>.

R.A. Haslama, S.A. Hide, A.G.F. Gibbb, D.E. Gyi, T.Pavitt, S.Atkinsona, A.R. Duff. 2005. *Contributing Factors In Construction Accidents*. Applied Ergonomics 36 (2005) 401–415

Agung, Sutarto. 2008. *Peranan Sistem Manajemen Keselamatan Kerja Dalam Peningkatan Kinerja Proyek Konstruksi*. JURNAL TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN, Nomor 2 Volume 10 – Juli 2008, hal: 115 – 126

Michael, Gerard Whelton. 2004. *The Development of Purpose in the Project Definition Phase of Construction Projects Implications for Project Management*. Dissertation: UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Sri, Nurabdiah Pratiwi. 2008. *Metodolodi Penelitian*. Modul Kuliah VII: Universitas Mercu Buana.

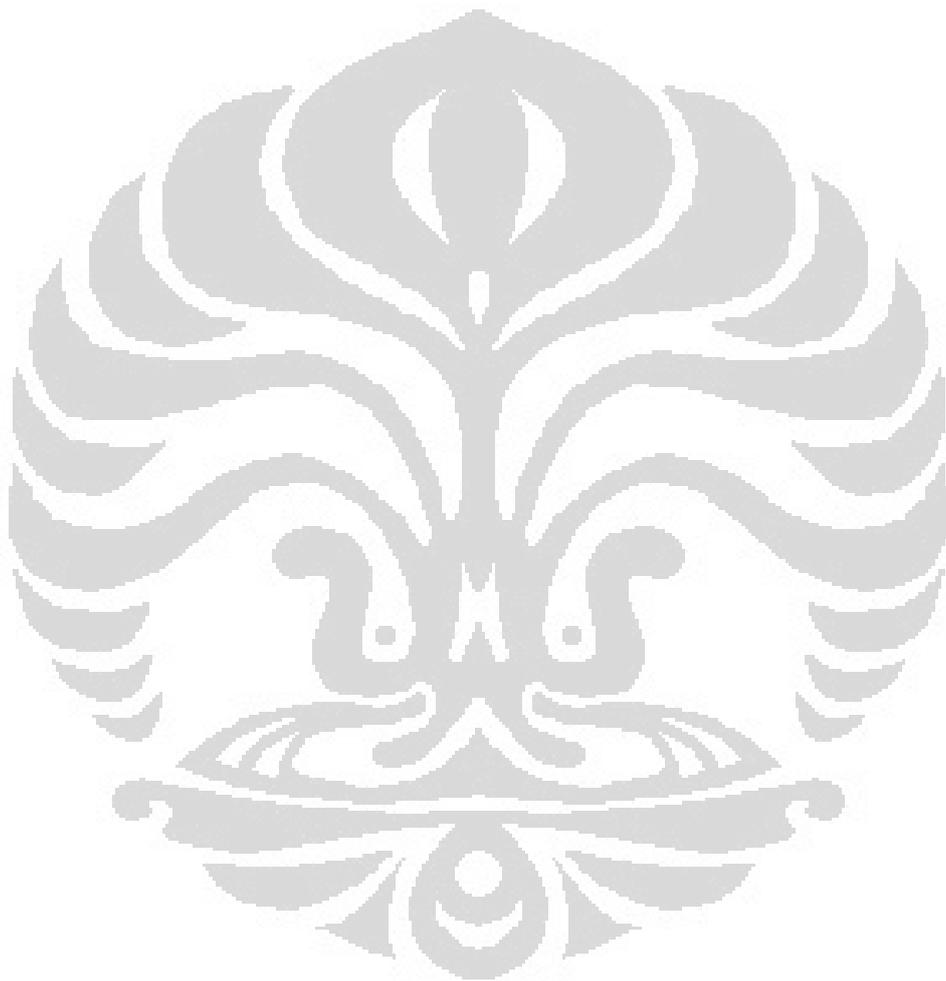
Kusumadewi, Sri. 2006. *Fuzzy Multi – Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Graha Ilmu : Jakarta

