



TESIS - RC185401

**SISTEM PERINGATAN DINI PADA
PEKERJAAN *TEMPORARY SUPPORT*
UNTUK PENGECORAN BETON BERBASIS
INTEGRASI *BAYESIAN BELIEF NETWORK* (BBN)
DAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)**

NI PUTU IKA FRISILIA
03111750030020

Dosen Pembimbing
Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph. D

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2019

Halaman ini sengaja dikosongkan



TESIS - RC185401

**SISTEM PERINGATAN DINI PADA
PEKERJAAN *TEMPORARY SUPPORT*
UNTUK PENGECORAN BETON BERBASIS
INTEGRASI *BAYESIAN BELIEF NETWORK* (BBN)
DAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)**

NI PUTU IKA FRISILIA
03111750030020

Dosen Pembimbing
Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph. D

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2019

Halaman ini sengaja dikosongkan



THESIS - RC185401

**EARLY WARNING SYSTEM IN TEMPORARY SUPPORT
WORK FOR CONCRETE WORK BASED ON
INTEGRATION OF BAYESIAN BELIEF NETWORK
(BBN) AND BUILDING INFORMATION MODELING
(BIM)**

**NI PUTU IKA FRISILIA
03111750030020**

**Supervisor
Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph. D**

**Departement of Civil Engineering
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2019**

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Thesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NI PUTU IKA FRISILIA
NRP : 03111750030020

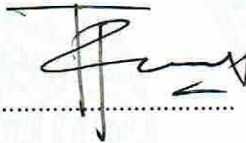
Tanggal Ujian : 3 Desember 2019

Periode Wisuda : Maret 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing :

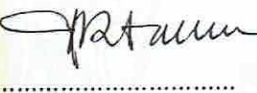
1. Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197404202002121003



.....

Penguji :

1. Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D
NIP. 196911251999031001
2. Moh. Arif Rohman, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 197712082005011002



.....



.....

Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan



Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197404202002121003

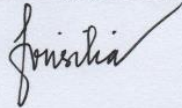
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

Tesis yang berjudul: “SISTEM PERINGATAN DINI PADA PEKERJAAN *TEMPORARY SUPPORT* UNTUK PENGECORAN BETON BERBASIS INTEGRASI *BAYESIAN BELIEF NETWORK* (BBN) DAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)” ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah/tulis untuk memperoleh gelar akademik maupun karya ilmiah/tulis yang pernah dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dijadikan kutipan dari bagian karya ilmiah/tulis orang lain dengan menyebutkan sumbernya, baik dalam naskah tesis maupun daftar pustaka.

Apabila ternyata ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur plagiasi di dalam naskah tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan akademik ITS dan/atau perundang-undangan yang berlaku.

Surabaya, 21 Januari 2020



Ni Putu Ika Frisilia

NRP. 03111750030020

SITEM PERINGATAN DINI PADA PEKERJAAN *TEMPORARY SUPPORT* UNTUK PENGECORAN BETON BERBASIS INTEGRASI *BAYESIAN BELIEF NETWORK* (BBN) DAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)

Nama mahasiswa : Ni Putu Ika Frisilia
NRP : 03111750030020
Dosen Pembimbing : Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Industri konstruksi merupakan kegiatan yang kompleks dan berisiko, sehingga angka kecelakaan yang terjadi lebih tinggi dibandingkan industri lain. Disisi lain dengan berkembangnya *construction 4.0*, teknologi konstruksi juga terus berkembang ke arah digitalisasi khususnya *Building Information Modeling* (BIM). Namun, hubungan antara *safety management* dengan model informasi berbasis teknologi belum banyak dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem yang terintegrasi antara proses kegiatan konstruksi yang berisiko/berpotensi pada pekerjaan *Temporary Support* (bekisting dan *scaffolding*) berbasis *Bayesian Belief Network* (BBN) dengan *Building Information Modeling* (BIM). Identifikasi variabel dilakukan dengan *literature review*, kemudian dilakukan wawancara kepada *expert* (pelaksana dan QHSE). Didapatkan lima variabel penyebab terjadinya risiko dan empat variabel risiko yang akan terjadi. Kemudian untuk hubungan antar variabel, didapatkan dengan melakukan wawancara kepada *expert* (pelaksana dan QHSE). Selanjutnya, membuat model *Bayesian Belief Network* (BBN) sebagai model pengambilan keputusan. Untuk validasi model, 6 bangunan gedung bertingkat di Indonesia dijadikan sebagai implementasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model dapat menghasilkan kondisi yang sama dengan kondisi nyata dengan ketepatan 91.7%. Kemudian hasil output dari model digunakan untuk integrasi dengan *BIM Software*. Integrasi dilakukan dengan menghubungkan Model *Bayesian Belief Network* (BBN) dengan *Building Information Modeling* (BIM), informasi yang digabungkan meliputi permodelan gedung, jadwal pekerjaan, dan risiko yang didapatkan dari hasil *Bayesian Belief Network* (BBN).

Keyword: industri konstruksi, bangunan gedung, *safety management*, *bayesian belief network*, *building information modeling*

Halaman ini sengaja dikosongkan

EARLY WARNING SYSTEM IN TEMPORARY SUPPORT WORK FOR CONCRETE WORK BASED ON INTEGRATION OF BAYESIAN BELIEF NETWORK (BBN) AND BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Student Name : Ni Putu Ika Frisilia
Student Identity Number : 03111750030020
Supervisor : Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Construction activities are very complex and risky. Therefore, the number of accidents in the construction industry is higher compared to other industries. On the other hand, the construction industry 4.0, forced construction technology to develop into the world of digitalization, especially Building Information Modeling (BIM). However, the relationship between safety management and technology-based information models has not been widely developed. This study aims to propose a model that integrates construction risks and BIM. Variable identification is done by literature review, then interviews with experts (implementing and QHSE). Obtained five variables that cause risk and four risk variables that will occur. Then for the relationship between variables, obtained by conducting interviews with experts (implementing and QHSE). Next, make the Bayesian Belief Network (BBN) model as a decision making model. For model validation, 6 storey buildings in Indonesia are used as implementation. Simulation results show that the model can produce the same conditions with real conditions with an accuracy of 91.7%. Then the output from the model is used for integration with BIM Software. Integration is carried out by connecting the Bayesian Belief Network (BBN) Model with Building Information Modeling (BIM), information combined using building modeling, work schedules, and risks obtained from the results of the Bayesian Belief Network (BBN).

Keyword: construction industry, building, safety management, Bayesian belief network, building information modeling

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul “SISTEM PERINGATAN DINI PADA PEKERJAAN *TEMPORARY SUPPORT* UNTUK PENGECORAN BETON BERBASIS INTEGRASI *BAYESIAN BELIEF NETWORK* (BBN) DAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)”. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus ditepuh untuk memperoleh gelar Master (M.T) di bidang keahlian Manajemen Proyek Konstruksi, Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya.

Tesis ini dapat dilakukan, dilaporkan dan diselesaikan karena adanya bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D, selaku pembimbing, atas bimbingan, waktu, motivasi, koreksi dan pengetahuan selama penyusunan tesis.
2. Bapak I Nyoman Sukerta, Ibu Esther Dwi Purwantini dan seluruh keluarga besar, selaku orang tua, atas motivasi dan doanya.
3. Bapak Nyoman Artha Wibawa, selaku pemberi motivasi, atas kesabarannya menghadapi saya, motivasinya, dan pikiran positifnya.
4. Bapak Nugroho, selaku General Manager SDM PT. Adhi Karya (Persero), Tbk, atas dukungannya untuk dapat melanjutkan pendidikan magister teknik
5. PT. Adhi Karya (Persero), Tbk, sebagai perusahaan, atas dukungannya untuk dapat melanjutkan pendidikan magister teknik.
6. Tim Proyek Apartemen Taman Melati Merr Surabaya, atas dukungannya mengizinkan saya kuliah dan datang kerja di siang hari.
7. Tim Proyek Terminal Joyoboyo, atas dukungannya mengizinkan saya kuliah dan datang kerja di siang hari, serta motivasinya dan dukungannya.
8. Tim Proyek Pertamina Balikpapan RMDP V, atas dukungannya mengizinkan saya sidang ke Surabaya.

9. Serta pihak-pihak lain yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberi balasan yang setimpal kepada semuanya. Penulis berharap tesis yang telah disusun ini dapat memberikan sumbangsih untuk menambah pengetahuan pembaca. Terima Kasih.

Surabaya, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB 2	
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Definisi dan Termonologi	7
2.2 <i>Literature Review</i>	9
2.2.1 Sistem Peringatan Dini (<i>Early Warning System</i>)	9
2.2.2 Keselamatan Kerja.....	10
2.2.3 Kualitas.....	12
2.2.4 Kecelakaan Kerja.....	13
2.2.5 <i>Temporary Support</i>	22
2.2.6 Sensor dalam Keselamatan Konstruksi	28
2.2.7 Model Pengambilan Keputusan.....	36
2.2.8 <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN).....	37
2.2.9 <i>Building Information Modeling</i> (BIM).....	38
2.2.10 Konsep Validitas	39
2.3 Penelitian Terdahulu	41

2.3.1 Sintesa Variabel	44
2.4 Posisi Penelitian	46
BAB 3	
METODOLOGI PENELITIAN.....	49
3.1 Jenis Penelitian.....	49
3.2 Tahapan Penelitian	49
3.2.1 Latar Belakang Penelitian.....	51
3.2.2 Merumuskan Masalah Penelitian.....	51
3.2.3 Studi Literatur.....	52
3.2.4 Rancangan Kuesioner Pendahuluan I	52
3.2.5 Penyebaran Kuesioner Pendahuluan I	52
3.2.6 Analisis Data.....	53
3.2.7 Rancangan Kuesioner Pendahuluan II.....	54
3.2.8 Penyebaran Kuesioner Pendahuluan II.....	55
3.2.9 Analisis Data.....	55
3.2.10 Penyusunan Model	56
3.2.11 Rancangan Kuesioner Utama	57
3.2.12 Penyebaran Kuesioner Utama	57
3.2.13 Analisis Data <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN)	58
3.2.14 Validasi Model	60
3.2.15 Simulasi BIM.....	63
3.2.16 Analisis dan Pembahasan	63
BAB 4	
PEMBAHASAN.....	65
4.1 Hasil Survei Pendahuluan	65
4.1.1 Survei Pendahuluan I (Relevansi Variabel).....	65
4.1.2 Survei Pendahuluan II	67
4.2 Survei Utama.....	69
4.2.1 Hasil Model <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN).....	69
4.2.2 Nilai Probabilitas Kejadian.....	71
4.3 Aplikasi Model pada Proyek Bangunan Gedung di Indonesia	83
4.3.1 Tahapan Permodelan dengan <i>Hugin Lite</i>	83
4.4 Studi Kasus	85

4.5	Integrasi <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN) dengan <i>Bulding Information Modeling</i> (BIM)	94
4.6	Simulasi BIM (<i>Building Information Modeling</i>)	95
4.6.1	Permodelan Gedung	97
4.6.2	Menyusun Jadwal Pekerjaan	97
4.6.3	Menginput Risiko pada Masing-Masing Item	98
4.6.4	Visualisasi Risiko	100
4.7	Pembahasan	102
4.7.1	Variabel Penyebab Risiko	101
4.7.2	Variabel Risiko	102
4.7.3	Probabilitas Kejadian.....	104
4.7.4	Model <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN)	106
4.7.5	Studi Kasus	106
4.7.6	Integrasi dengan BIM	109
BAB 5		
KESIMPULAN DAN SARAN.....		113
5.1	Kesimpulan	113
5.2	Saran Penelitian	113
DAFTAR PUSTAKA		115
DAFTAR LAMPIRAN		127

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Teori Domino.....	15
Gambar 2.2	Teori <i>Swiss Cheese</i>	16
Gambar 2.3	<i>Supported Scaffolds</i>	23
Gambar 2.4	<i>Suspended Scaffolds</i>	23
Gambar 2.5	Tren aplikasi teknologi berbasis sensor	28
Gambar 2.6	Model <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN).....	38
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	50
Gambar 3.2	Contoh Model <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN).....	57
Gambar 3.3	Input Data Probabilitas pada Model <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN)	59
Gambar 3.4	Contoh <i>Conditional Probability Table</i> (CPT)	60
Gambar 3.5	Skema Validasi Model.....	61
Gambar 3.6	Skema Simulasi BIM	63
Gambar 4.1	Model <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN).....	70
Gambar 4.2	Model BBN untuk Probabilitas Penyebab Risiko.....	72
Gambar 4.3	Model BBN untuk Probabilitas Penurunan <i>Scaffolding</i>	74
Gambar 4.4	Model BBN untuk Probabilitas Bekisting Melendut	75
Gambar 4.5	Model BBN untuk Probabilitas Pekerja Terjatuh	76
Gambar 4.6	Model BBN untuk Probabilitas Material Terjatuh.....	77
Gambar 4.7	Model BBN untuk Probabilitas Kualias Cor	79
Gambar 4.8	Model BBN untuk Probabilitas Keselamatan Kerja	81
Gambar 4.9	Tampilan Model <i>Bayesian Belief Network</i> (BBN) pada Hugin Lite	83
Gambar 4.10	<i>States Variabel</i>	84
Gambar 4.11	Nilai Probabilitas Variabel Beban.....	84
Gambar 4.12	Nilai Probabilitas Terjadinya Bekisting Melendut.....	84
Gambar 4.13	<i>Direct Acyclic Grap</i> (DAG) dengan Nilai Probabilitas Variabel... 85	
Gambar 4.14	<i>Direct Acyclic Graph</i> (DAG) Evidence Proyek A	87
Gambar 4.15	<i>Direct Acyclic Graph</i> (DAG) Evidence Proyek B	88
Gambar 4.16	<i>Direct Acyclic Graph</i> (DAG) Evidence Proyek C	89
Gambar 4.17	<i>Direct Acyclic Graph</i> (DAG) Evidence Proyek D.....	90

Gambar 4.18 <i>Direct Acyclic Graph</i> (DAG) Evidence Proyek E	91
Gambar 4.19 <i>Direct Acyclic Graph</i> (DAG) Evidence Proyek F.....	92
Gambar 4.20 Permodelan Integrasi Risiko dengan BIM Software.....	96
Gambar 4.21 Permodelan Gedung dengan BIM <i>Software</i>	97
Gambar 4.22 Jadwal Pekerjaan	98
Gambar 4.23 Jenis-Jenis Sensor Resistif	98
Gambar 4.24 Sensor Kapasitif	99
Gambar 4.25 Sensor Foto-Reflektif	99
Gambar 4.26 Penerapan Sensor pada Risiko Pekerjaan Bekisting dan <i>Scaffolding</i>	100
Gambar 4.27 Visualisai Risiko pada Pekerjaan Pelat	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jarak minimum <i>scaffolding</i> ke aliran listrik	26
Tabel 2.2	Tingkat Akurasi Sensor Berbasis Lokasi	32
Tabel 2.3	Perbandingan Tiga Jenis Teknologi Berbasis Sensor.....	35
Tabel 2.4	Sintesa Variabel yang Mempengaruhi Risiko Pekerjaan <i>Scaffolding</i> dan Bekisting	45
Tabel 2.5	Sintesa Variabel Risiko Pekerjaan <i>Scaffolding</i> dan Bekisting yang Mempengaruhi Keselamatan dan Kualitas Cor Beton.	46
Tabel 2.6	Tabel Posisi Penelitian yang Dilakukan	47
Tabel 3.1	Contoh Tabel Data Responden Ahli.....	53
Tabel 3.2	Contoh Tabel Hasil Respon Variabel Penyebab	53
Tabel 3.3	Contoh Tabel Hasil Respon Variabel Risiko.....	54
Tabel 3.4	Contoh Tabel Hubungan Variabel.....	56
Tabel 3.5	Contoh Tabel Data Responden Kuesioner Utama.....	58
Tabel 3.6	Contoh Tabel Probabilitas Variabel	59
Tabel 3.7	Contoh Tabel Validasi Model BNN	61
Tabel 4.1	Data Responden Ahli.....	65
Tabel 4.2	Hasil Respon Tingkat Pengaruh Variabel Penyebab Bahaya terhadap Keselamatan dan Kualitas Cor pada Pekerjaan Bekisting dan <i>Scaffolding</i>	66
Tabel 4.3	Hasil Respon Tingkat Pengaruh Variabel Risiko terhadap Keselamatan dan Kualitas Cor pada Pekerjaan Bekisting dan <i>Scaffolding</i>	67
Tabel 4.4	Hasil data hubungan antar variabel	68
Tabel 4.5	Data Responden pada Kuesioner Utama	69
Tabel 4.6	Tabel Contoh Perhitungan Nilai Probabilitas.....	72
Tabel 4.7	Probabilitas Variabel terhadap Keselamatan dan Kualitas Cor.....	73
Tabel 4.8	Probabilitas Terjadinya Penurunan <i>Scaffolding</i>	74
Tabel 4.9	Probabilitas Terjadinya Bekisting Melendut	76
Tabel 4.10	Probabilitas Pekerja Terjatuh	77
Tabel 4.11	Probabilitas Terjadinya Material Terjatuh.....	78
Tabel 4.12	Probabilitas Kualitas Cor.....	80

Tabel 4.13 Probabilitas Keselamatan	82
Tabel 4.14 Daftar Proyek yang Digunakan dalam Studi Kasus	86
Tabel 4.15 Hasil Nilai <i>Evidence</i> Proyek pada Studi Kasus	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Rancangan Kuesioner Pendahuluan I	127
Lampiran 2	Rancangan Kuesioner Pendahuluan II	129
Lampiran 3	Kuesioner Utama	130
Lampiran 4	Hasil Kuesioner Pendahuluan I.....	139
Lampiran 5	Hasil Kuesioner Pendahuluan II	145
Lampiran 6	Rekapitulasi Hasil Respon	148
Lampiran 7	Nilai Probabilitas Rata-Rata Penurunan <i>Scaffolding</i>	151
Lampiran 8	Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Bekisting Melendut	151
Lampiran 9	Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Pekerja Terjatuh.....	151
Lampiran 10	Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Material Terjatuh	152
Lampiran 11	Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Kualitas Cor Buruk.....	152
Lampiran 12	Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Keselamatan Buruk.....	153
Lampiran 13	Evidence 6 Proyek Konstruksi.....	154

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi secara statistik menjadi salah satu industri yang paling berbahaya (Baradan dan Usmen, 2006; Carter dan Smith, 2006; CPWR, 2013; Imriyas dkk.,2007). Laporan *Health Safety Environment* (HSE) menunjukkan bahwa industri konstruksi mengalami cedera yang lebih fatal dari industri lain (Huang dan Hinze, 2006; Melzner dkk., 2013). Hal ini disebabkan karena sifat unik dari industri, yaitu perilaku manusia, kondisi proyek yang sulit dan manajemen keselamatan yang buruk, sehingga menghasilkan metode kerja, peralatan dan prosedur yang tidak aman (Koehn dkk., 1995). Konstruksi yang aman membutuhkan perencanaan di seluruh siklus hidup proyek, mulai dari desain, perencanaan, eksekusi, serta operasi dan pemeliharaan (Teizer dkk., 2013). Perencanaan keselamatan dari awal sampai akhir proyek merupakan langkah dasar untuk mengelola keselamatan (Waly dan Thabet, 2002).

Perencanaan keselamatan biasanya terdiri dari identifikasi semua potensi bahaya, serta keputusan memilih sesuai tindakan yang aman. Kegagalan dalam identifikasi bahaya sering disebabkan oleh keahlian yang terbatas atau pengawasan yang buruk oleh insinyur atau staf keselamatan saat merencanakan atau mengeksekusi praktik keselamatan. Kegagalan ini dapat meningkatkan risiko pekerja rawan terhadap bahaya di lingkungan konstruksi. Sehingga identifikasi potensi bahaya secara tepat dan akurat sangat penting untuk proses perencanaan keselamatan (Bansal, 2011). Bahaya yang ditimbulkan sangat berkaitan dengan risiko yang akan terjadi, dimana bahaya merupakan sumber, situasi, atau tindakan dengan potensi yang menimbulkan cedera atau kerusakan pada manusia (OHSAS 18001, 2007). Bahaya tidak dapat dihilangkan tetapi dapat dapat dikendalikan (Ramli, 2010). *Hazzard Identification and Risk Assessment* (HIRA) merupakan suatu metode atau teknik untuk mengidentifikasi potensi bahaya kerja dengan mendefinisikan karakteristik bahaya yang mungkin terjadi dan mengevaluasi risiko yang terjadi, melalui penilaian risiko dengan menggunakan matriks penilaian risiko (Susihono dan Rini, 2013).