Rachmatin, Dewi. 2010. *Modul Pelatihan SPSS*. FMIPA : UPI

- Setyoko, Anas Singgih. 2007. *Integrated Fuzzy AHP and Weighted Fuzzy Goal Programming Approach to Solve Supplier Selection Problem With Subjective Factors*. Majalah IPTEK : ITS
- Arifah, Eny. 2006. *Aplikasi Metode Fuzzy Mamdani Dalam Penentuan Jumlah Produksi. Modul Kuliah* : ITS
- Ciptomulyono, Udisubakti. 2008. *Implementasi Metode AHP TOPSIS Dalam Perangkingan Prioritas Pengerjaan Order dan Penentuan Lintasan Kritis Dengan Fuzzy Pert*. Jurnal Teknik Industri : ITS
- Rahardjo, Jani. 2002. *Aplikasi Fuzzy AHP Dalam Seleksi Karyawan*. Jurnal Teknik Industri : Universitas Kristen Petra
- Kahar, Norvihitamely. 2011. *Aplikasi Metode Fuzzy FMCDM Untuk Optimalisasi Penentuan Lokasi Promosi Produk*. SNATI: Yogyakarta
- Febransyah, Ade. 2006. *Mengukur Kesuksesan Produk Pada Tahap Desain Menggunakan Pendekatan Fuzzy MCDM*. Jurnal Teknik Industri : Prasetya Mulya Bussines School
- Kusumadewi, Sri. 2005. *FMCDM*. Jurusan Teknik Informatika : Universitas Islam Indonesia
- Anggraeni, Wiwik. *Penerapan AHP Pada Sistem Penilaian Pegawai di Rumah Sakit Onkologi Surabaya*. Jurnal Sistem Informasi : ITS.
- Savenye, Wilhelmina. *Data Collection and Analyze*. Arizona State University : Arizona.
- Munir, Sahibul. 2007. *Statistik 1*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar : UMB
- Wiratno. 2007. *Mata Kuliah Statika Ekonomi Lanjutan*. UNDIP : Semarang
- Widiarsono, Teguh. 2005. *Tutorial Praktis Belajar Matlab*. Jakarta
- Neuman, Edward. *Progaramming in Matlab*. Department of Mathematic : Southern Illinois University at Carbondahle

- Hsieh, Ting Ya. 2004. *Fuzzy MCDM Approach for Planning and Design Tender Selection in Public Office Buildings*. *International Jurnal of Project Management* : Elsevier
- Setyoko, Anas Singgih. 2005. *Pendekatan Fuzzy AHP dan Fuzzy MCDM untuk Pengalokasian Fasilitas*. *Jurnal ITS* : Surabaya
- Sarwono. 2006. *Teori Analisis Korelasi*. Modul Kuliah : Jakarta
- Nurul, Eliza. *Implementasi Klasifikasi Item Persediaan Pada Rumah Sakit Menggunakan Metode ABC – Fuzzy Clasification*. *Jurnal Sistem Informasi* : ITS
- Mauiza, Dinna. *Implementasi Sistem Pendukung Keputusan untuk Penentuan Tunjangan Prestasi Pegawai Dengan Menggunakan Fuzzy Logic*. *Teknik Informatika* : ITS
- Kastaman, Roni. *Aplication of Fuzzy Method to Identify The Land Critical Using The geographical Information System in Chipedes Watershed Area*. *Teknologi Industri Pertanian* : UNPAD.
- Romico, Alfensius. 2009. *Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode AHP Pada PT Hadi Baru*. Skripsi : Universitas Sumatera Utara.
- Aripin, Ipin. 2008. *Modul pelatihan Analisis Data dengan Software Exceel dan SPSS*. Jakarta
- Baldwin, Richard. 2003. *A Sructural Model Interpretation of Wright Ness Test*. *Thesis* : University of Saskatchewan.
- Machover, Moshe. 2009. *A Note on Measuring Voters Responsibility*. *Kings College* : London
- Anggraeni, Ayu Septi. 2011. *Analisis Granger Casuality Terhadap Kinerja Sosial dan Kinerja Keuangan Perusahaan*. Skripsi : UNDIP

- Gerard, Michael. 2004. *The Development of Purpose in the Project Definition Phase of Construction Project Implications for Project Management*. Dissertation Doctor of Philosophy : University of California.
- Ozanne, Joan. 2008. *The Relation Sheep Between Slips, Trips and Falls and The Design and Construction of Buildings*. Accident Research Center : Monash University
- Sutarto, Agung. *Peran Sistem Manajemen Keselamatan Kerja Dalam Peningkatn Kinerja Proyek Konstruksi*. Jurnal Teknik Sipil : UNNES
- Endroyo, Bambang. *Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi*. Teknik Sipil : UNNES
- Haslam. 2004. *Contributing Factors in Construction Accident*. Applied Ergonomic : Elsevier.
- Zuhaimi, Uzair. 1999. *Focus Grup Discusion*. Panduan Studi Kualitatif : Kerjasama BPS – ADB



## DAFTAR REFERENSI

- Anshori, A. (2008). "PT. JAMSOSTEK." Home Page. 27 Februari 2008. 16 Maret 2009. <http://www.jamsostek.co.id/info/berita.php?id=105>.
- Anton, Thomas J. (1989). *Occupational safety and health management* Singapore: McGraw-Hill Book.Co.
- Arboleda, C. A. & Abraham, D. M. (2004). *Fatalities in trenching operations - Analysis using models of accident causation*. Journal of Construction Engineering and Management-Asce, 130, 273-280.
- Ardan, Malloukey. 2005. *Identifikasi dan Analisis Kecelakaan Kerja Fatal Proyek Konstruksi Gedung di Indonesia*. Tesis. Program Pasca Sarjana Fakultas Teknik Sipil. ITB
- Arikunto, (1997). *Prosedur Penelitian, Rineka Cipta, Yogyakarta*
- Azwaruddin (2008). *Manajemen konstruksi*. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Bambang, R, 2004. *Industrial Health. Safety & Environment*. Modul Program Profesi Insinyur, PII. Cabang Semarang.
- Bentley, T. A., Hide, S., Tappin, D., Moore, D., Legg, S., Ashby, L. & Parker, R. (2006).
- Bobick, T. G. (2004). *Falls through roof and floor openings and surfaces, including skylights: 1992-2000*. Journal of Construction Engineering and Management, 130, 895-907.
- Boris, B. (2009). *Studi Implementasi Pengelolaan Keselamatan Pra Operasi Tower Crane Pada Konstruksi Gedung*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB.
- Chan, A. P. C., Wong, F. K. W., Chan, D. W. M., Yam, M. C. H., Kwok, A. W. K., Lam, E. W. M. & Cheung, E. (2008). *Work at height fatalities in*

- the repair, maintenance, alteration, and addition works*. Journal of Construction Engineering and Management-Asce, 134, 527-535.
- Chen, J.-G., Fisher, D. J. & Krishnamurthy, K. (1995). *Development of a computerized system for fall accident analysis and prevention*. Computers & Industrial Engineering, 28, 457-466.
- Chi, C. F. & Wu, M. L. (1997). *Fatal occupational injuries in Taiwan - Relationship between fatality rate and age*. Safety Science, 27, 1-17.
- Choudhry, R. M. & Fang, D. P. (2008). *Why operatives engage in unsafe work behavior: Investigating factors on construction sites*. Safety Science, 46, 566-584.
- D.L. Morgan and R.A. Kruger. 1993. *When to Use Focus Group and Why*, , in ed. D.L. Morgan Successful Focus Groups, pp.
- Dong, X. S., Fujimoto, A., Ringen, K. & Men, Y. (2009). *Fatal falls among Hispanic construction workers*. Accid Anal Prev, 41, 1047-52.
- Gauchard, G., Chau, N., Mur, J. M. & Perrin, P. (2001). *Falls and working individuals: role of extrinsic and intrinsic factors*. Ergonomics, 44, 1330-1339.
- Gavious, A., Mizrahi, S., Shani, Y. & Minchuk, Y. (2009). *The costs of industrial accidents for the organization: Developing methods and tools for evaluation and cost-benefit analysis of investment in safety*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 434-438.
- Gould, Frederick E. (2002). *Managing the construction process : estimating, scheduling, and project control* (2nd ed.). New Jersey : Pearson Education, Inc.
- Grimaldi, John V., and Simonds, Rollin H. (1975). *Safety management*. Illinois: Richard D. Irwin, Inc.
- Hinze, W Jimmie. 1997. *Construction Safety*. Prentice-Hall, Inc.