Industri konstruksi di Indonesia saat ini sedang berkembang pesat. Perkembangan ini tentunya akan diikuti oleh perkembangan kegiatan jasa konstruksi yang selain memberikan manfaat juga akan menimbulkan risiko. Di Indonesia tingkat kecelakaan kerja yang ditimbulkan dari kegiatan konstruksi cukup tinggi yang disebabkan oleh karakteristik proyek konstruksi yang bersifat unik, lokasi proyek yang berpindah, pengaruh cuaca, waktu pelaksanaan terbatas, tenaga kerja yang didominasi pekerja tidak terlatih, dan pekerjaan konstruksi menuntut ketahanan fisik yang tinggi (Sucita dan Broto, 2011); (Wirahadikusumah, 2007).

Kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek konstruksi akan menjadi salah satu penghambat atau berhentinya aktifitas pekerjaan proyek. Berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan, kasus kecelakaan kerja yang terjadi pada tahun 2016 tercatat 101367 kejadian dengan korban meninggal dunia 2382 orang dengan nilai klaim 791 miliar rupiah. Sedangkan, pada tahun 2017 tercatat 123000 kasus dengan klaim 972 miliar rupiah. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan 20 persen di tahun 2017 dari tahun 2016. Oleh karena itu, keselamatan kerja merupakan aspek yang harus dibenahi setiap saat karena masalah keselamatan kerja merupakan masalah yang sangat kompleks, yang mencakup permasalahan segi perikemanusiaan, biaya dan manfaat ekonomi, aspek hukum, pertanggungjawaban serta nama baik dari suatu organisasi itu sendiri (Ervianto, 2006).

Literatur terkait kecelakaan industri konstruksi mengungkapkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian kecelakaan umumnya serupa di berbagai negara (Aksorn dan Hadikusumo, 2008; Cattledge dkk., 1996; Kartam dkk., 2000; Macedo, 2005; Siu dkk., 2003; Tam dkk., 2004). Menurut Chan dkk. (2005) kecelakaan terjadi karena kombinasi dari banyak faktor yang berkontribusi. Terlepas dari sifat pekerjaan konstruksi yang berbahaya, faktor-faktor ini meliputi: (i) faktor personel (jenis kelamin, usia, pengalaman kerja, dll.); (ii) faktor lingkungan dan peralatan (jenis kecelakaan kerja, sumber cedera, dll.); (iii) faktor proyek (jenis proyek, jumlah kontrak, dll.); (iv) faktor manajemen (ukuran perusahaan, situasi berbahaya, dll.); dan (v) faktor waktu (jam, hari, dan bulan kecelakaan).

Secara tradisional kecelakaan dikategorikan karena kondisi yang tidak aman dan praktik yang tidak aman, HSE (2002) menyimpulkan bahwa perilaku manusia merupakan faktor yang berkontribusi sekitar 80% pada kecelakaan. Faktor-faktor seperti peralatan yang tidak aman (9,7%) dan kondisi lokasi kerja (11,1%) terutama manajemen lokasi yang buruk juga memiliki kontribusi pada penyebab kecelakaan di lokasi konstruksi.

Salah satu pekerjaan yang banyak mengalami kecelakaan kerja adalah pekerjaan pada ketinggian, banyak masalah yang timbul ketika pekerja bekerja di ketinggian, misalnya pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri (*Full Body Harness*), *lanyard* tidak dikaitkan dengan sempurna ke *handrail*, bekerja tidak mematuhi prosedur yang ada, *scaffolding* dan *formwork* (bekisting) yang tidak aman digunakan. Menurut data, diperkirakan 2,3 juta dari pekerja konstruksi atau 65 persen dari seluruh pekerja industri konstruksi, bekerja pada *scaffolding*. Bahkan dalam sebuah studi yang telah dilakukan oleh Biro Statistik Tenaga Kerja, 72 persen pekerja terluka dalam kecelakaan yang terjadi pada *scaffolding* yang disebabkan karena papan tempat mereka berpijak tidak aman dan tertimpa bahan yang jatuh dari atas *scaffolding* (Prasetyo, 2009). Selain itu Jannadi dan Assaf (1998) serta Adam dkk. (2009) menyimpulkan bahwa persiapan bekisting untuk struktur beton adalah tahapan yang juga berbahaya dalam kaitannya dengan kecelakaan kerja. Menurut Adam dkk. (2007) risiko tertinggi dari seluruh aktifitas bekisting yaitu pada tahap penyusunan bekisting pelat lantai.

Perencanaan keselamatan secara tradisional yang saat ini digunakan bergantung pada observasi, padat karya, memakan waktu sehingga tidak efisien. Manajer keselamatan / pengawas sulit untuk menyadari semua potensi bahaya di lokasi kerja setiap saat. Selain itu setiap desain bangunan tentunya akan menggunakan metode yang berbeda sehingga mempengaruhi risiko yang ditimbulkan, akan tetapi penggunaan teknologi hanya terbatas pada fase desain (Hinze dan Wiegand, 1993). Oleh karena itu, saat ini teknologi diyakini dapat menjadi kunci dalam mengurangi tingkat insiden saat pelaksanaan konstruksi, karena teknologi telah berdampak positif menangani dalam keselamatan pada proses perencanaan (Teizer dkk., 2007).

Teknologi pada Industri konstruksi saat ini dalam perkembangan yang disebut konstruksi 4.0 (Hinze dan Teizer, 2011). Penerapan Konstruksi 4.0 yang diadopsi dari Industri 4.0 merupakan konsep baru menggunakan *Internet of Thing* (IoT), sehingga dapat mengintegrasikan informasi di antara platform yang berbeda dan mengadopsi *gadget* baru seperti laser pemindai, *drone*, *3D printing* dengan harapan meningkatkan kemampuan untuk memantau proyek konstruksi pada tahap desain, konstruksi dan operasional (Osunsanmi dkk., 2018). Hal ini sebagai proses penerapan teknologi modern untuk mendorong digitalisasi industri konstruksi serta rantai pasoknya.

Karena pekerjaan proyek konstruksi sifatnya terus meningkat dalam hal kompleksitas, metode konstruksi dan peningkatan desain, tentunya akan meningkatkan risiko disepanjang fase konstruksi (Cooke dan Williams, 2009). Maka untuk mengatasi hal ini penggunaan BIM sangat diperlukan para perencana, manajemen konstruksi dan kontraktor agar lebih efisien dalam menyelesaikan tugas (Suermann dan Issa, 2009). BIM sering digunakan di proyek konstruksi karena kemampuannya untuk memberikan simulasi terhadap informasi teknis bangunan mengenai perkiraan biaya, material dan waktu penyelesaian. Hal ini menunjukkan bahwa BIM merupakan salah satu inovasi pertama yang melatarbelakangi konstruksi 4.0 (Osunsanmi dkk., 2018). Dalam keterkaitannya dengan risiko, BIM dapat mengurangi risiko keuangan, risiko terkait jadwal pelaksanaan, dan mengurangi risiko kesalahan dan kelalaian (Eastman dkk., 2011).

Dalam pencapaian ke arah teknologi, teknik pemrosesan data dengan pendekatan yang lebih efektif dikembangkan. Akan tetapi untuk kasus bahaya perlu diperhatikan, karena bahaya merupakan hasil dari beberapa faktor yang mempengaruhi (Bird dan Germain, 1990). Model *Bayesian Belief Network* (BBN) yang digunakan dalam dunia konstruksi difokuskan pada output dalam hal ini pengambilan keputusan (McCabe, 1998). Model ini juga dapat menggambarkan hubungan antara variabel secara kualitatif dan kuantitatif (Holický dkk., 2013). Selain itu *Bayesian Belief Network* (BBN) juga dapat digunakan dalam menghadapi ketidakpastian informasi, dan dapat digunakan untuk analisis keandalan dan kegagalan lingkungan yang kompleks (Langseth dan Portinale, 2007; Lee dkk., 2008). Oleh karena itu, pendekatan dapat dilakukan menggunakan

Bayesian Belief Network (BBN) untuk menggambarkan situasi/keadaan (dan hubungan antar keadaan) yang berpotensi bahaya.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan deskripsi latar belakang, perumusan masalah utama dalam penelitian ini adalah: Bagaimana sistem peringatan dini pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting saat pengecoran beton yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor berbasis integrasi *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM)?

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka tujuan utama pada penelitian ini adalah: Merancang sistem peringatan dini pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting saat pekerjaan pengecoran beton yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor berbasis integrasi *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta praktisi dalam pelaksanaan proyek konstruksi gedung, yaitu:

1. Bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem peringatan dini pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting berbasis integrasi *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM) dapat memberikan kontribusi di bidang perkembangan keilmuan.
2. Bagi praktisi, sistem peringatan dini berbasis integrasi *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM) dapat digunakan sebagai peringatan dini dalam pencegahan risiko pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting di lapangan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berfokus pada titik permasalahannya, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut.

1. Area penelitian adalah proyek konstruksi di Indonesia.
2. Proyek yang ditinjau adalah proyek bangunan gedung.
3. Hasil akhir berupa sistem peringatan dini berbasis integrasi *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penyusunan penelitian ini, tinjauan pustaka memberikan penjelasan mengenai beberapa kata atau istilah dan beberapa teori yang diuraikan melalui pemaparan definisi dan dasar teori. Selain itu, terdapat tinjauan dari penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi bagian dari pemikiran didalam penelitian ini. Bab ini juga menjelaskan tentang posisi penelitian terhadap penelitian-penelitian terdahulu.

2.1 Definisi dan Termonologi

Definisi dan terminologi yang ada dalam penelitian ini serta uraian penjelasannya dilakukan agar diperoleh pemahaman yang lebih dalam dan akurat pada masing-masing persepsi antara penulis dan pembaca. Maka, peneliti mendeskripsikan konten dari istilah atau kata-kata yang digunakan sesuai dengan makna yang disampaikan oleh penulis.

a. Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*)

Suatu sistem atau mekanisme yang dirancang untuk memperingatkan kemungkinan atau suatu masalah atau risiko yang akan datang (Batmaz dan Koksall, 2010).

b. Keselamatan (*Safety*)

Keselamatan merupakan suatu hal yang terkait dengan ancaman eksternal. Keselamatan berarti kebebasan dari bahaya dan cedera pada orang, dalam kegiatan konstruksi (Phoya, 2012).

c. Kualitas (*Quality*)

Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan (Goetsch dkk., 1995). Selain itu kualitas juga dianggap sebagai kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya (Juran, 1962).

d. Pekerjaan Sementara (*Temporary Work*)

Pekerjaan sementara adalah pekerjaan yang dilakukan agar memungkinkan pekerjaan permanen dilakukan dan akan dibongkar ketika pekerjaan permanen selesai (Illingworth, 1987).

e. *Scaffolding*

Scaffolding adalah konstruksi dari pipa baja (Frick dan Setiawan, 2002). *Scaffolding* adalah konstruksi sementara yang memungkinkan pelaksanaan konstruksi permanen setelahnya dan digunakan untuk membangun sesuatu yang lebih tinggi (Ratay, 1996).

f. Bekisting (*Formwork*)

Menurut Stephens (1985), *formwork* atau bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beban selama beton dituang dan dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Dikarenakan sebagai cetakan sementara, maka bekisting akan dilepas atau dibongkar apabila beton yang dituang telah mencapai kekuatan yang cukup.

g. Proyek

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umurnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan (Erviyanto, 2003).

h. Bangunan Gedung

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 24 tahun 2008 Bangunan Gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

i. Standar

Menurut Tilaar (2006) standar adalah sesuatu yang dapat diukur, karena sesuatu dapat diukur, maka akan tercapai efisiensi dan diketahui kualitas dari suatu benda.

j. Otomatisasi

Menurut Terry (2010) adalah pengaturan dengan satu mesin atau lebih yang dijalankan tanpa pengikutsertaan manusia, kecuali untuk pengoperasiannya.

2.2 Literature Review

Pada sub bab *literature review*, peneliti akan mengkaji *literature review* yaitu terkait sistem peringatan dini, keselamatan kerja, kualitas, serta kecelakaan kerja yang didalamnya terdapat bahaya, risiko, dan mitigasi, *temporary support* yang didalamnya terdapat *scaffolding* dan bekisting, *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM).

2.2.1 Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*)

Sistem peringatan dini (*early waring system*) adalah penyediaan informasi yang tepat waktu dan efektif, melalui identifikasi lembaga, yang memungkinkan individu yang terkena bahaya untuk mengambil tindakan guna menghindari atau mengurangi risiko mereka dan mempersiapkan respon yang efektif (ISDR, 2003).

Dalam hal membuat sistem peringatan dini yang efektif terdapat empat hal yang terintegrasi (ISDR, 2003):

1. Pengetahuan Risiko

Penilaian terhadap risiko yang dihadapi sangat penting, hal ini dibutuhkan untuk menetapkan prioritas untuk mitigasi dan strategi pencegahan, serta merancang sistem peringatan dini.

2. Pemantauan dan Prediksi

Sistem dengan kemampuan pemantauan dan prediksi memberikan perkiraan yang tepat waktu dari potensi risiko yang dihadapi masyarakat, ekonomi dan lingkungan.

3. Penyebaran Informasi

Sistem komunikasi dibutuhkan untuk menyampaikan pesan peringatan ke lokasi yang berpotensi terkena dampak, serta memberi tahu lembaga terkait. Pesan-pesan tersebut harus dapat diandalkan dan sederhana untuk dipahami oleh pihak yang terkait.

4. Respon

Koordinasi, tata kelola yang baik dari rencana aksi yang tepat adalah poin kunci dalam peringatan dini yang efektif. Demikian juga, kesadaran dan pendidikan merupakan aspek penting dari mitigasi risiko.

2.2.2 Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan kondisi yang bebas dari risiko kecelakaan dan kerusakan dimana mencakup tentang kondisi bangunan, kondisi mesin, peralatan keselamatan, dan kondisi kerja (Simanjuntak, 2011). Menurut Ridley (2008) keselamatan kerja berarti proses merencanakan dan mengendalikan situasi yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja melalui persiapan prosedur operasi standar yang menjadi acuan dalam bekerja.

Tujuan dari keselamatan kerja yaitu sebagai berikut (Setiawan, 2009):

- a. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional.
- b. Menjamin keselamatan setiap orang lain yang berada ditempat kerja.
- c. Sumber produksi dipelihara dan dipergunakan secara aman dan efisien.

Menurut (Mangkunegara, 2002), indikator penyebab keselamatan kerja adalah:

- a. Keadaan tempat lingkungan kerja, yang meliputi:
 - Penyusunan dan penyimpanan barang-barang yang berbahaya yang kurang di perhitungkan keamanannya.
 - Ruang kerja yang terlalu padat.
 - Pembuangan kotoran dan limbah yang tidak pada tempatnya.
- b. Pemakaian peralatan kerja, yang meliputi:
 - Pengaman peralatan kerja yang sudah usang atau rusak.
 - Penggunaan mesin, alat elektronik tanpa pengaman yang baik dan pengaturan penerangan.

Keselamatan kerja menunjuk pada perlindungan kesejahteraan fisik dengan tujuan mencegah terjadinya kecelakaan atau cedera yang terkait dengan pekerjaan. Program keselamatan yang dirancang dan dikelola dengan baik dapat memberikan

keuntungan yaitu mengurangi kecelakaan dan biaya-biaya terkait, seperti kompensasi para pekerja dan denda (Mathis dan Jackson, 2002).

Manajemen yang efektif membutuhkan sebuah komitmen organisasional pada kondisi bekerja yang aman. Inti dari manajemen keselamatan adalah komitmen organisasional pada usaha keselamatan yang komprehensif. Usaha ini harus dikoordinasikan dari manajemen tingkat atas untuk memasukkan semua anggota organisasi dan juga harus tercermin dalam tindakan manajerial (Ridley, 2008). Ada tiga pendekatan berbeda yang digunakan oleh para pemberi kerja dalam mengatur keselamatan. Teori dan konsep yang dikembangkan dalam pendekatan ini, antara lain (Mathis dan Jackson, 2002):

1. Pendekatan Organisasional

Banyak kecelakaan yang disebabkan faktor manajemen atau organisasi yang tidak kondusif sehingga mendorong terjadinya kecelakaan. Upaya keselamatan yang dilakukan dalam pendekatan organisasional antara lain:

- Merancang pekerjaan.
- Mengembangkan dan mengimplementasikan kebijakan keselamatan.
- Menggunakan komite-komite keselamatan.
- Mengkoordinasikan investigasi kecelakaan.

2. Pendekatan Teknis

Pendekatan teknis menyangkut pada kondisi fisik, peralatan/mesin, material, proses maupun lingkungan kerja yang tidak aman. Upaya keselamatan yang dilakukan dalam pendekatan teknis antara lain:

- Merancang lokasi dan peralatan kerja.
- Meninjau peralatan.
- Menerapkan prinsip-prinsip ergonomis.

3. Pendekatan Individual

Pendekatan secara individual didasarkan hasil statistik yang menyatakan bahwa 85% kecelakaan disebabkan oleh faktor manusia karena tindakan yang tidak aman. Karena itu untuk mencegah kecelakaan dilakukan berbagai upaya pembinaan manusia untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan,

sehingga kesadaran K3 meningkat. Upaya yang dilakukan dalam pendekatan ini antara lain:

- Memperkuat motivasi dan sikap keselamatan.
- Memberikan pelatihan dan keselamatan karyawan.
- Memberikan penghargaan keselamatan melalui program intensif.

2.2.3 Kualitas

Kualitas adalah sifat dan karakteristik produk atau jasa yang membuatnya memenuhi kebutuhan pelanggan atau pemakai (*customers*). Secara umum terdapat 4 spektrum mutu/ kualitas yakni kualitas perencanaan (*quality planning*), pemantauan kualitas (*quality control*), jaminan kualitas (*quality assurance*) dan pengembangan kualitas (*quality improvement*) (Cianfrani dkk., 2009).

Manajemen mutu/kualitas mengadopsi beberapa prinsip-prinsip manajemen, yang dapat diterapkan pada pusat manajemen perusahaan untuk menjadi pedoman bagi organisasi. Beberapa prinsip tersebut adalah sebagai berikut (Cianfrani dkk., 2009):

1. Fokus pada Keinginan Konsumen (*Customer focus*)

Suatu perusahaan dapat menjaga dan mengembangkan konsumennya, bilamana perusahaan dapat mengerti dan memahami tuntutan dan kebutuhan konsumen saat ini dan mendatang, sehingga berusaha memenuhi kebutuhan dan mencoba memenuhi ekspektasi konsumen adalah kuncinya.

2. Kepemimpinan (*Leadership*)

Para pemimpin dalam setiap unit dalam suatu organisasi perusahaan (penyedia jasa konstruksi) menyiapkan dan diarahkan untuk mengembangkan budaya kualitas. Mereka harus dapat mengkreasikan dan memelihara budaya kualitas dalam setiap lingkungan internal yang dipimpinnya, mendorong setiap anggota timnya untuk mencapai tujuan perusahaan yakni pencapaian target kualitas/mutu pekerjaan, dan dalam hal ini mencapai mutu/kualitas pekerjaan konstruksi.

3. Pengembangan Individu (*Involvement of people*)

Setiap individu baik karyawan maupun pemimpin pada setiap level perusahaan jasa konstruksi harus memahami budaya manajemen kualitas. Setiap

individu harus berusaha mengembangkan segala kemampuan dan kemungkinan yang dapat digunakan bagi keuntungan perusahaan.

4. Pendekatan Proses (*Process approach*)

Hasil yang buruk dapat dikurangi bila setiap aktivitas dan kebutuhan sumber daya (manusia, material/bahan/alat, waktu) dikelola dalam suatu organisasi perusahaan sebagai suatu proses.

5. Pendekatan Sistem pada Manajemen (*System approach to management*)

Suatu organisasi perusahaan dapat efektif dan efisien dalam mengembangkan target dan tujuan mutu/kualitas yang merupakan kontribusi dari tahap identifikasi, pemahaman dan pengelolaan semua proses yang saling terkait sebagai suatu sistem.

6. Terus Berkembang (*Continual improvement*)

Salah satu target tujuan kualitas/mutu secara permanen dari suatu organisasi adalah terus mengembangkan kinerja pencapaian mutu semua aktivitasnya.