- Honore, A. M. (1995). *Necessary and sufficient conditions in Tort law*. In D. Owen (Ed.), *Philosophical foundations of Tort law* (pp. 363–385). Oxford: Oxford University Press.
- Horwitz, I.B & Mccall, B.P. 2004. *A Construction Safety Program*. *Professional Safety*. p 14-20.
- Hughes, P. and Ferrett, E. (2008). *Introduction to Health and Safety in Construction*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Imriyas, K., Pheng, L. S. & Teo, E. A.-L. (2007). *A fuzzy knowledge-based system for premium rating of workers' compensation insurance for building projects*. *Construction Management and Economics*, 25, 1175-1193.
- Irwanto. 1998. *Focus Group Discussion*, PusatKajian Pembangunan Masyarakat.
- Janicak, C. A. (1998). *Fall-related deaths in the construction industry*. *Journal of Safety Research*, 29, 35-42.
- Jaselskis, Edward J. 1996. “*Strategies for Achieving Excellence in Construction Safety Performance*”, *Journal of Construction Eng. and Management*, ASCE, Maret 1996.
- Jonathan Sarwono dan Tutty Martadireja. 2008. *Riset Bisnis untuk Pengambilan Keputusan*. (Yogyakarta: Andi, 2008) hal 75.
- Kaskutas, V., Dale, A. M., Lipscomb, H., Gaal, J., Fuchs, M. & Evanoff, B. (2009a). *Fall prevention in apprentice carpenters*. *Scand J Work Environ Health*.
- Kaskutas, V., Dale, A. M., Nolan, J., Patterson, D., Lipscomb, H. J. & Evanoff, B. (2009b). *Fall hazard control observed on residential construction sites*. *Am J Ind Med*, 52, 491-9.
- Kemmlert, K. & Lundholm, L. (1998). *Slips, trips and falls in different work groups with reference to age*. *Safety Science*, 28, 59-75.

- Kines, P. (2001). *Occupational Injury Risk Assessment Using Injury Severity Odds Ratios: Male Falls from Heights in the Danish Construction Industry, 1993-1999*. Human and Ecological Risk Assessment, 7, 1929-1943.
- Kusumadewi S., Purnomo H., 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy, Untuk pendukung keputusan*,: Graha Ilmu.
- Levitt, Raymond E and Nancy M Samelton.1993. *Construction Safety Management*. New York: John Wiley & Sons.
- Lipscomb, H. J., Dement, J. M. & Behlman R. 2003. *Direct Costs And Patterns Of Injuries Among Residential Carpenters, 1995-2000*. Journal Of Occupational And Environmental Medicine,45,875-880.
- Meerding, W., S., M. & Beeck, E. F. V. (2005). *Incidence and costs of injuries in The Netherlands*The European Journal of Public Health, 16, 271-277.
- Mohd, Nazir. 1999. *Metode Penelitian*. (Jakarta: Ghalia Indonesia, 1999), hal 157.
- Nasution, (1996). *Metode research*, Bumi Aksara, Jakarta.
- National Fire Protection Association. NFPA 101 Life Safety Code 2000.
- Nelson, Nancy A., Joel Kaufman, John Kalat, Barbara Silverstein. 1997. *Falls in Construction: Injury Rates for OSHA-Inspected Employers Before and After Citation for Violating the Washington State Fall Protection Standard*. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE 31:296–302.
- Oberlender, Garold D. 2000. *Project Management for Engineering and Construction*. McGraw-Hill.
- PMI Standards Committee William R. Duncan, PMBOK Guide. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute, 1996.

- Rivara, F. P. & Thompson, D. C. (2000). *Prevention of falls in the construction industry - Evidence for program effectiveness*. American Journal of Preventive Medicine, 18, 23-26.
- Sa, J., Seo, D. C. & Choi, S. D. (2009). *Comparison of risk factors for falls from height between commercial and residential roofers*. J Safety Res, 40, 1-6.
- Sahputra, R.J. (2009). *Studi Implementasi Keselamatan Di Tempat Kerja Pada Proyek Bangunan Gedung*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB.
- Sastrohadiwiryo, Siswanto. 2002. *Manajemen Tenaga Kerja Indonesia*. Jakarta. PT Bumi Aksara
- Siaoman, Benny. 2007. *Faktor penyebab kecelakaan jatuh pada proyek konstruksi di Surabaya*. Tugas Akhir : No.21011551/SIP/2007. Universitas Petra.
- Silalahi, Bennet. & Rumondang Silalahi. (1995). *Manajemen keselamatan dan kesehatan kerja*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo.
- Smith, Joan Ozanne, Jonathon Guy, Mary Kelly, Angela Clapperton. 2008. *The Relationship Between Slips, Trips and Falls and The Design and Construction of Building*. Monash University: Australian Building Codes Board.
- Sugiyono, 2008. *Metode Penelitian Administrasi*. Hal 119. Bandung: CV Alfabeta
- Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung. Penerbit: CV. Alfabeta
- Suma'mur PK., 1989. *Ergonomi untuk Produktivitas Kerja*. Jakarta: CV. Haji Mas agung.
- Suma'mur, 1989, *Program dan Aspek Keselamatan Kerja pada Bangunan Tinggi*, Institut Manajemen Proteksi Indonesia, Jakarta.

- Suraji, Akhmad dan A. Roy Duff. 2000. *Constraint-Response Theory of Construction Accident Causation*. Makalah disajikan dalam The International Conference on Designing for Safety, ECI/CIB/HSE, London.
- Suraji, Akhmad. (1995). *Kecelakaan Kerja Konstruksi di Indonesia*. Majalah Konstruksi, September.
- Suraji, Akhmad. 2001. *Incorporating Constructability Factors into Design for a Safe Construction Process*.
- Tang, SL. 2004. *Costs Of Construction Accidents In Sosial And Humannity Context*. Makalah disajikan dalam The Ninth East Asia Pacific Conference on Structural Eng. and Construction, 2004.
- The Business Roundtable (1982). "Improving Construction Safety Performance". A CICE Project Report. Construction Industry Institute, USA.
- The Construction Chart Book (2008). *The U.S. Construction Industry and its Workers*, Silver Spring, MD, CPWR.
- Wright, R. (1988). *Causation, responsibility, risk, probability, naked statistics, and proof: Pruning the Bramble Bush by clarifying the concepts*. Iowa Law Review, 73, 1001–1077.
- Yin, Robert K. (1994). *Case study research, design and method (2 ed.)*. Thousand Oaks, London, New Delhi: SAGE Publications.
- Zadeh, L.A., 1978. *Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility*, Fuzzy sets and systems, 1, 3-28.
- Zimmermann, H. J.: *Fuzzy mathematica l programming*, Comput. & Ops.Res. Vol. 10 No 4, 291-298, 1983.
- A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guide), PMI, Newton Squire, Pennsylvania, USA, Fourth Edition, 2008.

- Abdulhamed, Tariq S. dan John G. Everett (2000). Identifying Root Cause of Construction Accident, *Journal of Construction Eng. And Management*, ASCE, Jan-Feb 2000.
- Akbar, Ahmad A.F (2006). Pengaruh Tingkat Pemahaman Manajemen Risiko dan Manajemen Keselamatan Kerja oleh Manajer Konstruksi Terhadap Peningkatan Kinerja Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek. *Tesis, Departemen Sipil FTUI*, Depok.
- Ardan, Malloukey, (2005). Identifikasi dan Analisis Kecelakaan Kerja Fatal Proyek Konstruksi Gedung di Indonesia, *Tesis, Program Pascasarjana Fak. Teknik Sipil, ITB*.
- Asiyanto, (2005) “Manajemen Produksi untuk Jasa Konstruksi”, Pradnya Paramita, Jakarta, p. 171.
- Barrie, Donald S. (1990). *Manajemen Konstruksi Profesional*. Terjemahan Sudinarto. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bentley, T.A., Hide, S., Tappin, D., Moore, D., Legg, S., Ashby, L. & Parker, R. (2006). Investigatin risk factors *Science*, 38, 31-48.
- Brauer, Roger L. (1990). *Safety and Health for Engineers*, Van Nostrand Reinhold, p.16
- Chan, A.P.C., Wong, F.K.W., Chan, D.W.M., Yam, M.C.H., Kwok, A.W.K., Lam, E.W.M.& Cheung, E. (2008). Work at height fatalities in the repair, maintainance, alteration and addition works, *Journal of Construction Engineering and Management-ASCE*, 134, 527-535.
- Chi, C.F., Chang T.C.&Hung, K.H. (2004). Significant industry-source of injury-accident type for occupational fatalities in Taiwan. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34,77-91.
- Chi, C. F., & Wu, M.L. (1997). Fatal occupational injuries in Taiwan-Relationship between fatality rate ang age, *Safety Sience*, 27, 1-17.