7. Perumusan Keputusan Berdasarkan Pendekatan Fakta (*Factual approach to decision making*)

Keputusan-keputusan yang efektif adalah beranjak dari analisis data dan informasi yang benar.

8. Membangun Hubungan yang Saling Menguntungkan dengan Suplier (*Mutually beneficial supplier relationships*)

Sejak hubungan antara suatu perusahaan (penyedia jasa konstruksi) dan supliernya adalah *interdependent*, maka perlu dikembangkan hubungan yang saling menguntungkan diantara keduanya untuk memungkinkan pengembangan meningkatkan *value* keduanya.

2.2.4 Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga yang dapat menimbulkan korban jiwa dan harta benda (Peraturan Menteri Tenaga Kerja (Permenaker) Nomor: 03/Men/1998). Menurut (OHSAS 18001, 2007) dalam (Shariff, 2007), kecelakaan kerja adalah suatu kejadian tiba-tiba yang tidak diinginkan yang mengakibatkan kematian, luka-luka, kerusakan harta benda atau kerugian waktu.

Kecelakaan kerja merupakan risiko yang dihadapi oleh setiap tenaga kerja yang melakukan pekerjaan, dengan kerugian tidak hanya korban jiwa dan materi bagi pekerja dan pengusaha, tetapi juga dapat mengganggu proses produksi secara keseluruhan dan merusak lingkungan, yang pada akhirnya berdampak langsung dengan masyarakat sekitar. Kecelakaan dapat terjadi karena kondisi alat atau material yang kurang baik atau berbahaya. Kecelakaan juga dapat dipicu oleh kondisi lingkungan kerja yang tidak aman. Disamping itu, kecelakaan juga dapat bersumber dari manusia yang melakukan kegiatan di tempat kerja dan menangani alat atau material. Faktor penyebab kecelakaan kerja dikategorikan menjadi dua (Ramli, 2010):

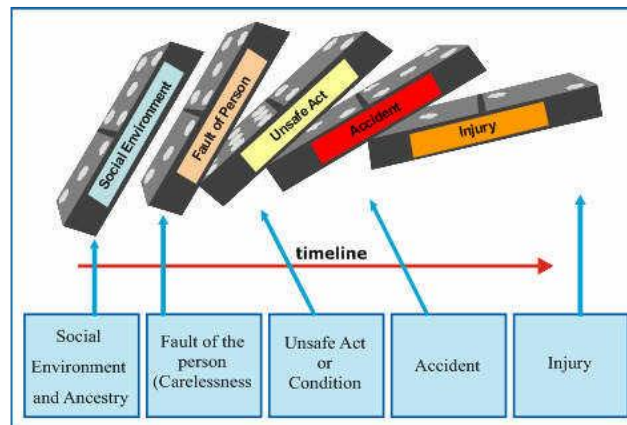
1. Kecelakaan yang disebabkan oleh tindakan manusia yang tidak melakukan tindakan penyelamatan (*unsafe act*) misalnya tidak mau menggunakan alat keselamatan dalam bekerja, melepas alat pengaman atau bekerja sambil bergurau. Tindakan ini dapat membahayakan dirinya atau orang lain yang dapat berakhir dengan kecelakaan.
2. Kecelakaan yang disebabkan oleh keadaan lingkungan kerja yang tidak aman (*unsafe condition*) yaitu kondisi di lingkungan kerja baik alat, material atau lingkungan yang tidak aman dan membahayakan. Contohnya: penerangan, sirkulasi udara, temperatur, kebisingan, getaran, penggunaan indikator warna, tanda peringatan, sistem upah, jadwal kerja, dan lain-lain.

Teori kecelakaan kerja adalah suatu kejadian tiba-tiba yang tidak diinginkan yang mengakibatkan kematian, luka-luka, kerusakan harta milik atau kerugian waktu. Menurut Goetsch (2011) dalam buku *Occupational and Health for Technologist, Engineers, and Manager* menyebutkan bahwa kecelakaan menjadi perhatian bagi pembuat kebijakan K3, karena selain untuk mencegah kecelakaan mereka juga perlu mengetahui penyebab kecelakaan. Beberapa teori terkait dengan kecelakaan kerja antara lain:

1. Teori domino

Menurut H.W. Heinrich kejadian sebuah cedera disebabkan oleh bermacam-macam faktor yang terangkai, dimana pada akhir dari rangkaian itu adalah cedera (*loss*). Kecelakaan yang menimbulkan cedera disebabkan secara langsung oleh perilaku yang tidak aman dan atau potensi bahaya mekanik atau fisik. Prinsip dasar

tersebut kemudian dikenal dengan “Teori Domino”, dimana Heinrich menggambarkan seri rangkaian terkadanya kecelakaan seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



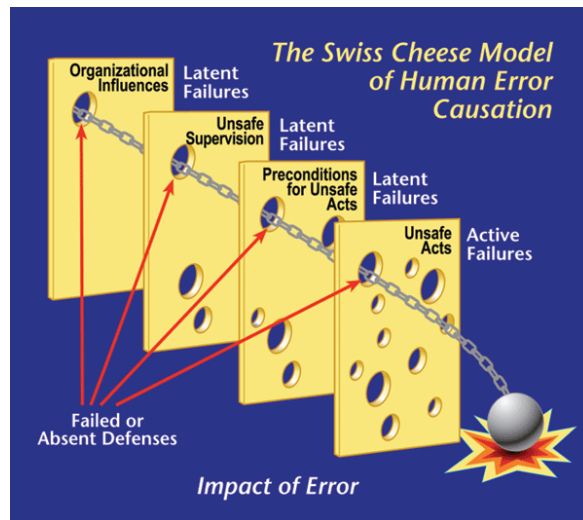
Gambar 2.1 Teori Domino
(Setyaningrum, 2011)

2. *Teori Swiss Cheese*

Di teori ini, James Reason membagi penyebab kelalaian atau kesalahan manusia menjadi 4 tingkatan:

1. Tindakan tidak aman (*unsafe acts*)
2. Pra-kondisi yang dapat menyebabkan tindakan tidak aman (*preconditions for unsafe acts*)
3. Pengawasan yang tidak aman (*unsafe supervision*)
4. Pengaruh organisasi (*organizational influences*).

Dalam *Swiss Cheese Model*, berbagai macam tipe dari kesalahan manusia ini merepresentasikan lubang pada sebuah keju. Jika keempat keju ini (*unsafe act, preconditions for unsafe acts, unsafe supervisions, and organizational influences*) sama-sama mempunyai lubang, maka kecelakaan menjadi tak terhindarkan, ditunjukkan seperti **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Teori *Swiss Cheese*
(Setyaningrum, 2011)

3. *Human Factors Theory*

Menurut Goetsch (2011) teori *human factor* menyebutkan kecelakaan disebabkan karena kesalahan manusia. Teori ini dikembangkan oleh Ferrel, terdapat tiga faktor yang menyebabkan kesalahan manusia yaitu: *overload*, *inappropriate response* dan *incompatibility* dan *inappropriate activities*.

- a. *Overload* adalah ketidakseimbangan antara beban kerja dan kapasitas yang dimiliki pekerja dalam melakukan pekerjaan. Selain beban kerja individu, terdapat juga beban tambahan dari faktor lingkungan (contohnya kebisingan dan gangguan lainnya), faktor internal (contohnya masalah pribadi, stress emosional, rasa cemas, dan lain (misalnya tingkat risiko, instruksi yang tidak jelas, dan lain-lain)
- b. Respon yang tidak tepat adalah bagaimana seseorang menghadapi situasi yang dapat mengakibatkan kecelakaan. Bila seseorang mendeteksi adanya bahaya namun tidak melakukan apa-apa untuk mencegahnya, maka berarti dia telah melakukan respon yang tidak tepat.
- c. Aktifitas yang tidak tepat adalah ketidaktahuan seseorang dalam melakukan pekerjaan. Contohnya seseorang yang mengerjakan suatu pekerjaan namun orang tersebut belum terlatih untuk melakukan pekerjaan tersebut.

4. Accident/Incident Model

Teori ini dikembangkan oleh Dan Petersen. Teori ini merupakan pengembangan dari Ferrel's *Human Factor Theory* dan *Heinrich/s Domino Theory*. Menurut Petersen, *human error* terjadi karena *overload*, *ergonomic traps*, dan *decision to error*. *Human error* dapat menjadi penyebab langsung terjadinya kecelakaan atau dapat menyebabkan kegagalan sistem yang akhirnya juga dapat menyebabkan kecelakaan.

Komponen kegagalan sistem adalah kontribusi yang penting menurut teori Peterson. Pertama, hal ini menunjukkan potensi hubungan penyebab antara keputusan manajemen atau perilaku manajemen dan keselamatan. Kedua, membangun peran manajemen dalam mencegah kecelakaan seperti konsep keselamatan dan kesehatan di tempat kerja. Kegagalan tersebut dapat disebabkan karena manajemen tidak membangun kebijakan keselamatan, tanggung jawab yang berkaitan dengan keselamatan tidak ditentukan secara jelas, prosedur keselamatan seperti standar, inspeksi, pengukuran, investigasi diabaikan, pekerja tidak diberikan pelatihan (Goetsch, 2011).

2.2.2.1 Bahaya

Canadian Centre for Occupational Health and Safety (2009) menjelaskan bahwa ada banyak definisi mengenai bahaya, namun istilah ini akan menjadi sangat umum saat dibicarakan pada keselamatan dan kesehatan ditempat kerja dimana suatu bahaya (*hazard*) bisa menjadi sumber dari potensi kerusakan, gangguan efek kesehatan yang mempengaruhi sesuatu atau seseorang di bawah kondisi-kondisi tertentu ditempat kerja (*workplace*).

Menurut Taylor (2004) pada buku *Enhancing Occupational Safety and Health* definisi dari bahaya adalah segala sesuatu atau kondisi yang berpotensi menyebabkan kecelakaan atau membahayakan kesehatan atau sumber potensial yang dapat merusak energi.

Dalam kehidupan banyak sekali bahaya yang ada di sekitar kita. Bahaya-bahaya itu dapat menyebabkan kecelakaan. Menurut Ramli (2010), jenis-jenis bahaya itu antara lain:

1. Bahaya mekanis

Bahaya mekanis bersumber dari peralatan mekanis atau benda yang bergerak dengan gaya mekanika, baik yang digerakkan secara manual maupun dengan penggerak. Misalnya mesin gerinda, bubut, popong, press, tempa.

Bagian yang bergerak pada mesin mengandung bahaya seperti gerakan mengebor, memotong, menempa, menjepit, menekan dan bentuk gerakan lainnya. Gerakan mekanis ini dapat menimbulkan cedera atau kerusakan seperti tersayat, terjepit, terpotong, atau terkupas.

2. Bahaya listrik

Sumber bahaya yang berasal dari energi listrik. Energi listrik dapat mengakibatkan berbagai bahaya seperti kebakaran, sengatan listrik, dan hubungan singkat. Di lingkungan kerja banyak ditemukan bahaya listrik, baik dari jaringan listrik maupun peralatan kerja atau mesin yang menggunakan energi listrik.

3. Bahaya Kimiawi

Jenis bahaya yang bersumber dari senyawa atau unsur atau bahan kimia. Bahan kimia mengandung berbagai potensi bahaya sesuai dengan sifat dan kandungannya. Banyak kecelakaan terjadi akibat bahaya kimiawi. Bahaya yang dapat ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia antara lain:

- Keracunan oleh bahan kimia yang bersifat racun
- Iritasi oleh bahan kimia yang memiliki sifat iritasi seperti asam kuat, dll.
- Kebakaran dan ledakan.
- Polusi dan pencemaran lingkungan.

4. Bahaya Fisik

Bahaya yang berasal dari faktor-faktor fisik seperti:

- Bising
- Tekanan
- Getaran
- Suhu panas atau dingin
- Cahaya atau penerangan
- Radiasi dari bahan radioaktif, sinar ultra violet atau inframerah.

5. Bahaya Biologis

Di berbagai lingkungan kerja terdapat bahaya yang bersumber dari unsur biologis seperti flora fauna yang terdapat di lingkungan kerja atau berasal dari aktifitas kerja. Potensi bahaya ini ditemukan dalam industri makanan, farmasi, pertanian, pertambangan, minyak dan gas bumi (Ramli, 2010).

6. Bahaya Ergonomi

Bahaya yang disebabkan karena desain kerja, penataan tempat kerja yang tidak nyaman bagi pekerja sehingga dapat menimbulkan kelelahan pada pekerja.

7. Bahaya Psikologis

Bahaya yang disebabkan karena jam kerja yang panjang, *shift* kerja yang tidak menentu, hubungan antara pekerja yang kurang baik. Hal ini juga dapat ditimbulkan karena faktor stress berupa pembagian pekerjaan yang tidak proporsional, serta mengabaikan kehidupan sosial pekerja (Kurniawidjaja, 2010).

2.2.2.2 Risiko

Menurut *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* (2009) risiko merupakan kemungkinan atau kesempatan seseorang akan dirugikan atau mengalami gangguan kesehatan jika terkena bahaya. Dalam hal ini juga termasuk properti atau kehilangan peralatan.

Menurut Ramli (2010), risiko yang dihadapi oleh suatu organisasi atau perusahaan dipengaruhi oleh berbagai faktor baik dari dalam maupun dari luar. Oleh karena itu, risiko dalam organisasi sangat beragam sesuai dengan sifat, lingkup, skala, dan jenis kegiatannya antara lain:

1. Risiko keuangan (*financial risk*)

Setiap organisasi atau perusahaan mempunyai risiko *financial* yang berkaitan dengan aspek keuangan. Ada berbagai risiko *financial* seperti piutang macet, perubahan suku bunga, nilai tukar mata uang dan lain-lain. Risiko keuangan ini harus dikelola dengan baik agar organisasi tidak mengalami kerugian atau bahkan sampai gulung tikar.

2. Risiko pasar (*market risk*)

Risiko pasar dapat terjadi terhadap perusahaan yang produknya dikonsumsi atau digunakan secara luas oleh masyarakat. Setiap perusahaan mempunyai

tanggung jawab terhadap produk dan jasa yang dihasilkannya. Perusahaan wajib menjamin bahwa produk barang atau jasa yang diberikan aman bagi konsumen. Dalam Undang-undang No. 8 tahun 1986 tentang Perlindungan Konsumen memuat tentang tanggung jawab produsen terhadap produk dan jasa yang dihasilkannya termasuk keselamatan konsumen atau produk (*product safety* atau *product liability*).

3. Risiko alam (*natural risk*)

Bencana alam merupakan risiko yang dihadapi oleh siapa saja dan dapat terjadi setiap saat tanpa bisa diduga waktu, bentuk dan kekuatannya. Bencana alam dapat berupa angin topan atau badai, gempa bumi, tsunami, tanah longsor, banjir, dan letusan gunung berapi. Disamping korban jiwa, bencana alam juga mengakibatkan kerugian materil yang sangat besar yang memerlukan waktu pemulihan yang lama.

4. Risiko operasional

Risiko dapat berasal dari kegiatan operasional yang berkaitan dengan bagaimana cara mengelola perusahaan yang baik dan benar. Perusahaan yang memiliki sistem manajemen yang kurang baik mempunyai risiko untuk mengalami kerugian. Risiko operasional suatu perusahaan tergantung dari jenis, bentuk dan skala bisnisnya masing-masing. Yang termasuk kedalam risiko operasional antara lain:

a. Ketenagakerjaan

Tenaga kerja merupakan asset paling berharga dan menentukan dalam operasi perusahaan. Pada dasarnya perusahaan telah mengambil risiko yang berkaitan dengan ketenagakerjaan ketika perusahaan memutuskan untuk menerima seseorang bekerja. Perusahaan harus membayar gaji yang memadai bagi pekerjanya serta memberikan jaminan sosial yang diwajibkan menurut perundangan. Di samping itu perusahaan juga harus memberikan perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja serta membayar tunjangan jika tenaga kerja mendapat kecelakaan.

Tenaga kerja merupakan salah satu unsur yang dapat memicu atau menyebabkan terjadinya kecelakaan atau kegagalan dalam proses produksi. Mempekerjakan pekerja yang tidak terampil, kurang pengetahuan, sembrono atau lalai dapat menimbulkan risiko yang serius terhadap keselamatan.

b. Teknologi

Aspek teknologi di samping bermanfaat untuk meningkatkan produktivitas juga mengandung berbagai risiko. Penggunaan mesin modern misalnya dapat menimbulkan risiko kecelakaan dan pengurangan tenaga kerja. Teknologi juga bersifat dinamis dan terus berkembang dengan inovasi baru. Perusahaan yang buta terhadap perkembangan teknologi akan mengalami kemunduran dan tidak mampu bersaing dengan perusahaan lain yang menggunakan teknologi yang lebih baik.

c. Risiko K3

Risiko K3 adalah risiko yang berkaitan dengan sumber bahaya yang timbul dalam aktivitas bisnis yang menyangkut aspek manusia, peralatan, material dan lingkungan kerja. Umumnya risiko K3 dikonotasikan sebagai hal yang negatif (*negative impact*) seperti:

- Kecelakaan terhadap tenaga kerja dan asset perusahaan.
- Kebakaran dan peledakan.
- Penyakit akibat kerja.
- Kerusakan sarana produksi.
- Gangguan operasi.

5. Risiko keamanan (*security risk*)

Masalah keamanan dapat berpengaruh terhadap kelangsungan usaha atau kegiatan suatu perusahaan seperti pencurian asset perusahaan, data informasi, data keuangan, formula produk, dll. Di daerah yang mengalami konflik, gangguan keamanan dapat menghambat atau bahkan menghentikan kegiatan perusahaan. Risiko keamanan dapat dikurangi dengan menerapkan sistem manajemen keamanan dengan pendekatan manajemen risiko. Manajemen keamanan dimulai dengan melakukan semua potensi risiko keamanan yang ada dalam kegiatan bisnis, melakukan penilaian risiko dan selanjutnya melakukan langkah pencegahan dan pengamanannya.

6. Risiko sosial

Risiko sosial adalah risiko yang timbul atau berkaitan dengan lingkungan sosial dimana perusahaan beroperasi. Aspek sosial budaya seperti tingkat kesejahteraan, latar belakang budaya dan pendidikan dapat menimbulkan risiko baik yang positif maupun negatif. Budaya masyarakat yang tidak peduli terhadap aspek keselamatan akan mempengaruhi keselamatan operasi perusahaan (Ramli, 2010).

2.2.5 *Temporary Support*

Seluruh konstruksi besar atau kecil, akan membutuhkan pekerjaan sementara. Pekerjaan sementara dapat didefinisikan sebagai konstruksi yang dibutuhkan agar memungkinkan untuk mengerjakan pekerjaan permanen. Pekerjaan sementara biasanya akan selesai jika tidak digunakan lagi. Namun, pada beberapa situasi pekerjaan ini tetap menjadi bagian dari struktur permanen, contohnya bekisting permanen (Illingworth, 1987). Dalam dunia konstruksi, struktur sementara (seperti *scaffolding* dan bekisting) sering digunakan dan berdampak pada keselamatan dan produktivitas proyek (OSHA, 2013; Ratay, 1996).

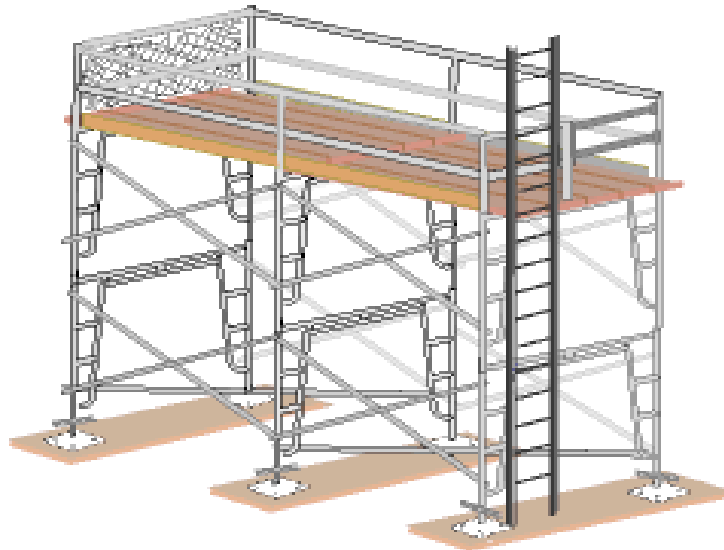
2.2.3.1 *Scaffolding*

Scaffolding telah digunakan selama 5000 tahun untuk menyediakan akses untuk membangun dan mendekorasi struktur yang lebih tinggi daripada orang yang mengerjakannya (Ratay, 1996). Kata *scaffolding* mengacu pada platform atau jalan yang ditinggikan yang digunakan untuk masuk atau keluar untuk pergerakan orang atau material bangunan (Ratay, 1996).

Menurut OSHA (2013), *scaffolding* terdiri atas 2 jenis, diantaranya:

a. *Supported Scaffold*

Terdiri dari satu atau lebih platform yang didukung oleh komponen yang kaku dan menahan beban, seperti tiang, kaki, rangka, cadik, dll yang ditopang pada pelat dasar atau pondasi kokoh yang memadai.

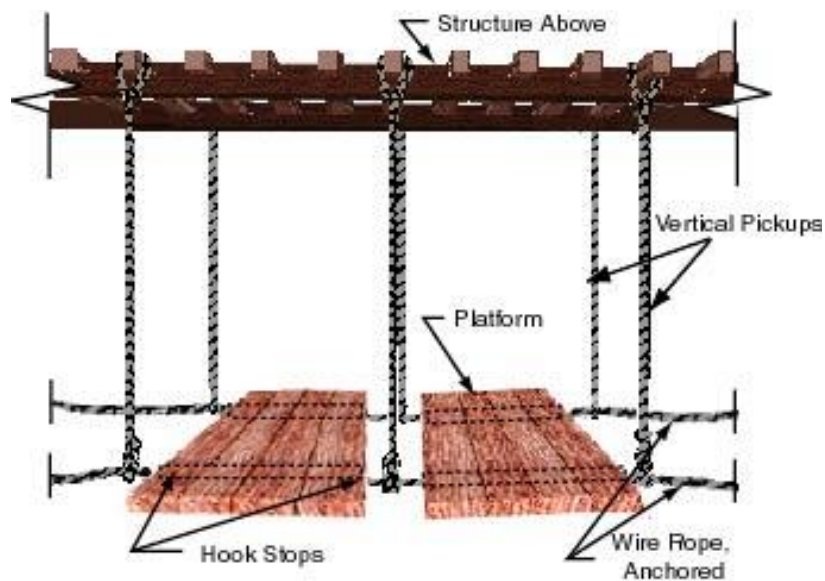


Gambar 2.3 *Supported Scaffolds*

(OSHA, 2013)

b. *Suspended Scaffolds*

Merupakan satu atau lebih platform ditanggihkan dengan menggunakan tali atau pendukung yang tidak kaku. Seluruh *scaffolding* suspensi harus diikatkan untuk mencegah bergoyang pada struktur yang mampu mendukung setidaknya 4 kali beban pada *scaffolding* saat beroperasi.



Gambar 2.4 *Suspended Scaffolds*

(OSHA, 2013)

Setiap komponen *scaffolding* dan *scaffolding* harus mendukung tanpa kegagalan beratnya sendiri dan setidaknya 4 kali beban maksimum yang akan diterima (OSHA, 2013). Faktor keamanan yang diterapkan pada beban maksimum yaitu total muatan seluruh pekerja, peralatan dan bahan (Ratay, 1996). Sesuai dengan kriteria OSHA dan ANSI dan praktik umum selama bertahun-tahun, beban desain *scaffolding* dapat dikategorikan sebagai berikut:

a. Beban Ringan

Beban kerja maksimum 25 lb/ft (1200 N/m²) untuk mendukung orang dan alat (tidak ada peralatan atau penyimpanan material di platform).

b. Beban Sedang

Beban kerja maksimum 50 lb/ft (2400 N/m²) untuk orang dan material yang dibatasi agar tidak melebihi kapasitas ini. Biasanya untuk pekerjaan tukang pasangan bata dan plester, tetapi tidak dibatasi ada pekerjaan ini.

c. Beban Berat

Beban kerja maksimum 75 lb/ft (3600 N/m²) untuk orang dan material yang disimpan di atasnya.

Bahaya utama saat bekerja dengan *scaffolding* adalah (IHSA, 2017):

a. Pemasangan dan Pembongkar *Scaffolding*

Antara 15%-20% cedera saat pemasangan dan pembongkaran *scaffolding*. Masalah paling umum yaitu platform kerja yang tidak memadai untuk digunakan pekerja saat akan memasang *scaffolding* di atasnya. Hal ini dikarenakan tidak terpasangnya komponen yang diperlukan, sehingga *scaffolding* menjadi kurang stabil dan dapat menyebabkan seseorang jatuh dari platform. Hal ini lebih sering terjadi ketika platform hanya satu atau dua papan dan tidak terdapat pagar, seperti yang sering terjadi pada proses pemasangan dan pembongkaran *scaffolding* selama ini.

b. Naik dan turun *scaffolding*

Sekitar 15% dari cedera terkait *scaffolding* terjadi ketika pekerja naik dan turun. Naik dan turun melalui frame *scaffolding*/pengaku telah mengakibatkan banyak cedera dan kematian. Untuk mencegah hal ini, berikan tangga atau *scaffolding* yang memadai dengan terdapatnya tangga untuk

digunakan pekerja. Selain itu, pekerja harus menggunakan teknik pendakian yang tepat (*3-point contact*).

c. Papan meluncur atau patah

Banyak cedera pada pekerjaan dengan *scaffolding* yang diakibatkan oleh papan. Jika tidak ada papan *scaffolding* atau papan *scaffolding* yang buruk akan menyebabkan mudah tergelincir bahkan patah jika beban yang diterima melebihi kapasitasnya. Oleh karena itu penting memperhatikan papan *scaffolding*.

d. Muatan yang tidak tepat

Kelebihan muatan pada papan *scaffolding* akan menyebabkan defleksi yang berlebihan. Selain itu jika material berat dibiarkan menggantung pada papan *scaffolding* akan menyebabkan *scaffolding* tidak stabil, sehingga *scaffolding* dapat terbalik.

e. Papan tidak sepenuhnya

Scaffolding yang tidak sepenuhnya di beri papan dapat menyebabkan cedera, tidak hanya saat pemasangan dan pembongkaran tetapi juga selama penggunaan *scaffolding*. Peraturan mensyaratkan bahwa semua papan *scaffolding* setidaknya harus memiliki lebar 460 mm (18 in.) Dan semua platform di atas 2,4 m (8 kaki) harus sepenuhnya diberi pagar keamanan.

f. Papan tanpa pagar

Papan *scaffolding* tanpa pagar merupakan masalah keselamatan yang serius dalam konstruksi. Pagar merupakan sebuah langkah pencegahan jatuh yang penting, tidak hanya untuk papan pada ketinggian tetapi juga untuk yang rendah. Lebih dari sepertiga jatuh dari *scaffolding* dengan platform yang memiliki tinggi kurang dari 3 m (10 kaki). Karena itu, pagar pembatas direkomendasikan selama penggunaan normal untuk semua *scaffolding* platform dengan tinggi lebih dari 1,5 m (5 kaki). Pagar untuk semua platform kerja harus terdiri atas *top-rail*, *mid-rail* dan *toeboard*.

g. Kegagalan memasang semua komponen yang diperlukan seperti *base plates*, *connections* dan *braces*

Kegagalan dalam pemasangan semua komponen *scaffolding* adalah masalah keamanan yang serius. Seringkali kegagalan terjadi saat memasang

base plates, connections dan *braces*. Pemasangan *scaffolding* harus memiliki semua komponen yang diperlukan dan harus menggunakannya untuk memastikan *scaffolding*nya aman.

h. Memindahkan *scaffolding* dekat dengan aliran listrik

Penggunaan *scaffolding* sangat jarang kontak langsung dengan aliran listrik, akan tetapi jika hal ini terjadi akan berakibat fatal. Kegagalan dalam menjaga jarak dari kabel listrik ke peracah adalah masalah utama. Saat akan memindahkan *scaffolding* ke area terbuka, harus dipastikan disekitarnya tidak terdapat kabel listrik. Pekerja yang menangani material dan peralatan pada papan *scaffolding* juga harus berhati-hati untuk menghindari kontak listrik. Jarak minimum *scaffolding* ke aliran listrik dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Jarak minimum *scaffolding* ke aliran listrik

Tegangan (Volt)	Jarak Minimum (m)
750 – 150000	3
150001 – 250000	4.5
>250000	6

2.2.3.2 Bekisting (*Formwork*)

Bekisting merupakan struktur sementara klasik dimana dapat didirikan dengan cepat, dimuat selama beberapa jam selama beton dituang dan dilepas beberapa hari untuk kemudian digunakan kembali (Ratay, 1996). Selain itu juga memiliki sifat sementara dalam hal koneksi, pengaku dan perangkat penyetelan dan penyesuaian yang diperlukan (Ratay, 1996). Struktur bekisting harus terintegrasi dengan sistem ikatan untuk dapat menahan tekanan beton, selain itu juga dapat dipasang dengan cepat serta pembongkaran yang mudah (Ratay, 1996).

Menurut Ratay (1996) kekuatan bekisting harus sangat dipertimbangkan karena bekisting akan mengalami tekanan yang diberikan oleh beton segar yang tergantung pada kepadatan beton dan ketinggian penuangan. Ketika pengaplikasian beton dengan cara dipompa akan menghasilkan tekanan tambahan yang tergantung

pada campuran beton, pompa dan batasan aliran. Kecepatan pompa yang berlebihan akan menekan bekisting secara berlebihan, sehingga menyebabkan kegagalan.

Bahaya utama dalam pengoperasian bekisting:

a. Jatuh

Jatuh merupakan bahaya utama karena berpotensi fatal. Area kerja yang sempit, akses tidak memadai, kegagalan untuk menginstal pagar pembatas, kegagalan untuk menggunakan perlindungan jatuh, dan permukaan bekisting yang licin, merupakan hal yang dapat menyebabkan jatuh.

b. Penanganan material

Penanganan material merupakan kegiatan yang paling sering terhubung dengan cedera. Penanganan material yang tidak tepat atau berlebihan dapat menyebabkan keseleo, regangan, dan jika terlalu banyak bekerja pada bahu, lengan, dan punggung, akan mengalami memar, lecet, dan lain-lain.

c. Tertusuk

Tertusuk sangat umum terjadi karena pekerjaan bekisting terus berubah dan melibatkan gerakan berat, canggung, dan komponen yang runcing. Wales, balok, panel, snap-ties, paku, baut, dan rebar dapat menyebabkan tusukan, luka, memar, dan lecet.

d. Tertimpa/Terpukul

Tertimpa atau terpukul merupakan penyebab umum lain dari cedera. Rebar, panel bekisting, ember beton, dan material lain yang diangkat dapat menimpa pekerja. Cedera juga bisa disebabkan oleh palu, pasak, dan material seperti balok dan panel selama pelepasan bekisting.

e. Kontak listrik

Alat-alat listrik, kabel ekstensi, dan kabel sementara, jika digunakan dalam kondisi yang kurang ideal, dimana kondisi berlumpur, terkena air tanah, penggalian basah, pada beton segar bisa mengarah ke arus pendek dan bahaya kejut. Pemutus aliran listrik diperlukan untuk alat portabel yang digunakan di luar atau dalam lokasi basah.

f. Runtuh

Bahkan dengan metode canggih pada desain dan instalasi, bekisting tetap memiliki risiko, pada pekerjaan slab, dinding, dan komponen besar lainnya bisa lepas, terlepas dari penempatannya, atau jatuh, sehingga dapat melukai pekerja di bawahnya.

g. Bahaya kesehatan

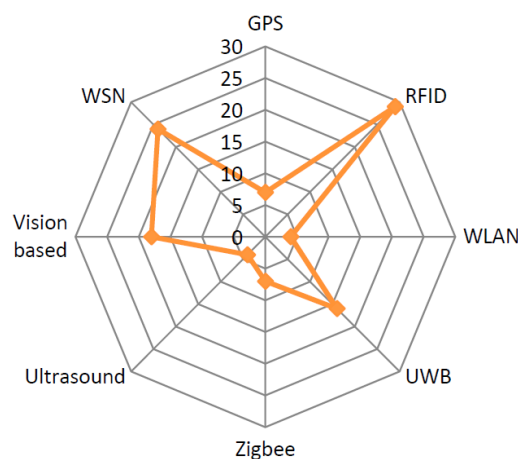
Penyemprotan minyak dan bentuk senyawa pengawet dapat mengiritasi paru-paru. Kontak dengan bahan kimia ini bisa mengiritasi kulit, membuat kemerahan, radang, atau dermatitis. Kondisi yang sama dapat dihasilkan dari abrasif / efek korosif dari kontak kulit dengan beton atau semen, terutama ketika tidak sengaja tertinggal di dalam sepatu bot sepanjang hari.

h. Kondisi lingkungan

Hujan membuat kondisi yang licin. Serta angin bisa menjadi bahaya besar. Mengerjakan lembaran kayu lapis menjadi lebih sulit, papan perlu lebih kuat, dan mengangkat semakin sulit, terutama papan yang lebih besar.

2.2.6 Sensor dalam Keselamatan Konstruksi

Distribusi teknologi berbasis sensor yang diterapkan dalam manajemen keselamatan konstruksi ditampilkan seperti pada **Gambar 2.5**



Gambar 2.5 Tren aplikasi teknologi berbasis sensor

(Zhang dkk., 2017)

Menurut Zhang dkk. (2017) teknik yang paling banyak digunakan adalah RFID, dimana 29 studi dilakukan. *Wireless sensor networks* (WSNs) berada di peringkat kedua (24 kali), diikuti *vision-based sensing* (18 kali) dan UWB (16 kali). Teknik yang paling jarang digunakan adalah WLAN dan *ultrasound*. Berdasarkan persentase, *RF locating sensor-based technology* (RFID dan UWB) mencapai 41,28%, diikuti oleh sensor dan WSN (22,02%) dan *vision-based sensing* (16,51%). Di antara ketiga teknologi berbasis sensor ini, sensor dan WSN adalah teknologi canggih yang berada dalam tahap transisi dari pengembangan hingga saat ini, sedangkan *RF locating sensor-based technology* adalah teknologi yang paling matang dan memiliki teknik yang luas, sehingga menarik dan banyak mendapat perhatian. Sedangkan *vision-based sensing* adalah sebuah teknik tradisional, memiliki potensi untuk diterapkan ke bidang baru.

A. Teknologi Sensor Berbasis Lokasi

❖ GPS

GPS, yaitu sistem penentuan posisi global. Karena kapasitasnya menyediakan koordinat 3D termasuk titik, garis, dan pesawat secara cepat, akurat dan efisien dalam segala kondisi cuaca, telah banyak digunakan dalam berbagai kondisi bidang, misalnya, geodesi, fotogrametri, survei dan pemetaan kelautan. GPS juga telah dipromosikan dalam manajemen keselamatan konstruksi dalam beberapa dekade terakhir. Selain kegunaannya dalam rekayasa survei dan pemantauan deformasi pada bangunan atau komponen bangunan, telah dikembangkan di pemantauan keamanan konstruksi bangunan, termasuk peralatan mesin dan bahan konstruksi. GPS cocok untuk melacak objek di lingkungan luar, namun tidak berfungsi dengan baik di dalam ruangan dengan rintangan seperti ruang bawah tanah, terowongan, gorong-gorong, dll (Zhang dkk., 2017).

❖ RFID

RFID adalah kependekan dari identifikasi frekuensi radio, yang mengidentifikasi target spesifik melalui sinyal radio. RFID dapat membaca dan menulis data yang sesuai tanpa kontak mekanis atau optik dengan sistem identifikasi. RFID terdiri dari tag, pembaca, dan antena (Domdouzis dkk., 2007). Karena dapat menemukan satu atau beberapa target tepat di lingkungan dalam

ruangan yang statis atau dinamis, RFID telah banyak digunakan di manajemen keselamatan konstruksi, seperti AD, HI, ISM dan AFS. Razavi dan Moselhi (2012) menunjukkan kesalahan posisi rata-rata adalah sekitar 1,3 m di dalam ruangan lingkungan. Dalam praktiknya, keakuratan RFID dapat lebih ditingkatkan dengan menambahkan algoritma yang relevan atau mengadopsi metode penempatan yang berbeda (Montaser dan Moselhi, 2014).

❖ WLAN

Jaringan area lokal nirkabel (WLAN) adalah sistem transisi data yang menggunakan teknologi RF. WLAN dapat mengakses jaringan di lokasi mana pun dalam area jangkauan sinyal nirkabel dan menghitung posisi target dari kekuatan sinyal yang terdeteksi. Sistem penentuan posisi berdasarkan WLAN membutuhkan penyebaran pemancar sinyal nirkabel, dan target harus berada di area jangkauan sinyal, sehingga membatasi kegunaannya di lokasi konstruksi yang dinamis dan rumit. Soibelman dkk. (2012) melaporkan bahwa kesalahan penentuan posisi berkisar antara 1,5 m hingga 4,57 m dengan tingkat kredibilitas 95% untuk statis target dan sekitar 7,62 m untuk target dinamis dengan tingkat kredibilitas 95%.

❖ UWB

Ultra-wideband (UWB) adalah teknik pemosisian nirkabel yang baru dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Ini memiliki potensi aplikasi yang baik di bidang pemosisian dalam ruangan nirkabel. UWB memanfaatkan sinyal ultra-wideband yang cocok untuk transisi nirkabel berkecepatan tinggi dan jarak pendek rentang spektrum luas (Jachimczyk dkk., 2017). Dibandingkan dengan sistem transisi pita sempit lainnya, ia kurang rentan terhadap interferensi multipath, sehingga memiliki kemampuan pelacakan *real-time* untuk banyak target dengan kecepatan tinggi. Sejauh ini, telah digunakan di berbagai bidang termasuk AP, SD, HI dan ST & E. Secara umum, kesalahan penentuan posisi rata-rata adalah sekitar 0,5 m (Li dkk., 2016) dan akurasi dapat mencapai tingkat sentimeter di lingkungan dalam ruangan.

❖ Zigbee

Zigbee adalah teknik komunikasi nirkabel dua arah dengan karakteristik jarak pendek, kompleksitas rendah, konsumsi energi rendah, kecepatan transisi rendah dan biaya rendah (Cheon dkk., 2016). Ini terutama digunakan untuk transisi data di antara berbagai perangkat elektronik. Negara lain mengeksplorasi potensi aplikasinya dengan menggabungkannya dengan teknik penentuan posisi lainnya seperti RFID dan WSN daripada penggunaan Zigbee sendirian di AP, AFS, dll. Shen dkk. (2012) merancang sistem otomatis penentuan posisi *tunnel-boring-machine* berdasarkan Zigbee dan menguji kinerjanya. Tes itu dilakukan oleh sistem yang dirancang dan surveyor spesialis secara independen. Perbedaan antara kedua survei kurang dari 2 mm, memverifikasi keakuratan sistem yang dirancang.

❖ Ultrasound

Sistem penentuan posisi *ultrasound* menggunakan kecepatan suara dan waktu transfer untuk menghitung jarak antara titik yang diukur dan titik tetap, dan mengidentifikasi target dengan metode lokasi segitiga (Zhang dkk., 2017). Akurasi biasanya dapat mencapai tingkat sentimeter dan teknologinya matang dan berbiaya rendah. Namun, sistem penentuan posisi ultrasound memiliki beberapa keterbatasan. Misalnya, tidak bisa menembus rintangan seperti dinding dan bisa dengan mudah terdistorsi oleh sinyal pantulan yang disebabkan oleh benda logam. Cricket adalah sistem penentuan posisi ultrasound yang matang. Dibutuhkan target untuk membawa penerima sinyal dan pemancar sinyal dipasang di dinding atau langit-langit. Untuk menghadapi kekurangan jumlah pemancar sinyal, sistem menerapkan RF sebagai metode cadangan untuk menyediakan posisi data. Tes menunjukkan kesalahan posisi 10 cm dan akurasi orientasi 3 derajat (Priyantha dkk., 2005). Skibniewski dan Jang (2009) menggunakan kombinasi USG dan RF untuk melacak konstruksi material di lokasi konstruksi, mencapai akurasi kurang dari 0,2 m dengan tingkat kredibilitas 80% mulai dari 1 m hingga 15 m di bawah kondisi garis pandang. Serangkaian percobaan lain menunjukkan bahwa akurasi posisi rata-rata adalah 0,97 m.