- Courtney, T.K., Sorock, G.S., Manning, D.P., Colling, J.W.& Holbein-Jenny, M.A. (2001). Occupational slip,trip, and fall-related injuries-can the contribution of slipperiness be isolated? *Ergonomics*, 44, 1118-1137.
- Depnakertrans (2009). “Tekan Angka Kecelakaan Kerja Depankertrans Gandeng Tiga Universitas di Jatim” Buletin senin 28 Desember 2009 : <http://www.nakertrans.go.id>.
- DeReamer R., (1958). *Modern Safety Practice*, New York, John Wiley
- Davies, C., V.J. FICE (1990). *Construction Safety Handbook*, London, Thomas Telford.
- Dong, X.S., Fujimoto, A., Ringen, K. & Men, Y. (2009). Fatal fall among Hispanic construction workers. *Accid Anal Prev*, 41, 1047-52.
- Endroyo B., dan Tugino (2007). Analisa faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja konstruksi, *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, Nomor 1 Vol 9 p. 21-31.
- Ergor, O.A., Demiral, Y. & Piyal, Y.B. (2003). A significant outcome of work life: Occupational accident in a developing country, Turkey. *Journal of Occupational Health*, 45,74-80.
- Gauchard, G., Chau, N., Mur, J.M. & Perrin, P. (2001). Falls and working individual : role of extrinsic and intrinsic factors. *Ergonomics*, 44, 1330-1339.
- Gavious, A., Mizrahi, S., Shani, Y. & Minchuk, Y. (2009). The costs of industrial accidents for the organization : Developing methods and tools for evaluation and cost-benefit analysis of investment in safety. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22, 434-438.
- Findley, M., Smith S.M., Kress, T., Petty, G., Enoch, K., (2004). Safety program element in construction : which ones best prevent injuries and control related workers’ compensation costs? *Profesional Safety* p 14-21.

- Haddad, Assed N., Borges, Diogo B., (2008). Health and Safety at Work Analysis and Diagnosis of Brazilian Construction Companies, *Proceeding of the Industrial Engineering Research Conference*
- Hallowell, M., and Gambatese. (2007). A Formal Model for Construction Safety Risk Management, *The construction and building research conference of RICS*.
- Hinze, J. and Russell, D. B., (1997). Construction Safety, Prentice Hall.
- Hislop, R. D., (1991). A construction safety program. *Professional Safety* p 14-20.
- Horwitz, I.B. & McCall, B.P. (2004). Disabling and fatal occupational claim rates, risks, and cost in the Oregon construction industry 1990-1997. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1 688-698
- Hsiao, H., Simeonov, P., Pizatella, T., Stout, N., McDougall, V. & Weeks, J., (2003). Extension-ladder safety : Solution and knowledge gaps. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 959-965
- Hu, Khun, Ramandad, H., (2009) Factors Influencing Risk of Falls : A Review of Evidence in Construction, *Proceeding of the 2009 Industrial Engineering Research Conference*
- Imriyas, K., Pheng, L.S. & Teo, E. A.-L. (2007). A fuzzy knowledge-based system for premium rating of workers' compensation insurance for building project. *Construction Management and Economics*, 25 1175-1193
- Jeong, B. Y. (1998). Fall-related deaths and injuries in the construction industry. *Applied Ergonomics*, 29, 355-360
- Kaskutas, V., Dale, A.M., Lipscomb, H., Gaal, J., Fuchs, M. & Evanoff, B (2009). Fall prevention in apprentice carpenters. *Scand J Work Environ Health*.