Tingkat akurasi teknologi sensor berbasis lokasi, dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Tingkat Akurasi Sensor Berbasis Lokasi

Teknologi berbasis lokasi	Akurasi dari Publikasi	Sumber
GPS	2.15-4.36 m	Pradhananga dan Teizer (2013)
RFID	0.86-2.6 m	Lee dkk. (2012)
WLAN	1.5-4.57 m	Soibelman dkk. (2012)
UWB	0.3 m	Cheng dkk. (2013)
Zigbee	0.76 m	Cheon dkk. (2016)
Ultrasound	0.04 m	Maalek dan Sadeghpour (2013)

B. Vision-Based Sensing

Penginderaan berbasis penglihatan menggunakan sensor pencitraan untuk mengumpulkan foto atau video. Data yang dikumpulkan adalah kemudian dianalisis dengan algoritma spesifik untuk memahami lingkungan sekitarnya. Dalam penginderaan berbasis visi, target tidak perlu membawa perangkat apa pun. Teknik itu sendiri dapat memenuhi persyaratan pemosisian di area yang relatif besar. Namun, penginderaan berbasis visi juga rentan terhadap dampak lingkungan sekitarnya, seperti kondisi pencahayaan dan warna latar belakang (Gu dkk., 2009). Dalam penggunaan praktis di sebagian besar negara di dunia, termasuk Cina, penerapan penginderaan berbasis visi terbatas pada tingkat dasar, yaitu menyiapkan sistem pengawasan video untuk mengirimkan gambar atau video dari berbagai adegan konstruksi ke pusat pengawasan. Karena ada sejumlah besar informasi dalam gambar atau video yang diabaikan oleh manusia, tetapi dapat dibaca dan dipahami oleh algoritma, hal ini menyediakan landasan untuk penerapan penginderaan berbasis visi dalam manajemen keselamatan konstruksi, seperti AP, SD, HI, ISM, dll.

C. *Wireless Sensor Network (WSN)*

Sensor yang diterapkan dalam manajemen keselamatan konstruksi meliputi sensor suhu, sensor perpindahan, sensor cahaya, sensor serat optik dan sensor tekanan. Mereka memainkan peran yang sangat diperlukan dalam pemantauan struktur atau komponen struktural berdasarkan waktu nyata. Sensor biasanya memperoleh informasi dan menyimpan data secara pasif, tidak dapat membaca dan memahami informasi yang dikumpulkan secara proaktif. Dalam praktiknya, jaringan sensor nirkabel adalah cara yang tepat untuk mengubah kepasifan menjadi Inisiatif.

❖ Sensor

1. Sensor suhu

Aplikasi utama sensor suhu termasuk pemantauan retak susut untuk beton masa konstruksi (Zhang dkk., 2013), curing beton (Luo dkk., 2013), manajemen dibantu pada konstruksi saat musim dingin (Ding dkk., 2014) dan pemantauan suhu komponen struktural untuk meningkatkan akurasi pemasangan.

2. Sensor perpindahan

Aplikasi utama sensor perpindahan meliputi pemantauan kemiringan bangunan (Sung dkk., 2016), membangun pemantauan amblesan, prediksi geologi, dan peringatan dini bahaya geologi.

3. Sensor cahaya

Sensor cahaya terutama digunakan untuk pemeriksaan komponen struktur yang tidak rusak, termasuk konstruksi beton, pondasi tiang pancang, lapisan pengelasan pada struktur baja, dll.

4. Sensor serat optik

Sensor serat optik secara luas diterapkan dalam pemantauan jangka panjang untuk keamanan struktural. Mereka biasanya diintegrasikan ke dalam WSN untuk mengubah seluruh objek yang dimonitor menjadi struktur penginderaan. Sensor-sensor ini dapat digunakan untuk memonitor regangan, deformasi dan retakan struktur, dan keamanan evaluasi untuk konstruksi beton. Sebagai contoh, sensor serat optik telah digunakan di

Pemantauan berbasis internet kesehatan dan penilaian keselamatan Bendungan Tiga Ngarai dan beberapa jembatan di Tiongkok.

5. Sensor tekanan

Sensor tekanan berguna dalam pengukuran beban struktural. Mereka telah digunakan untuk pemantauan jalan, jembatan dan bangunan, terutama di bidang teknik pra-tekan, pengujian daya dukung ujung pondasi tiang pancang.

❖ Jaringan Sensor Nirkabel (*Wireless Sensor Network*)

Jaringan sensor nirkabel (WSN) adalah seperangkat sensor yang didistribusikan secara spasial untuk memantau fisik atau kondisi lingkungan dan secara kooperatif meneruskan data melalui jaringan ke lokasi utama. WSN biasanya terdiri dari prosesor pusat, modul komunikasi dan node sensor dengan internal atau catu daya eksternal. Dengan bantuan WSN, sistem memperoleh informasi lokal secara keseluruhan dan transit informasi yang dikumpulkan ke server terminal secara otomatis untuk memproses data yang dikumpulkan. Dengan cara, informasi lingkungan utama dikumpulkan secara pasif, tetapi dipindahkan dan diproses secara aktif. Karena penerapan WSN dalam pemantauan jarak jauh, sensor yang dipasang dapat mengirimkan informasi real-time; sensor suhu yang tertanam dalam bahan konstruksi dapat mendeteksi perubahan suhu menghindari bahaya suhu yang sangat tinggi atau rendah; sensor perpindahan dan sensor tekanan tertanam dalam struktur beton dapat mengumpulkan informasi *real-time* termasuk tekanan dan tekanan, sehingga mencapai pemantauan jangka panjang.

Perbandingan tiga jenis teknologi berbasis sensor ditampilkan pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Perbandingan Tiga Jenis Teknologi Berbasis Sensor

Teknologi Sensor	Kompleksitas Alogaritma	Kompleksitas Tata Letak	Batas Lingkungan Konstruksi
<i>Locating sensor-based technology</i>	GPS	Rendah	1. Untuk lingkungan luar
	UWB	Sedang	1. Akurasi dipengaruhi oleh pengaturan pemancar dari penerima sinyal 2. Sinyal diblok atau dihambat oleh rintangan 3. Sinyal terganggu benda logam
	Zigbee	Sedang	
	RFID	Sedang	
	WLAN	Sedang	1. Sinyal diblok atau dihambat oleh rintangan
	Ultrasound	Sedang	1. Sinyal diblok atau dihambat oleh rintangan 2. Sinyal terganggu benda logam
<i>Vision-based sensing technology</i>		Tinggi	1. Rentan terhadap dampak sekitarnya lingkungan, seperti kondisi pencahayaan dan warna latar belakang
<i>Wireless sensor network</i>		Sedang	1. Sinyal diblokir atau diganggu oleh rintangan atau

		sinyal elektronik lain dalam jaringan komunikasi 2. Sulit menyelesaikan masalah pasokan energi
--	--	---

2.2.7 Model Pengambilan Keputusan

Pengambilan keputusan merupakan pilihan alternatif penyelesaian permasalahan, dengan terlebih dahulu mengurai permasalahan yang ada sehingga didapatkan pokok permasalahan atau bukan permasalahan, selanjutnya dengan keilmuan dapat merumuskan berbagai alternatif penyelesaian permasalahan yang berdasar dan didukung data dan fakta yang akurat (Chaniago, 2017).

Kondisi dalam pengambilan keputusan dapat dibedakan dalam kondisi pasti (*certainty*) dan tidak pasti (*uncertainty*) (Chaniago, 2017):

a. Keputusan dalam kondisi pasti (*certainty*)

Pengambilan keputusan ini telah mengetahui terlebih dahulu apa yang akan dihasilkan dari kondisi-kondisi yang telah ditetapkan. Hal ini berarti bahwa setiap pilihan keputusan atau *decision alternative* hanya akan memiliki satu keluaran (*output*). Ciri khusus penggunaan teknik ini adalah menetapkan asumsi-asumsi maksimalisasi dan minimalisasi. Maksimalisasi berupa keuntungan-keuntungan, atau langkah-langkah meningkatkan manfaat, sedangkan minimalisasi adalah berupa biaya atau hal-hal yang bersifat pengorbanan.

b. Keputusan dalam kondisi tidak pasti (*uncertainty*)

Menurut Chaniago (2017), pengambilan keputusan dalam kondisi tidak pasti (*uncertainty*) dilakukan saat pengambil keputusan menghadapi situasi dimana tak ada landasan untuk menduga peluang dari berbagai keadaan yang sesungguhnya. Oleh karena itu, pengambilan keputusan dalam hal ini dilakukan pada lingkungan yang tidak pasti. Pengambilan keputusan dalam ketidakastian menunjukkan suasana keputusan dimana probabilitas hasil-hasil potensial tidak diketahui (tak diperkirakan). Dalam situasi ketidakpastian pengambil keputusan

mengetahui akan hasil-hasil alternatif dalam bermacam peristiwa, namun pengambil keputusan tidak dapat menetapkan probabilitas peristiwa.

2.2.8 *Bayesian Belief Network (BBN)*

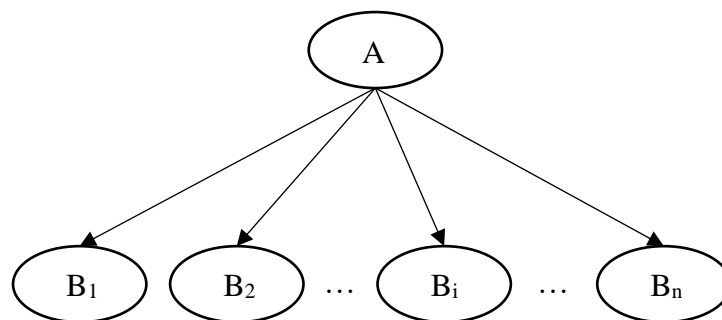
Bayesian Belief Network (BBN) disebut sebagai jaringan kepercayaan, pertama kali dikembangkan di Universitas Stanford di Australia tahun 1970-an (McCabe dkk., 1998). BBN menggambarkan hubungan sebab-akibat antara variable melalui model grafis. Jaringan kepercayaan terdiri dari node, mewakili variable domain, dan mewakili hubungan ketergantungan antar node (McCabe dkk., 1998) ditunjukkan pada **Gambar 2.6**. *Bayesian Belief Network* (BBN) didasarkan pada teori probabilitas bersyarat yang dikembangkan pada akhir 1700-an oleh Thomas Bayes, dimana ditemukan hukum dasar probabilitas yang kemudian disebut Teorema Bayes (Charles River Analytics, 2004).

Saat ini *Bayesian Belief Network* (BBN) telah diusulkan untuk membuat kompleksitas dalam sistem (Neapolitan, 2003). BBN dapat menggambarkan dependensi antara variabel secara kualitatif dan kuantitatif serta dapat menampilkan alternatif yang layak dan mempunyai bukti alasan (Holický dkk., 2013). BBN dapat dihadapkan dengan ketidakpastian informasi, dan dapat digunakan untuk analisis keandalan dan kegagalan lingkungan yang kompleks (Langseth dan Portinale, 2007; Lee dkk., 2008). Model *Bayesian Belief Network* (BBN) dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.

Struktur ini menyediakan mekanisme yang tepat untuk permodelan dependensi dalam proyek konstruksi. *Bayesian Belief Network* (BBN) memiliki keuntungan utama (Luu dkk., 2009) diantaranya:

- a. Jaringan *Bayesian* memberikan fleksibilitas yang besar dalam kapasitasnya menerima input dan memberikan output.
- b. Jaringan *Bayesian* memiliki kemampuan untuk memungkinkan nilai suatu variabel dimasukkan sebagai input yang diketahui atau untuk mengevaluasi kemungkinann variabel sebagai output sistem.
- c. *Bayesian Belief Network* dapat dengan mudah menghitung probabilitas kejadian sebelum dan sesudah diagnosis atau prediksi.

- d. Jaringan *Bayesian* dapat dikembangkan menggunakan pendapat ahli, jika membutuhkan data historis.
- e. Jaringan *Bayesian* juga memungkinkan variabel yang akan ditambahkan atau dihapus tanpa secara signifikan mempengaruhi sisa jaringan karena modifikasi ke jaringan dapat diisolasi.
- f. *Bayesian Belief Network* memberikan wawasan hubungan antar proses variabel karena sifat tampilannya grafis.
- g. Setelah *Bayesian Belief Network* dibangun, sensitivitas analisis mampu menganalisis beberapa banyak node tertentu yang dipengaruhi node lain.



Gambar 2.6 Model *Bayesian Belief Network* (BBN)

2.2.9 *Building Information Modeling* (BIM)

Cooke dan Williams (2009) menyatakan bahwa seiring meningkatnya kompleksitas proyek konstruksi, metode alternatif konstruksi dan desain modern semakin berkembang, sehingga membutuhkan bentuk inovasi baru dalam desain dan metode konstruksi. Untuk mengatasi masalah ini, Suermann dan Issa (2009) menunjukkan bahwa BIM dapat digunakan oleh desainer, manajer konstruksi dan kontraktor untuk menyelesaikan tugas lebih banyak dan efisien daripada sebelumnya dan membuka jalan bagi para pekerja konstruksi profesional masa depan. BIM memiliki keunggulan signifikan atas seluruh siklus hidup bangunan, khususnya desain, tetapi juga konstruksi dan manajemen fasilitas.

BIM dalam proyek konstruksi dapat mengurangi limbah dan meningkatkan keselamatan dalam konstruksi, sehingga mengarah ke penyelesaian proyek yang berkualitas (Latiffi dkk., 2013). Oleh karena itu peningkatan keselamatan pada proyek konstruksi melalui desain dan metode kerja dapat menggunakan BIM (Chi

dkk., 2012), dengan menggunakan BIM memungkinkan kontraktor untuk menilai lokasi kerja secara visual dan mengenali bahaya (Azhar dkk., 2012). BIM merupakan paradigma yang muncul dalam desain dan rekayasa lapangan dan secara efektif mengelola hubungan antara desain dan keselamatan di lokasi (Kamardeen, 2010). Dalam keterkaitannya dengan risiko, BIM dapat mengurangi risiko diantaranya risiko keuangan, risiko terkait jadwal pelaksanaan, dan mengurangi risiko kesalahan dan kelalaian (Eastman dkk., 2011). Bagi kontraktor BIM dapat mengurangi risiko dari waktu ke waktu dimana model bangunan yang terperinci menjadi alat mitigasi risiko (Eastman dkk., 2011). Terlepas dari peran stakeholder, BIM juga dapat berperan dalam peningkatan komunikasi (Deutsch, 2011).

Teknologi BIM telah dikembangkan untuk membangun model yang dilengkapi sistem pengecekan berbasis aturan (Eastman dkk., 2009). Visualisasi 3D dan 4D meningkatkan kemudahan dan tingkat pemahaman proses konstruksi, sehingga memfasilitasi komunikasi yang lebih baik diantara para pemangku kepentingan proyek. Fitur-fitur ini tertanam dalam BIM dan oleh karena itu memungkinkan perencanaan keselamatan yang lebih efektif sebelum dan selama proses konstruksi. Teknologi tersebut dapat meningkatkan keselamatan melalui identifikasi bahaya secara otomatis di awal proses dan mengusulkan cara yang murah dan lebih mudah untuk menyelesaikan masalah keamanan.

Menurut penelitian oleh Teizer dkk. (2013), mengumpulkan dan menganalisis lokasi konstruksi dan data proyek (jadwal, struktur rincian kerja, alokasi sumber daya) dapat dihubungkan dengan BIM untuk menghasilkan kerangka keselamatan kerja berbasis aturan pada tahap desain, perencanaan dan pelaksanaan, sehingga lebih aman.

2.2.10 Konsep Validitas

Azwar (1988) menyatakan bahwa validitas berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu instrumen pengukur (tes) dalam melakukan fungsi ukurnya. Suatu tes dikatakan memiliki validitas yang tinggi apabila alat tersebut menjalankan fungsi ukur secara tepat atau memberikan hasil ukur yang sesuai dengan maksud dilakukannya pengukuran tersebut. Artinya hasil ukur dari pengukuran tersebut merupakan besaran yang mencerminkan secara

tepat fakta atau keadaan sesungguhnya dari apa yang diukur. Secara umum ada tiga jenis validitas, yaitu (Suryabrata, 2005) :

1. Validitas Isi

Validitas isi adalah validitas yang fokus kepada elemen-elemen apa yang ada dalam pengukuran (Cooley, 2010), sehingga analisis rasional merupakan proses utama yang dilakukan dalam analisis validitas isi (Azwar, 2005).

2. Validitas Konstruk

Validitas konstruk adalah sebuah gambaran yang menunjukkan sejauhmana alat ukur menunjukkan hasil yang sesuai dengan teori (Azwar, 2005). Proses pengujian validitas konstruk adalah dengan menghubungkan alat ukur dengan alat ukur lain yang memiliki kesamaan konsep atau dengan alat ukur lain yang secara teoritis berkaitan (Murphy dan Davidshofer, 1991).

3. Validitas Kriteria

Validitas kriteria adalah dengan mengaitkan alat ukur dengan alat ukur lain sebagai kriteria, apakah korelasi antara alat ukur dengan kriteria dapat dijelaskan berdasarkan teori yang ada (Devellis, 2003).

Sedangkan menurut Nazir (1988), validitas dibagi menjadi :

1. *Concurrent Validity*

Validitas yang berkenaan dengan hubungan antara skor dengan kinerja.

2. *Construct Validity*

Validitas yang berkenaan dengan kualitas aspek psikologis yang diukur oleh suatu pengukuran serta terdapat evaluasi bahwa suatu konstruk tertentu dapat menyebabkan kinerja yang baik dalam pengukuran.

3. *Face Validity*

Validitas yang berhubungan dengan apa yang nampak dalam mengukur sesuatu dan bukan terhadap apa yang seharusnya hendak diukur.

4. *Factorial Validity*

Factorial Validity dari sebuah alat ukur adalah korelasi antara alat ukur dengan faktor-faktor yang bersamaan dalam suatu kelompok atau ukuran-ukuran perilaku lainnya, di mana validitas ini diperoleh dengan menggunakan teknik analisis faktor.

5. *Empirical Validity*

Empirical Validity adalah validitas yang berkenaan dengan hubungan antara skor dengan suatu kriteria. Kriteria tersebut adalah ukuran yang bebas dan langsung dengan apa yang ingin diukur.

6. *Intrinsic Validity*

Intrinsic Validity adalah validitas yang berkenaan dengan penggunaan teknik uji coba untuk memperoleh bukti kuantitatif dan objektif untuk mendukung bahwa suatu alat ukur benar-benar mengukur apa yang seharusnya diukur.

7. *Predictive Validity*

Predictive Validity adalah validitas yang berkenaan dengan hubungan antara skor suatu alat ukur dengan kinerja seorang di masa mendatang.

8. *Content Validity*

Content Validity adalah validitas yang berkenaan dengan baik buruknya sampling dari suatu populasi.

9. *Curricular Validity*

Curricular Validity adalah validitas yang ditentukan dengan cara mengamati isi dari pengukuran dan menilai seberapa jauh pengukuran tersebut merupakan alat ukur yang benar-benar mengukur aspek-aspek sesuai dengan tujuan instruksional.

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya menunjukkan latar belakang yang mempengaruhi dalam pembuatan model integrasi keselamatan dengan BIM yaitu dikarenakan 65% pekerja di Amerika Serikat pada industri konstruksi bekerja pada *scaffolding*. Dari pekerja yang terlibat 4.500 terluka dan 50 meninggal setiap tahun (OSHA, 2013). Menurut Safe Work Australia (2012), terdapat 14.760 klaim menyangkut kompensasi di industri konstruksi Australia pada 2007-2008. Klaim terkait *scaffolding* dan bekisting menyumbang 3% dari seluruh klaim (410 klaim). Hal ini dikarenakan sifat konstruksi yang kompleks dan dinamis, tim kerja yang bersifat sementara, struktur fisik dan ruang berubah, serta perubahan cuaca di lingkungan kerja (Sacks dkk., 2009) . Selain itu sistem *scaffolding* yang mengandung banyak elemen, sehingga cara membangunnya juga mempengaruhi kekuatan dan keamanan

konstruksinya (OSHA, 2013). WHSQ telah mengembangkan sistem audit untuk menilai kepatuhan 73 lokasi kerja bekisting dan 246 lokasi *scaffolding* di Queensland. Hasil audit menunjukkan bahwa prosentase kepatuhan rendah terhadap peraturan terkait bekisting sebesar 59% sedangkan untuk ketidakpatuhan sebesar 18% untuk rencana keselamatan kerja. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan permodelan pemilihan *scaffolding* yang dihasilkan secara semi-otomatis menggunakan algoritma dikembangkan oleh Kim dkk. (2013) agar dapat mengetahui jenis *scaffolding* yang tepat dikaitkan dengan kondisi khusus suatu proyek.

Untuk mencegah cedera dan menyelamatkan nyawa pekerja konstruksi, terdapat minat yang tinggi dalam meningkatkan keselamatan di tempat kerja melalui desain yang lebih aman dan metode kerja menggunakan *Building Information Modeling* (BIM). Penelitian menyelidiki potensi aplikasi BIM untuk desain konstruksi yang lebih aman dan perencanaan keselamatan (Furst, 2009; Ku dan Mills, 2010; Lew dan Lentz, 2010; Puerto dan Clevenger, 2010; Zhou dkk., 2011). Pengembangan model keselamatan 5D (desain 3D dengan jadwal dan informasi keselamatan) terintegrasi yang menghubungkan fitur keselamatan 3D dengan rencana konstruksi telah dilakukan (Benjaoran dan Bhokha, 2010; Ciribini dkk., 2011; Sulankivi dkk., 2009), misalnya memasukkan proses pemasangan pagar ke dalam jadwal konstruksi unit pracetak menggunakan BIM untuk perlindungan jatuh (Sulankivi dkk., 2009). Demikian pula, Choe dan Leite (2017) mengusulkan formalisasi rencana keselamatan berbasis BIM 4D yang mengintegrasikan proyek dengan data keselamatan. Namun, masih ada batasan dalam pencapaian manfaat penuh BIM yang dapat mengurangi potensi risiko keselamatan tanpa mengorbankan sasaran lain, seperti biaya dan durasi. Salah satu keterbatasan yang kritis adalah kurangnya sistematis integrasi struktur sementara di BIM. Di dunia nyata, pada proyek konstruksi, struktur sementara (seperti *scaffolding* dan bekisting) sering digunakan dan berdampak pada keseluruhan keselamatan dan produktivitas proyek (OSHA, 2013; Ratay, 1996). Sulankivi dkk. (2009) membahas permintaan proses keselamatan struktur sementara dimasukkan kedalam BIM untuk pemahaman yang lebih baik tentang kemajuan proyek, rencana kerja kedepan, dan terkait proses keamanan. Ciribini dkk. (2011) menekankan pentingnya pemantauan real-time dan

membahas perbandingan antara desain BIM yang direncanakan dan informasi 3D yang dibangun ditangkap oleh teknologi pemindaian laser yang mendukung kondisi keselamatan, dimana mendeteksi komponen keamanan yang hilang seperti pagar pembatas atau jaring pengaman area kerja sekitar. Sattineni (2010) menyiapkan model BIM yang terintegrasi dengan keselamatan, sebagai contoh model bangunan 3D dengan informasi area berbahaya dan kemudian disarankan untuk melacak pergerakan pekerja konstruksi secara real-time menggunakan RFID dan tag nirkabel untuk tujuan pengawasan keselamatan. Carbonari dkk. (2011) mengembangkan waktu nyata sistem pemantauan keamanan dengan menerapkan teknologi berbasis pita, dimana sistem pengaktifan pelacakan posisi real-time para pekerja dan mencegah akses tidak sah ke zona berbahaya. Sedangkan Puerto dan Clevenger (2010) menerapkan aplikasi BIM untuk meningkatkan keselamatan pekerja dengan mendesain tata letak site yang lebih aman. Hadipriono dan Barsoum (2002) memperkenalkan model pelatihan interaktif untuk pelatihan keselamatan *scaffolding*.

Dalam penggunaan BIM, pengambilan keputusan dalam kondisi tidak pasti (*uncertainty*) juga diperlukan sebagai bentuk integrasi. Penelitian sebelumnya menggunakan BBN (*Bayesian Belief Network*) dalam konstruksi difokuskan pada peningkatan operasi konstruksi (McCabe dkk., 1998). Selain itu BBN (*Bayesian Belief Network*) juga digunakan untuk memperkirakan produktivitas pekerjaan yang kurang tepat (Tischer dan Kuprenas, 2003), mendiagnosis gangguan dalam sistem anaerob (Sahely dan Bagley, 2002), membuat kesimpulan dalam biaya konstruksi jalan raya (Attoh-Okine, 2002), memperkirakan nilai-nilai pesimis dan optimistis dari jangka waktu pelaksanaan berdasarkan karakteristik proyek (Nasir dkk., 2003) dan analisis risiko dalam kontrak konstruksi (Adams, 2006).

Penggunaan *Bayesian Belief Network* (BBN) yang berkaitan dengan risiko yaitu pada penelitian oleh Jitwasinkul dkk. (2016), dimana *Bayesian Belief Network* (BBN) digunakan untuk mengetahui faktor organisasi dalam meningkatkan perilaku kerja yang aman di industri konstruksi Thailand. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi implikasi khusus untuk meningkatkan perilaku yang diinginkan atau memitigasi perilaku yang tidak menguntungkan. Sebagai hasilnya, alternatif ini menyoroti pada probabilitas tertinggi dari perilaku kerja yang aman, dari hasil

penelitian ini dapat membuktikan bahwa *Bayesian Belief Network* (BBN) dapat mengeksplorasi faktor-faktor organisasi dan dampaknya pada pekerjaan. Penelitian terkait lainnya yaitu Integrasi *Building Information Modeling* (BIM), *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Ant Colony Algorithm* untuk menilai risiko jatuh dan perencanaan rute oleh Wang dan Qin (2018), penelitian ini berkontribusi untuk memberikan pertimbangan potensi risiko jatuh pada rute kerja dan menyarankan rute dengan risiko jatuh yang lebih rendah. *Bayesian Belief Network* (BBN) digunakan untuk menilai potensi risiko jatuh dari berbagai scenario jatuh yang diidentifikasi. Selanjutnya penelitian yang dilakukan Nguyen dkk. (2016) tentang prediksi risiko keselamatan bekerja di ketinggian menggunakan *Bayesian Belief Network* (BBN), hasil pendekatan memberikan probabilitas terkait berbagai tingkat risiko keselamatan. Selain itu analisis sensitivitas memungkinkan praktisi untuk mengidentifikasi tindakan pencegahan dan keamanan dengan strategi yang tepat untuk mengurangi risiko jatuh.

2.3.1 Sintesa Variabel

Variabel penelitian didapatkan dari studi literatur terhadap penelitian terdahulu berupa kriteria-kriteria yang mempengaruhi keputusan terjadinya bahaya pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2.4**. Sedangkan risiko yang mengakibatkan dampak pada keselamatan dan kualitas ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.4 Sintesa Variabel yang Mempengaruhi Risiko Pekerjaan *Scaffolding* dan Bekisting

Variabel	Definisi	Sumber
Beban	Setiap <i>scaffolding</i> harus dirancang untuk menopang bobotnya sendiri dan 4 kali beban maksimum.	OSHA (2002), Borowa dan Szer (2014).
Jenis Permukaan Pijakan	Permukaan Pijakan yang tepat untuk <i>scaffolding</i> dan bekisting adalah tanah keras atau permukaan yang keras, jika pijakan lunak maka tidak dapat menopang beban yang ditumpangkan dan tidak akan stabil, cara lain agar dapat menstabilkan dengan sarana pendukung lain yang harus disediakan	HSE (2003), ACI 347 (2004).
Cuaca	Pekerjaan dapat berjalan selama cuaca dalam kondisi baik (cerah).	HSE (2003).
Proteksi Jatuh (<i>Fall Protection</i>)	Merupakan sistem penangkapan jatuh pribadi atau pagar yang memenuhi persyaratan OSHA. Untuk pekerjaan yang memiliki ketinggian 10 kaki (3.05 m) dari dasar.	OSHA (2002), Borowa dan Szer (2014).
<i>Guardrails</i>	Pagar harus dipasang diseluruh sisi terbuka dan dapat menopang beban minimum 200 pound (90.7185 kg).	Fattal dkk. (1980), OSHA (2002), Collins dkk. (2015), Borowa dan Szer (2014), Halperin dan Chan (2004).
<i>Cross Bracing</i>	Sebagai pengaku komponen vertikal secara lateral, sehingga menjaga elevasi, tegak lurus dan bentuk <i>scaffolding</i> .	Romero dkk. (2013).
<i>Midrails</i>	Dipasang pada pertengahan antara tepi atas pagar dengan permukaan platform dan mampu menahan beban minimum 150 pound (68.0389 kg).	OSHA (2002), Collins dkk. (2015), Halperin dan Chan (2004).
<i>Footing / Jack Base</i>	Pijakan harus rata, kuat, kaku, dan mampu mendukung <i>scaffolding</i> yang dimuat. Berfungsi untuk menyebarkan beban (Live Load & Dead Load disekitar landasan). Penguci pipa vertikal dasar.	OSHA (2002), Collins dkk. (2015).

<i>Guying Ties</i> dan <i>Braces</i>	Digunakan jika <i>scaffolding</i> yang didukung mencapai ketinggian lebih dari 4 kali dimensi dasar, agar <i>scaffolding</i> tidak terbalik (terguling).	Romero dkk. (2013), OSHA (2002), Collins dkk. (2015), Borowa dan Szer (2014).
Tangga (<i>Stairways</i>)	Tangga harus dirancang sesuai dengan jenis <i>scaffolding</i> yang digunakan, memiliki tempat istirahat.	Romero dkk. (2013), OSHA (2002), Collins dkk. (2015), Halperin dan Chan (2004).
Panjang Bentang	Panjang bentang horizontal bekisting.	OHSA (2015), Ringwald (1985), Jiang dan Leicht (2014).
Tekanan	Tekanan dipengaruhi penempatan material, pengecoran, serta getaran vibrator.	Albert (2013), Hurd (2005).
Inspeksi	Inspeksi / pemeriksaan dilakukan sepanjang pelaksanaan.	OHSA (2015), Hurd (2005)
Akses pada Bekisting	Akses menuju ke bekisting dengan menggunakan papan.	OHSA (2015)
Jenis Material	Jenis material yang digunakan (<i>scaffolding</i> dan bekisting)	Shapira (1999), Hurd (2005)
Joint/Connector	Penghubung antar komponen (<i>scaffolding</i> dan bekisting)	Hurd (2005)

Tabel 2.5 Sintesa Variabel Risiko Pekerjaan *Scaffolding* dan Bekisting yang Mempengaruhi Keselamatan dan Kualitas Cor Beton.

No	Variabel Risiko (Kualitas)	Sumber
1.	Penurunan Perancah	Feng (2017), Perlman dkk. (2013)
2.	Perancah Tidak Stabil	Feng (2017), Perlman dkk. (2013)
3.	Bekisting Melendut	Feng (2017), Perlman dkk. (2013)
4.	Pekerja terjatuh dari ketinggian	Feng (2017), Perlman dkk. (2013)
5.	Benda terjatuh	Feng (2017), Perlman dkk. (2013)
6.	Pekerja Tergelincir, tersandung atau jatuh pada lantai yang sama	Perlman dkk. (2013)

2.4 Posisi Penelitian

Penelitian ini akan memfokuskan pada variabel yang mempengaruhi keputusan model dalam menentukan kondisi bahaya, serta mengetahui risiko yang ditimbulkan dengan tepat yang dapat diajukan dengan model yang diusulkan. Secara umum model penelitian yang diusulkan dapat dilihat pada **Tabel 2.6**, pada tabel posisi penelitian dibawah ini:

Tabel 2.6 Tabel Posisi Penelitian yang Dilakukan

Sumber	Bidang Aplikasi BIM
Strafaci (2008), Furst (2009), Ku dan Mills (2010), Lew dan Lentz (2010), Zhou dkk (2011)	Desain untuk keselamatan
Sulankvi dkk (2009), Benjaoran dan Bhoukha (2010), Ciribini dkk (2011)	Model 4D – Integrasi Keamanan
Lee dkk (2007), Strafaci (2008), Scia Scaffolding (2009), Hu dkk (2010), Liu dkk (2010), Meadati dkk (2010)	Analisis Keamanan Struktur dan Konstruksi
Ciribini dkk (2011), Ku dan Mahabaleshwarkar (2011)	Desain Inspeksi di lapangan
Sattineni (2010), Giretti dkk (2011)	Desain Monitoring Keselamatan di lapangan
Puerto dan Clevenger (2010)	Perencanaan Keselamatan
Sulankvi dkk (2009), Ciribini dkk (2011)	Perencanaan Tata Letak Situs yang Lebih Aman
Hadipriono dan Barsoum (2002), Ku dan Mahabaleshwarkar (2011)	Training (Pelatihan) Keselamatan
Ruppel dan Abolghasemzadeh (2009), Puerto dan Clevenger (2010), Leith dan Akinchi (2011)	Manajemen Fasilitas dan Tanggap Darurat
Penelitian yang diusulkan	Analisis Keamanan pada <i>Temporary Structure</i> (<i>Scaffolding</i> dan Bekisting)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

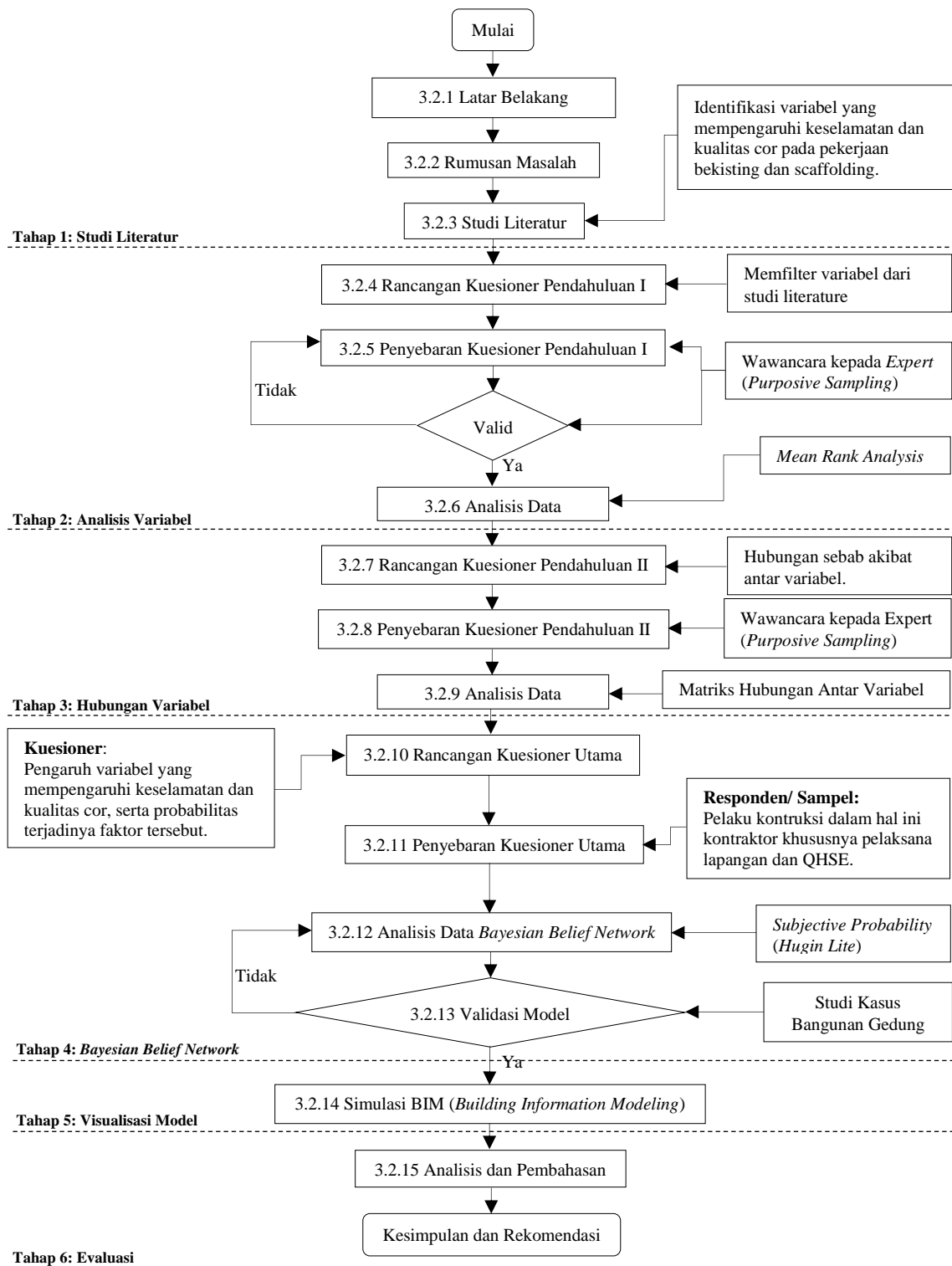
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Menurut Sarwono (2006) penelitian merupakan cara-cara sistematis untuk menjawab masalah yang sedang diteliti. Sistematis merupakan kata kunci yang berkaitan dengan metode ilmiah, dimana metode ilmiah harus bersifat kritis, analitis, sehingga menunjukkan adanya proses yang tepat dan benar untuk mengidentifikasi masalah dan menentukan metode untuk pemecahan masalah tersebut (Davis, 1985). Berdasarkan jenis data yang diperlukan, penelitian ini merupakan penelitian primer dan sekunder, dimana data atau informasi dari sumber langsung dan beberapa data diambil dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan (Sarwono, 2006). Berdasarkan tujuan penelitian, penelitian yang dilakukan yaitu penelitian pengembangan, yang bertujuan untuk mengembangkan model atau hal-hal inovatif. Berdasarkan variabel yang diteliti, merupakan penelitian historis (*historical research*) yaitu penelitian terhadap masalah-masalah yang berkaitan dengan fenomena masa lalu yang meliputi penyelidikan, pemahaman dan penjelasan keadaan (Arikunto, 1992). Berdasarkan keilmiahannya, merupakan penelitian ilmiah yaitu penelitian yang dalam pelaksanaannya menggunakan kaidah-kaidah ilmiah yang pokok pikirannya dikemukakan dan disimpulkan melalui suatu prosedur sistematis dengan mempergunakan pembuktian yang meyakinkan (Gay dan Diehl, 2002). Berdasarkan tempat/latarnya, penelitian ini dilakukan baik dengan pengamatan langsung dilapangan maupun mencari literatur melalui internet (Sarwono, 2006).

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu dengan latar belakang masalah, merumuskan masalah, studi literatur, identifikasi risiko, pengambilan keputusan kondisi bahaya, validasi model, integrasi model dengan software BIM, analisa dan pembahasan, kesimpulan. Tahapan penelitian selengkapnya disajikan pada **Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahap 1 : Studi Literatur

3.2.1 Latar Belakang Penelitian

Tiga hal penting yang harus dirumuskan dengan jelas sebelum sebuah penelitian dilakukan, yaitu masalah yang akan diteliti atau pertanyaan yang ingin dijawab, metodologi penelitian dan alasan penelitian dilakukan (Mendenhall dan Beaver, 2002). Sumber masalah penelitian didapatkan dari alam semesta dengan semua fenomena didalamnya yang juga didapatkan dari sumber tesis dan disertasi, artikel dalam jurnal akademik dan professional, laporan penelitian, buku dan tinjauan buku, hasil diskusi dengan sejawat (Kerlinger, 2006).

Teknik pengembangan masalah dalam penelitian ini menggunakan pendekatan analisis analogi yang setidaknya memberikan dua manfaat bagi proses penelitian, memberikan inspirasi kepada peneliti untuk mengembangkan pemikiran yang sejalan atau setara dengan paradigma penelitian yang telah ada dan/atau memberikan inspirasi digunakannya metodologi yang telah terbukti sukses dalam penelitian yang lain (Mendenhall dan Beaver, 2002). Fisibilitas permasalahan sendiri dapat dilihat dari layak atau tidaknya penelitian yang akan dilakukan dapat dievaluasi.

Studi pendahuluan perlu dilakukan terutama untuk menjadi *starting point*. Penelitian memerlukan berbagai informasi dan data yaitu, sumber informasi dokumenter baik sumber primer dan sumber sekunder, sumber informasi kepustakaan dan sumber informasi lapangan. Studi pendahuluan dapat pula berupa telaah teoritis, kajian teoritis, atau landasan teoritis yang bertujuan menyusun kerangka teoritis atau pertanyaan penelitian (Sangadji dan Sopiah, 2010).

3.2.2 Merumuskan Masalah Penelitian

Perumusan masalah yang baik harus memenuhi dua syarat, yaitu menyebutkan dengan jelas apa yang akan dicari jawabannya dan jelas ruang lingkupnya (Isaac dan Michael, 2005). Metode perumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode renovasi dengan memperbaiki atau mengganti komponen teori atau metode yang kurang relevan dengan komponen teori atau metode lain yang lebih efektif.