- Kemmlert, K. & Lundholm, L. (2001). Slips, trips and falls in different work groups-with reference to age and from a preventive perspective. *Applied Ergonomics*, 32, 149-153.
- Kines, P. (2002). Construction workers' falls through roofs: Fatal versus serious injuries. *Journal of Safety Research*, 33, 195-208.
- Lehtola, M. M., Van Der Molen, H. F., Lappalainen, J., Hoonakker, P. L. T., Hsiao, H., Haslam, (2008). Preventing injuries in the construction industry- A systematic review. *American Journal of Preventive Medicine*, 35, 77-85.
- Lipscomb, H.J., Dement, J. M. & Behlman R. (2003). Direct costs and patterns of injuries among residential carpenters, 1995-2000. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45, 875-880.
- Lipscomb, H.J., Glazner, J.E., Bondy, J., Guarini, K. & Lezotte, D. (2006). Injuries from slips and trips in construction. *Applied Ergonomics*, 37, 267-274.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. Per 05/MEN/1996, Tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- Rosalinda, (2009). Angka Kecelakaan Kerja Turun 50 %, Jurnal Nasional Jumat,
- Rowlinson, S., (2003). *Hong Kong Construction : Safety Management and Law*, second ed. Sweet and Maxwell Asia, Hong Kong
- Shi, Huawang., (2009), An improved Unascertained Approach to Construction Accident Risk Assessment and Analysis, Proceedings of the 3rd international Conference on Intelligent Information Technology Application, ISBN : 978, p 610-613
- Suraji, A., dan A. Roy Duff. (2000). The Constraint-Response Theory of Construction Accident Causation. Makalah disajikan dalam *The International Conference on Designing for Safety, ECI/CIB/HSE, London*.

- Suraji, A., (2001). Development of Causal Model of Construction Accident Causation, *Journal of Construction Eng. and Management, ASCE, July-August*.
- Soeharto Iman, “Manajemen Proyek”, Erlangga, Jakarta, 1997
- Sawacha E., Naoum, S., Fong D., (1999). Factor affecting safety performance on construction site. *International Journal of Project Management 26.p. 709-716*
- Sorock, G.S., Smith, E.O., Goldoft, M., (1993). Fatal occupational injuries in the New Jersey construction industry: 1983-1989. *Journal of Occupational Medicine, 916-21*.
- T., Aksorn., and B.H.W., Hadikusumo, (2007). Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction project, *Safety Science, Elsevier*.
- Tang, SL., (2004). Costs Of Construction Accidents In Sosial And Humannity Context. Makalah disajikan dalam The Ninth East Asia Pacific Conference on Structural Eng. and Construction.
- Wibowo, M Agung, (2005). The Indonesian Construction Industry; An Input-Output Analysis. Makalah disajikan dalam Peringatan 25 tahun Pendidikan MRK di Indonesia, 18 -19 Agustus 2005.
- Widayatin Sumaryanto (2009), “Menuju Konstruksi Indonesia Berkualitas dengan Memperhatikan K3”, Pusat Pengolaan Data (PUSDATA) Departemen PU, <http://www.pu.go.id>
- Winn, G.L., Seaman B. & Baldwin, J.C. (2004). Fall protection incentives in the construction industry: literature review and field study. *Int J Occup Saf Ergon, 10 5-11*
- Yung, P. (2009). Institutional arrangements and construction safety in China : An empirical examination. *Construction Management and economics, 27, 439-450*

- Zou, Patrick (2009), "Comparative Study on the Perception of Construction Safety Risks in China and Australia" *Journal of Construction Engineering and Management* ASCE 10.1061
- Badri, Masood A (1999), Combining The Analytic Hierarchy Process and Goal Programming for Global Facility Location-allocation Problem, *International Journal of Production Economics*, **62**, 237-248
- Buckley, J.J (1985), Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers, *Fuzzy Sets and Systems*, **15**, 21-31
- Ciptomulyono, Udisubakti (2001), Integrasi Metode Delphi dan Prosedur Analisis Hirarkhis (AHP) untuk Identifikasi dan Penetapan Prioritas Objektif/Kriteria Keputusan, *Majalah IPTEK*, **12**, 42-52
- Hsieh, Ting-Ya., Lu, Shih-Tong, Tzeng, Gwo-Hshiung (2004), Fuzzy MCDM Approach for Planning and Design Tenders Selection in Public Office Building, *International Journal of Project Management*, **xx**, xxx-xxx
- Kristianto, Yohanes (2002), *Pengembangan Model Keputusan Kelompok Integrasi Model Fuzzy AHP dan Model Delphi*, Tesis Teknik Industri, ITS
- Rahardjo, Jani., Sutapa, I Nyoman (2002), Aplikasi Fuzzy Analytical Hierarchy Process dalam Seleksi Karyawan, *Jurnal Teknik Industri*, **4**, 82-92
- Saaty, T.L. (1988), *The Analytic Hierarchy Process*, 2nd edition, USA
- Zadeh L.A (1976), The Concept of Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning, Parts 1 and 2, *Information Sciences*, **9**, 219-327
- Zimmermann, H.J (2000), *Fuzzy Set Theory – and Its Application*, 3rd edition, Kluwer Academic Publisher, Boston