3.2.3 Studi Literatur

Maksud kegiatan studi literatur adalah mencari teori atau landasan berpikir yang kuat sebagai penguat proses penyelesaian masalah. Studi literatur yang dilakukan terhadap penelitian ini meliputi penelitian terdahulu untuk mendapatkan variabel-variabel yang mempengaruhi dalam pengambilan keputusan kondisi bahaya dalam pekerjaan *scaffolding* dan berkisting. Hasil studi literatur disajikan pada **Tabel 2.4.** dan **Tabel 2.5**

Tahap 2 : Analisis Variabel

3.2.4 Rancangan Kuesioner Pendahuluan I

Kuesioner pendahuluan I bertujuan untuk mereduksi/memfilter variabel dari studi literatur sesuai dengan kejadian sesungguhnya pada pelaksanaan konstruksi. Rancangan kuesioner menggunakan model tertutup dengan *Rating Scale* yang umum digunakan untuk mengukur sikap dan mengukur persepsi responden terhadap suatu kejadian. Rancangan Kuesioner I dapat dilihat pada **Lampiran 1.**

3.2.5 Penyebaran Kuesioner Pendahuluan I

Penyebaran kuesioner pendahuluan I ditujukan kepada para ahli dalam bidang konstruksi khususnya kontraktor yang bertugas sebagai pelaksana lapangan dan QHSE yang telah memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun. Kuesioner disebarkan kepada minimal tiga responden sebagai pilot survey (Yap dkk., 2017).

Pengambilan sampel menggunakan *purposive* sampling, karena survei dilakukan hanya kepada responden yang potensial dan bersedia memberikan tanggapan selama mereka memenuhi persyaratan yang ditentukan. Tidak layak untuk dilakukan sampling probabilitas karena beberapa alasan. Pertama, sampel hanya terbatas pada pelaksana konstruksi khususnya pelaksana lapangan dan tim QHSE (**Tabel 3.1**). Kedua, sulit untuk mendapatkan tanggapan dari responden yang ditargetkan berdasarkan konsep probabilitas.

Tabel 3.1 Contoh Tabel Data Responden Ahli

Ahli	Jabatan	Pengalaman Kerja
1	Jabatan 1	x Tahun
2	Jabatan 2	x Tahun
3	Jabatan 3	x Tahun

3.2.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara yaitu sebagai berikut (**Tabel 3.2, Tabel 3.3**):

1. Penilaian dilakukan dengan menggunakan Skala Likert, dimana bertujuan untuk mengukur sikap dalam suatu penelitian. Umumnya pemberian kode angka sebagai berikut (Sarwono, 2006): “sangat tidak setuju” diberi angka 1, “tidak setuju” diberi angka 2, “tidak tahu (netral)” diberi angka 3, “setuju” diberi angka 4, “sangat setuju” diberi angka 5.
2. Masing-masing variabel penyebab dan variabel risiko yang telah diberi nilai oleh para ahli dirata-rata (M1).

Perhitungan rata-rata yaitu dengan cara sebagai berikut :

$$Rata - rata = \frac{R1+R2+R3}{3} \dots\dots\dots(3.1)$$

3. Setelah dilakukan rata-rata, maka dilakukan rangking dari yang tertinggi sampai dengan yang terendah sesuai dengan nilai hasil rata-rata tersebut.
4. Validitas dilakukan dengan menggunakan Validitas Isi. Dengan ketentuan variabel dikatakan “Relevan” jika mean ≥ 4 , “Cukup Relevan” jika mean $3 \leq x < 4$, dan “Kurang Relevan” jika mean < 3 . *Cut off* dilakukan pada nilai 4, untuk variabel yang relevan. Variabel inilah yang akan digunakan untuk studi pendahuluan II, dimana untuk mengetahui hubungan antar variabel.

Tabel 3.2 Contoh Tabel Hasil Respon Variabel Penyebab

No	Variabel Penyebab Bahaya	Responden			Mean (Rata-Rata)	Kesimpulan
		1	2	3		
1	VS 1	R1	R2	R3	M1, jika ≥ 4	Relevan
2	VS 2	R1	R2	R3	M2, jika $3 \leq x < 4$	Cukup Relevan
3	VS 3	R1	R2	R3	M3, jika < 3	Kurang Relevan

Keterangan:

R1, R2, R3 : Nilai hasil respon para ahli
dengan sistem penilaian skala likert (1-5).

M1, M2, M3 : Nilai *mean* masing-masing variabel.

Jika nilai *mean* ≥ 4 , maka variabel dinyatakan relevan.

Jika nilai *mean* $3 \leq x < 4$, maka variabel dinyatakan cukup relevan.

Jika nilai *mean* < 3 , maka variabel dinyatakan kurang relevan.

VS 1, 2, 3 : Variabel Penyebab Bahaya.

Tabel 3.3 Contoh Tabel Hasil Respon Variabel Risiko

No	Variabel Penyebab Bahaya	Responden			Mean (Rata-Rata)	Kesimpulan
		1	2	3		
1	VR 1	R1	R2	R3	M1, jika ≥ 4	Relevan
2	VR 2	R1	R2	R3	M2, jika $3 \leq x < 4$	Cukup Relevan
3	VR 3	R1	R2	R3	M3, jika < 3	Kurang Relevan

Keterangan:

R1, R2, R3 : Nilai hasil respon para ahli
dengan sistem penilaian skala likert (1-5).

M1, M2, M3 : Nilai *mean* masing-masing variabel.

Jika nilai *mean* ≥ 4 , maka variabel dinyatakan relevan.

Jika nilai *mean* $3 \leq x < 4$, maka variabel dinyatakan cukup relevan.

Jika nilai *mean* < 3 , maka variabel dinyatakan kurang relevan.

VR 1, 2, 3 : Variabel Risiko.

Tahap 3 : Hubungan Variabel

3.2.7 Rancangan Kuesioner Pendahuluan II

Kuesioner pendahuluan II bertujuan untuk mengetahui hubungan antar variabel yang nantinya akan digunakan sebagai model *Bayesian Belief Network* (BBN). Rancangan kuesioner berisi tabel sebab akibat yang akan diisi dengan skala pengukuran nominal dimana nilai 1 untuk variabel yang “berhubungan” dan nilai 0

untuk variabel yang “tidak berhubungan”. Rancangan Kuesioner II dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

3.2.8 Penyebaran Kuesioner Pendahuluan II

Penyebaran kuesioner pendahuluan II ditujukan kepada para ahli dalam bidang konstruksi khususnya kontraktor yang bertugas sebagai pelaksana lapangan dan QHSE yang telah memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun. Responden pada kuesioner pendahuluan II merupakan ahli yang memberikan respon pada kuesioner pendahuluan I (**Tabel 3.1**).

3.2.9 Analisis Data

Analisis data pada kuesioner pendahuluan II dilakukan dengan cara sebagai berikut (**Tabel 3.4**):

1. Pengisian dilakukan dengan pengukuran Skala Nominal. Dimana skala pengukuran nominal digunakan untuk mengklarifikasi obyek, individual atau kelompok. Pengisian dengan Skala Nominal dilakukan dengan ketentuan jika “berhubungan” diberi nilai 1, jika “tidak berhubungan” maka diberi nilai 0.
2. Dilakukan penjumlahan dari tanggapan responden pada variabel penyebab risiko yang memiliki hubungan dengan variabel risiko yang ditimbulkan. Serta variabel risiko yang akan mempengaruhi variabel keselamatan dan kualitas cor. Perhitungan dilakukakn dengan cara sebagai berikut:

$$Jumlah = R1 + R2 + R3.....(3.2)$$

Keterangan :

R1 : merupakan nilai hasil tanggapan responden 1 dengan skala nominal, nilai 1 untuk variabel “berhubungan” dan nilai 0 untuk variabel “tidka berhubungan”.

R2 : merupakan nilai hasil tanggapan responden 2 dengan skala nominal, nilai 1 untuk variabel “berhubungan” dan nilai 0 untuk variabel “tidka berhubungan”

R3 : merupakan nilai hasil tanggapan responden 3 dengan skala nominal, nilai 1 untuk variabel “berhubungan” dan nilai 0 untuk variabel “tidka berhubungan”

3. Panah menunjukkan alur sebab akibat antara variabel penyebab risiko dengan variabel risiko. Sehingga dapat digambarkan dengan jelas variabel yang mempengaruhi dan variabel yang terpengaruh.

Tabel 3.4 Contoh Tabel Hubungan Variabel

Sebab	Akibat		
	VR1	VR2	VR3
VS1	R1+R2+R3 ➔	R1+R2+R3 ➔	0
VS2	R1+R2+R3 ➔	0	0
VS3	R1+R2+R3 ➔	R1+R2 ➔	0
Pengaruh			
VP1	R1+R2+R3 ←	R1+R2 ←	R1+R2+R3 ←
VP2	R1+R2 ←	R1+R2+R3 ←	0

Keterangan:

VR 1, 2, 3 : Variabel Risiko

VS 1, 2, 3 : Variabel Penyebab

VP 1, 2, 3 : Variabel Pengaruh

R1, R2, R3 : Nilai respon terhadap variabel (1 atau 0)

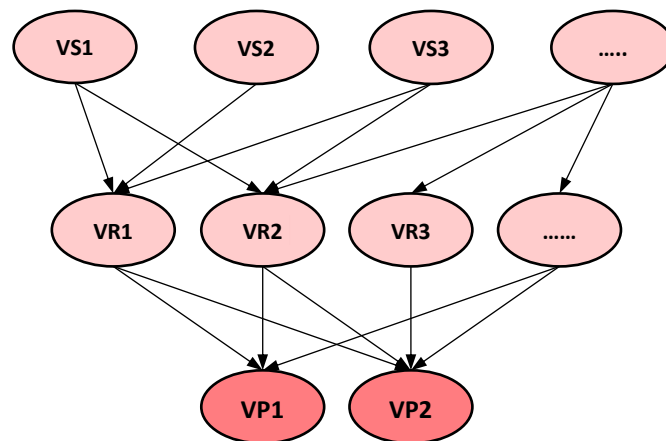
➔ : Arah variabel yang akan terpengaruh

3.2.10 Penyusunan Model

Berdasarkan hasil dari filiasi variabel dan tabel hubungan sebab akibat tersebut akan dihasilkan sebuah model *Bayesian Belief Network* (BBN) seperti **Gambar 3.2**. Penyusunan model dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Variabel-variabel awal didapatkan dari studi literature, kemudian dilakukan studi pendahuluan I untuk memvalidasi variabel-variabel apakah yang benar-benar mempengaruhi pada kondisi eksisting (lapangan).

2. Dari hasil kuesioner pendahuluan I didapatkan variabel-variabel apa saja yang berkaitan dengan keselamatan kerja dan kualitas pegecoran pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*.
3. Setelah variabel-variabel didapatkan maka dilakukan penyebaran kuesioner pendahuluan II, dimana tujuan dari penyebaran kuesioner ini untuk mengetahui hubungan antara variabel penyebab risiko dengan risiko yang akan ditimbulkan, sehingga nantinya hasil dari kuesioner ini dapat menghasilkan model seperti **Gambar 3.2**, yang nantinya akan digunakan untuk kuesioner utama.
4. Model ini akan digunakan untuk Model *Bayesian Belief Network* (BBN) untuk mengetahui probabilitas kejadian yang akan diolah dengan menggunakan software *Hugin Lite*.



Gambar 3.2 Contoh Model *Bayesian Belief Network* (BBN)

Tahap 4 : *Bayesian Belief Network* (BBN)

3.2.11 Rancangan Kuesioner Utama

Rancangan kuesioner utama bertujuan untuk mengetahui probabilitas terjadinya variabel yang akan mempengaruhi risiko yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Rancangan kuesioner utama dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

3.2.12 Penyebaran Kuesioner Utama

Penyebaran kuesioner utama ditujukan kepada pelaku konstruksi khususnya kontraktor yang bertugas sebagai pelaksana lapangan, QHSE, dan pihak yang

paham mengenai pelaksanaan pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Berikut merupakan daftar responden pada kuesioner utama (**Tabel 3.5**).

Tabel 3.5 Contoh Tabel Data Responden Kuesioner Utama

No	Jabatan	Pengalaman Kerja
1	Jabatan 1	x tahun
2	Jabatan 2	x tahun
3	Jabatan 3	x tahun
4	Jabatan 4	x tahun
5	Jabatan 5	x tahun
6	Jabatan 6	x tahun

3.2.13 Analisis Data *Bayesian Belief Network* (BBN)

Analisis data hasil kuesioner utama dilakukan dengan cara sebagai berikut (**Tabel 3.6**):

1. Dari hasil data keenam responden, didapatkan nilai probabilitas yang kemudian dilakukan rata-rata. Perhitungan rata-rata dilakukan dengan cara sebagai berikut (**Tabel 3.6**):

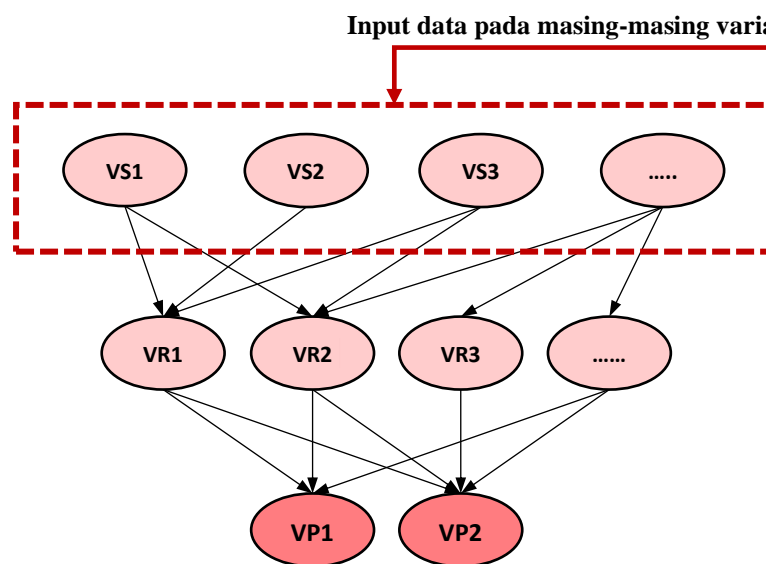
$$Rata - Rata = \frac{P1.1+P1.2+P1.3}{3} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

- P1.1 : Nilai Probabilitas Pertama dari responden 1, penilaian probabilitas dari 0 sampai dengan 1, dimana nilai 0 memiliki arti “kemungkinan tidak terjadi” sampai dengan nilai 1 memiliki arti “kemungkinan sering terjadi”.
- P1.2 : Nilai Probabilitas Pertama dari responden 2, penilaian probabilitas dari 0 sampai dengan 1, dimana nilai 0 memiliki arti “kemungkinan tidak terjadi” sampai dengan nilai 1 memiliki arti “kemungkinan sering terjadi”.
- P1.3 : Nilai Probabilitas Pertama dari responden 3, penilaian probabilitas dari 0 sampai dengan 1, dimana nilai 0 memiliki arti “kemungkinan tidak terjadi” sampai dengan nilai 1 memiliki arti “kemungkinan sering terjadi”.

Tabel 3.6 Contoh Tabel Probilitas Variabel


Variabel	States	R1	R2	R3	Mean
VS 1	State 1	P1.1	P1.2	P1.3	M1
	State 2	P2.1	P2.2	P2.3	M2
VS 2	State 1	⋮	⋮	⋮	⋮
	State 2	⋮	⋮	⋮	⋮
VS 3	State 1	⋮	⋮	⋮	⋮
	State 2	dst	dst	dst	dst

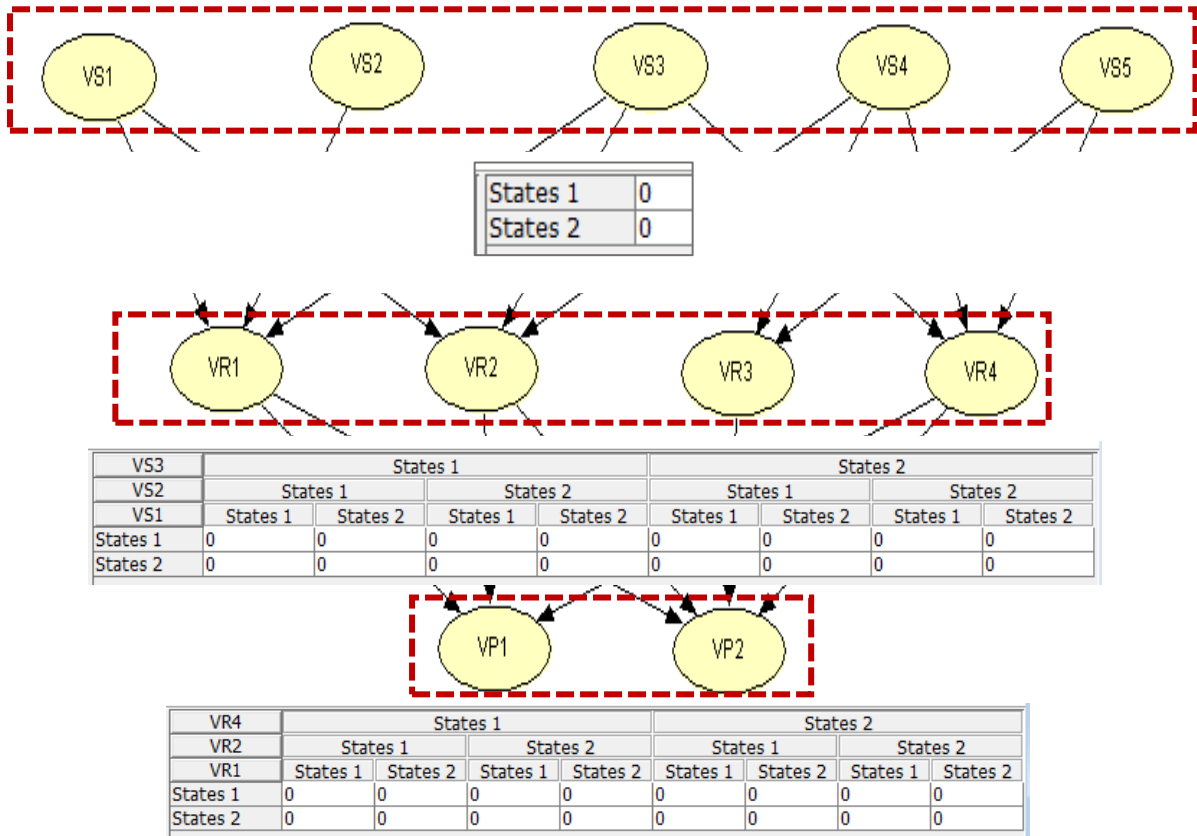


Gambar 3.3 Input Data Probabilitas pada Model *Bayesian Belief Network* (BBN)

2. Nilai rata-rata tersebut kemudian di inputkan ke dalam Model *Bayesian Belief Network* (BBN) dengan menggunakan program bantu *Hugin Lite*. Masing-masing nilai node yang dimasukkan ke *Conditional Probability Table* (CPT), atau biasa disebut Tabel Probabilitas Bersyarat (Motidyang, 2007; Wong, dkk., 2004). Probabilitas Bersyarat merepresentasikan kemungkinan berdasarkan informasi sebelumnya atau pengalaman masa lalu (Sahely dan Bagley, 2001). Setiap variabel parent dan setiap kemungkinan state variabel, terdapat baris CPT yang menggambarkan kemungkinan bahwa node anak terdiri dari beberapa states (McCabe dkk., 1998; Erbas, 2004). Nilai Probabilitas didapatkan dari hasil respon pada kuesioner. Sehingga hasilnya akan didapatkan nilai

probabilitas yang akan terjadi pada kualitas (baik/buruk) dan keselamatan (baik/buruk). Contoh Tabel Probabilitas Bersyarat dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.