- Al-Harbi KM. *Application of the AHP in project management*. Int J Project Manage 2001;19(1):19–27.
- Al Khalil MI. *Selecting the appropriate project delivery method using AHP International*. J Project Manage 2002;20(6):469–74.
- Altrock CV, Krause B. *Multi-criteria decision-making in German automotive industry using fuzzy logic*. Fuzzy Sets Syst 1994;63(3):375–80.
- Baas SM, Kwakernaak H. *Rating and ranking of multiple aspect alternative using fuzzy sets*. Automatica 1997;13(1):47–58.
- Bellman RE, Zadeh LA. *Decision-making in a fuzzy environment management*. Science 1970;17(4):141–64.
- Buckley JJ. *Ranking alternatives using fuzzy numbers*. Fuzzy Sets Syst 1985;15(1):21–31.
- Buckley JJ. *Fuzzy hierarchical analysis*. Fuzzy Sets Syst 1985;17(1):233–47.
- Chang PL, Chen YC. *A fuzzy multi-criteria decision making method for technology transfer strategy selection in biotechnology*. Fuzzy Sets Syst 1994;63(1):131–9.
- Chen CH. *The methodologies for architecture design*. Taipei: Dong-Da; 1978 [in Chinese].
- Chen SJ, Hwang CL. *Fuzzy multiple attribute decision making, methods and applications*. In: Lecture notes in economics and mathematical systems, vol. 375. New York: Springer; 1993.
- Fenton, N., & Wang, W. (2006). *Risk and Confidence Analysis for Fuzzy Multicriteria Decision Making*. Knowledge-Based System 19, 430-437.
- Fitria, L. (2006). *The Design of Decision Support System To Choose The Transportation Service Using Fuzzy AHP (Case Study : PT. X)*.

Surabaya, Indonesia: Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Floyd, D. W. (1991). *The Hazard of Risk Management. The Environmentalist*, Vol. 11, No. 4, 293-296.

Hermann, B. G., Kroeze, C., & Jawjit, W. (2006). *Assessin Environmental Performance by Combining Life Cycle Assessment, Multi-criteria Analysis and Environmental Performance Indicator*. *Journal of Cleaner Production* xx, 1-10.

LaGrega, M. D., Buckingham, P. D., & Evans, J. C. (2001). *Hazardous Waste Management*. Singapore: McGraw-Hill.

Poper, T. (2006). *Evaluation of Environmental Aspects Significance in ISO 14001*. *Environmental Management* Vol. 37 No. 5, 732-743.

Hanselma, Duane dan Littlefield, Bruce, *Matlab: Bahasa komputasi Teknis*, Penerbit Andi and pearson Education Asia Pte. Ltd, Yogyakarta, 2002.

Hidayat dan Gunawan, *Simulasi Pengaturan Dengan Menggunakan Logika Fuzzy*, Makassar : Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, 1999.

J. Ross, Timothy, *Fuzzy Logic With Engineering Application*, McGraw-Hill. Inc, USA, 1995.

-----, *Matlab For Engineering*, McGraw-Hill. Inc, USA, 2000

Wang, Li-Xin, *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall International, Inc, USA, 1997.

Wongso, Lily., *Simulasi Kontroler Logika Fuzzy*, Ujung Pandang : Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, 1996.

- Yan, Jun, Ryan, Michael. and Power, James, *Using Fuzzy Logic : Towards Intelligent Systems*, Prentice-Hall International. Inc, USA, 1994.
- Chang, D.Y. 1996. “*Applications of Extent Analysis Method on Fuzzy AHP*”. *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655.
- Güngör, Z., Serhadlıoglu, G., dan Kesen, S. E.2009. “*A Fuzzy AHP Approach to Personel Selection Problem*”. *Applied Soft Computing*, 9, 641–646.
- Tsai, H.Y., Chang, C.W., dan Lin H.L. 2010. “*Fuzzy Hierarchy Sensitive with Delphi Method to Evaluate Hospital*”. *Expert Systems with Applications*, 37, 5533-5541.
- Kusumadewi, Sri, dan Hartati, Sri. (2006). *Neuro Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