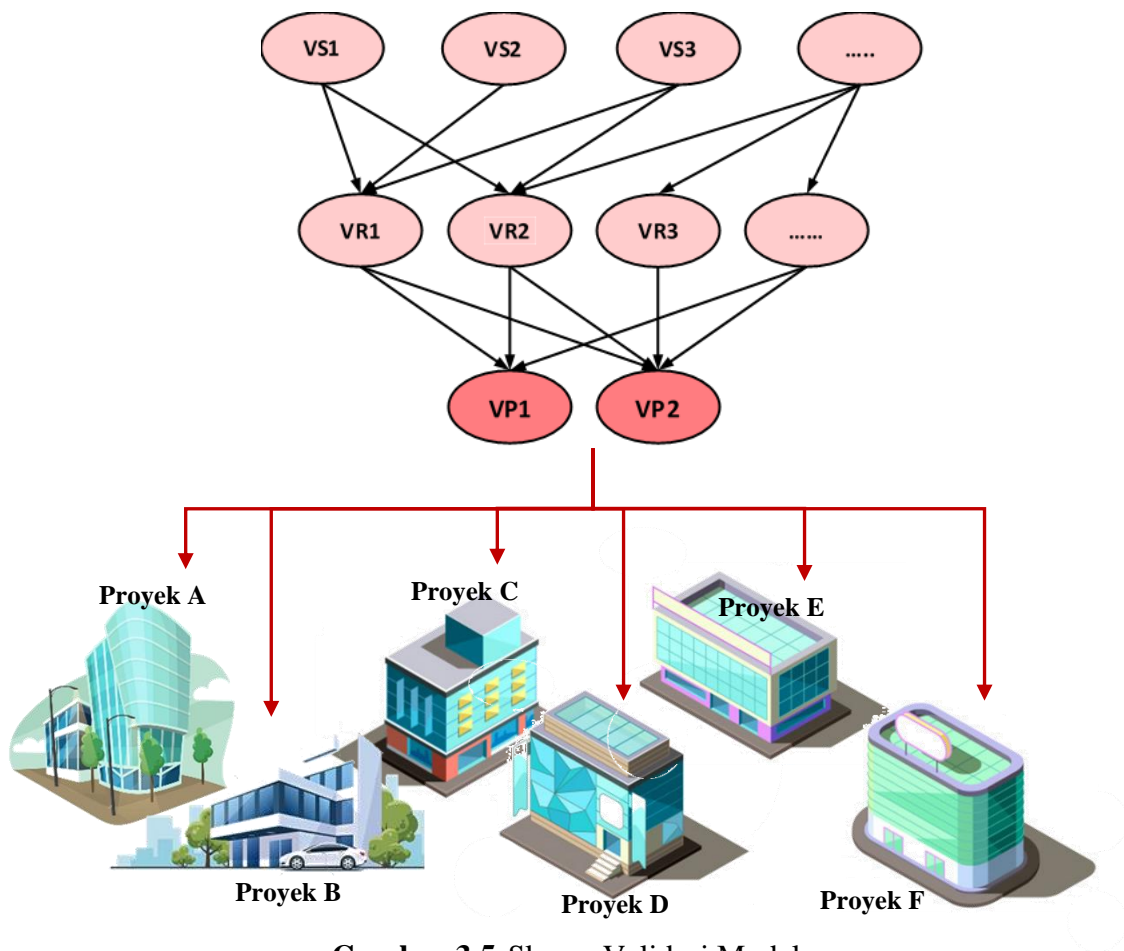
 Hugin Lite 8.7



Gambar 3.4 Contoh *Conditional Probability Table (CPT)*

3.2.14 Validasi Model

Validasi dilakukan untuk menunjukkan bahwa pemodelan yang telah dibuat valid dan sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Validasi model dilakukan dengan mengaplikasikan model dasar *Bayesian Belief Network (BBN)* ke 6 Proyek Konstruksi Gedung (**Gambar 3.5**). Kejadian diambil dari salah satu bagian (segmen) dari proyek gedung, yang dijadikan studi kasus.



Gambar 3.5 Skema Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan menginput kondisi di lapangan sehingga menghasilkan suatu kejadian (baik/buruk) sesuai hasil output dari *Bayesian Belief Network* (BBN) kemudian akan dibandingkan dengan kejadian nyata di lapangan (**Tabel 3.7**).

Tabel 3.7 Contoh Tabel Validasi Model BNN

	Proyek A				Proyek B				
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	dst	dst
States	ST1	ST2	ST1	ST2	ST1	ST2	ST1	ST2		
Analisis Model	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP		
Kondisi Nyata	Kondisi 1		Kondisi 2		Kondisi 3		Kondisi 4			
Kesimpulan	V	V	V	V	V	V	TV	V		

Keterangan:

Q : Quality (Kualitas)

S : Safety (Keselamatan)

ST1 : Baik

ST2 : Buruk

NP : Nilai Probabilitas, dari hasil output Model *Bayesian Belief Network* (BBN)

V : Valid, nilai dinyatakan valid jika kondisi ST (ST1/ST2) yang memiliki Nilai Probabilitas (NP) > 50% sesuai dengan Kondisi Real (Lapangan).

TV : Tidak Valid, nilai dinyatakan tidak valid jika kondisi ST (ST1/ST2) yang memiliki Nilai Probabilitas (NP) > 50% tidak sesuai dengan Kondisi Real (Lapangan).

Tingkat validasi model dilakukan dengan cara sebagai berikut :

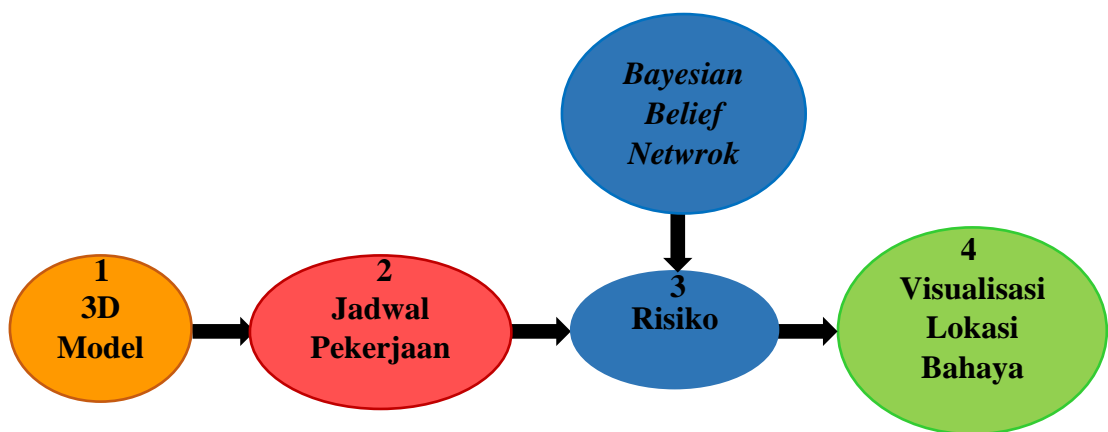
$$\text{Tingkat Validasi (\%)} = \frac{\text{Jumlah Kondisi Valid}}{\text{Total Kondisi}} \times 100 \dots \dots \dots (3.4)$$

Tahap 5 : Visualisasi Model

3.2.15 Simulasi BIM

Simulasi BIM dilakukan dengan menggunakan BIM *Software* yang diintegrasikan dengan output dari *Bayesian Belief Network* (BBN). Pada simulasi ini akan mengintegrasikan diantaranya (**Gambar 3.6**):

1. Desain struktur gedung yang dimodelkan ke dalam 3D.
2. Schedule (jadwal) pekerjaan yang akan dilaksanakan.
3. Identifikasi risiko dan bahaya pada pekerjaan pengecoran pelat. Untuk penelitian ini, risiko didapatkan dari hasil analisis Model *Bayesian Belief Network* (BBN).



Gambar 3.6 Skema Simulasi BIM

Tahap 6 : Evaluasi

3.2.16 Analisis dan Pembahasan

Tahap analisis terhadap model untuk mengetahui kelemahan/kekurangan dan keuntungan/kelebihan dari model yang dibuat, menyusun solusi perbaikan terhadap kelemahan model akhir, mendiskusikan finalisasi model.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1 Hasil Survei Pendahuluan

4.1.1 Survei Pendahuluan I (Relevansi Variabel)

Pada survei pendahuluan pertama dilakukan wawancara ahli mengenai variabel-variabel yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* di lapangan. Wawancara dilakukan kepada para ahli yaitu pelaku konstruksi dalam hal ini kontraktor yang bertugas sebagai pelaksana lapangan dan QHSE. Yang telah memiliki pengalaman kerja 11-15 tahun dan > 15 tahun dalam bidang konstruksi (**Tabel 4.1**)

Tabel 4.1 Data Responden Ahli

Ahli	Jabatan	Pengalaman Kerja
1	HSE Manager	11-15 Tahun
2	Project Production Manager	>15 Tahun
3	HSE/QC	>15 Tahun

Responden akan mengisi nilai pengukuran dalam bentuk Skala Likert 1 – 5, dimana “sangat tidak setuju” diberi angka 1, “tidak setuju” diberi angka 2, “tidak tahu (netral)” diberi angka 3, “setuju” diberi angka 4, “sangat setuju” diberi angka 5, hasil respon dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Respon para ahli mengenai relevansi variabel penyebab terjadinya risiko dan risiko yang ditimbulkan yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* akan disajikan pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3**.

Pemberian peringkat ditentukan berdasarkan nilai mean (rata-rata) variabel. Semakin tinggi mean (rata-rata) variabel. Maka semakin tinggi tingkat relevansinya. Skor empat (4,00) sebagai skor yang digunakan sebagai cut-off untuk menentukan relevansi variabel. Oleh karena itu, rata-rata variabel yang relevan bernilai lebih dari 4,00. Contoh perhitungan rata-rata untuk variabel Beban, sebagai berikut (Pers 3.1):

$$\text{Rata-Rata Variabel Beban} = \frac{5+5+4}{3} = 4.667$$

Artinya, nilai rata-rata dari variabel beban sebesar 4.667, karena 4.667 lebih besar dari 4, maka variabel dikatakan RELEVAN. Hasil perhitungan untuk Variabel lain akan disajikan pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil Respon Tingkat Pengaruh Variabel Penyebab Bahaya terhadap Keselamatan dan Kualitas Cor pada Pekerjaan Bekisting dan *Scaffolding*.

No.	Variabel Penyebab Bahaya	Responden			Mean (Rata-Rata)	Kesimpulan
		R1	R2	R3		
1	Beban	5	5	4	4,667	Relevan
3	Cuaca	5	4	5	4,667	Relevan
12	Inspeksi	4	5	5	4,667	Relevan
2	Jenis Permukaan Pijakan	4	4	5	4,333	Relevan
5	<i>Handrailing</i>	4	5	4	4,333	Relevan
11	Tekanan	4	4	3	3,667	Cukup Relevan
6	<i>Cross Bracing</i>	3	4	3	3,333	Cukup Relevan
7	<i>Footing/Jack Base</i>	4	4	2	3,333	Cukup Relevan
15	Joint/Connector	4	3	2	3	Cukup Relevan
4	Proteksi Jatuh	3	2	3	2,667	Kurang Relevan
8	<i>Guying Ties & Braces</i>	2	2	3	2,333	Kurang Relevan
9	Tangga	2	2	2	2	Kurang Relevan
13	Akses pada Bekisting	2	3	1	2	Kurang Relevan
14	Jenis Material	2	1	2	1,667	Kurang Relevan
10	Panjang Bentang	1	2	1	1,333	Kurang Relevan

Tabel 4.3 Hasil Respon Tingkat Pengaruh Variabel Risiko terhadap Keselamatan dan Kualitas Cor pada Pekerjaan Bekisting dan Scaffolding.

No.	Variabel Risiko	Responden			Mean (Rata-Rata)	Kesimpulan
		R1	R2	R3		
3	Bekisting Melendut	5	5	5	5	Sangat Relevan
1	Penurunan <i>Scaffolding</i>	5	5	4	4,667	Relevan
4	Pekerja Terjatuh	5	4	5	4,667	Relevan
5	Benda/ Material Terjatuh	4	4	5	4,333	Relevan
2	Perancah Tidak Stabil	5	3	3	3,667	Cukup Relevan
6	Pekerja tergelincir, tersandung atau jatuh pada lantai yang sama	3	2	3	2,667	Kurang Relevan

Hasil dari responden menunjukkan bahwa dari 15 variabel penyebab bahaya hanya 5 variabel yang dianggap relevan, dimana variabel-variabel tersebut adalah beban, cuaca, inspeksi, jenis permukaan pijakan dan *hand railing*. Sedangkan untuk variabel risiko dari 6 variabel, hanya 4 variabel yang dinyatakan relevan oleh responden, yaitu bekisting melendut, penurunan *scaffolding*, pekerja terjatuh dan benda/ material terjatuh.

4.1.2 Survei Pendahuluan II

Setelah didapatkan variabel-variabel yang relevan pada survei pendahuluan pertama, maka pada survei pendahuluan kedua dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel penyebab bahaya dan variabel risiko. Pengukuran dilakukan dengan cara responden akan memberikan penilaian dengan Skala Nominal dimana nilai 1 untuk variabel yang “berhubungan” dan 0 jika variabel “tidak berhubungan”, hasil respon dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

Contoh perhitungan antara beban dengan penurunan *scaffolding* (Pers 3.2):

$$\text{Jumlah nilai} : 1 + 1 + 1 = 3$$

Artinya, ketiga responden menyatakan bahwa beban mempengaruhi penurunan *scaffolding*. Hasil data responden untuk hubungan sebab akibat lain akan disajikan pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Hasil data hubungan antar variabel

Sebab	Akibat			
	Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Pekerja Terjatuh	Material Terjatuh
Beban	3 →	3 →	0	0
Jenis Permukaan Pijakan	3 →	0	0	0
Inspeksi	3 →	2 →	0	3 →
Cuaca	0	2 →	3 →	2 →
<i>Hand Railing</i>	0	0	3 →	0
Pengaruh				
Keselamatan	3 ←	2 ←	3 ←	2 ←
Kualitas	2 ←	3 ←	0	3 ←

Berdasarkan hasil respon diatas menunjukkan bahwa variabel beban akan berpengaruh ke variabel penurunan *scaffolding* dan bekisting melendut, sedangkan untuk variabel jenis permukaan pijakan hanya berpengaruh ke penurunan *scaffolding*, variabel inspeksi berpengaruh ke variabel penurunan *scaffolding*, bekisting melendut, material terjatuh, variabel cuaca berpengaruh ke variabel bekisting melendut, pekerja terjatuh, material terjatuh, dan untuk variabel *hand railing* akan berpengaruh ke variabel pekerja terjatuh.

Untuk hubungan antara variabel risiko dengan keselamatan dan kualitas cor yaitu risiko penuruanan *scaffolding* akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas, risiko bekisting melendut akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas, risiko pekerja terjatuh akan mempengaruhi keselamatan, dan material terjatuh akan

mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi.

4.2 Survei Utama

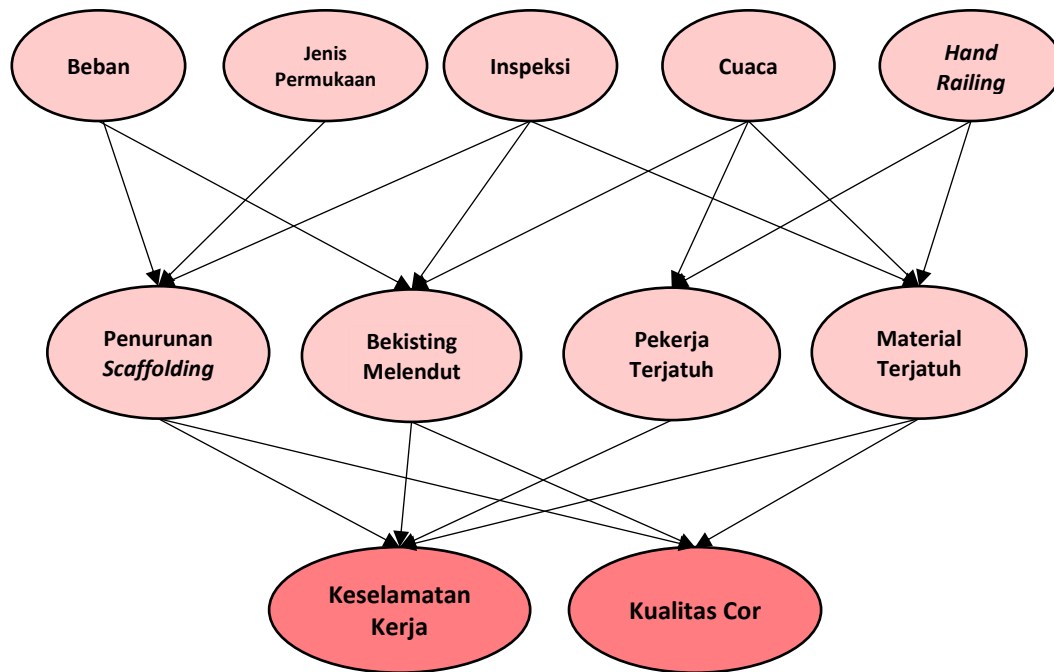
Survei utama dilakukan untuk membuat Model *Bayesian Belief Network* (BBN). Jumlah data yang terkumpul adalah sebanyak 6 data yang dilakukan oleh pelaku konstruksi dalam hal ini kontraktor khususnya yang bertugas sebagai pelaksana lapangan dan tim QHSE, profil responden dapat dilihat pada **Tabel 4.5**. Data yang diperlukan adalah nilai probabilitas kejadian dari masing masing variabel terhadap variabel yang akan dipengaruhinya, hasil respon survei utama dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Data-data ini selanjutnya akan dimasukkan kedalam model *Bayesian Belief Network* (BBN) untuk mengetahui besar probabilitas pengaruh variabel-variabel tersebut pada keselamatan dan kualitas dari pelaksanaan pekerjaan *scaffolding* dan bekisting pelat.

Tabel 4.5 Data Responden pada Kuesioner Utama

No	Jabatan	Pengalaman Kerja
1	Supervisor	5-10 tahun
2	HSE Manager	5-10 tahun
3	HSE	11-15 tahun
4	HSE Officer	11-15 tahun
5	Manager QHSE	>15 tahun
6	Manager QA	>15 tahun

4.2.1 Hasil Model *Bayesian Belief Network* (BBN)

Setelah tahap filter variabel pada studi pendahuluan I dan hubungan antar variabel pada studi pendahuluan II, maka didapatkan model *Bayesian Belief Network* (BBN) seperti **Gambar 4.1**. Model *Bayesian Belief Network* (BBN) ini akan digunakan dan diinput kedalam *software Hugin Lite*, untuk mengetahui apakah model dapat digunakan atau tidak.



Gambar 4.1 Model *Bayesian Belief Network* (BBN)

Berikut merupakan pengertian dari variabel-variabel yang mempengaruhi keselamatan kerja dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* :

1. Beban

Beban yang ditopang *scaffolding* dan bekisting berupa beban hidup termasuk beban pekerja, peralatan, penyimpanan material, beban mati berupa beban bekisting, tulangan dan beton yang baru ditempatkan, beban akibat tekanan lateral beton pada saat penuangan, serta beban khusus seperti beban akibat mesin, pengangkatan material, beban tulangan terkonsentrasi, dan penyimpanan bahan konstruksi (ACI 347, 2004).

2. Jenis Permukaan Pijakan

Permukaan Pijakan yang tepat untuk *scaffolding* dan bekisting adalah tanah keras atau permukaan yang keras, jika pijakan lunak maka tidak dapat menopang beban yang ditumpangkan dan tidak akan stabil, cara lain agar dapat menstabilkan dengan sarana pendukung lain yang harus disediakan (ACI 347, 2004).

3. Inspeksi

Inspeksi harus dilakukan oleh orang disertifikasi sebagai Inspektor Konstruksi ACI atau orang yang memiliki pelatihan dan pengetahuan bekisting yang setara. Bentuk harus diperiksa dan diperiksa sebelum tulangan ditempatkan

untuk mengkonfirmasi bahwa dimensi dan lokasi beton akan sesuai dengan rencana struktural (ACI 347, 2004).

4. Cuaca

Kondisi cuaca yang akan berpengaruh pada bagian-bagian bekisting yang akan dipengaruhi angin, hujan dan/atau panas matahari oleh karena itu harus diperhitungkan (F.Wigbout, 1997). Hal ini akan mempengaruhi lendutan terutama oleh: (1) regangan dan deformasi yang dapat terjadi pada bentuk, karena fleksibilitas batang pengikat, *wales*, *stud*, dan selubung; dan (2) semakin kecil rasio, maka semakin besar efek lengkungannya, karena beton semakin sulit dideformasi untuk memobilisasi ketahanan geser penuhnya (Rodin, 2016).

5. Handrailing

Handrailing dipasang diseluruh sisi terbuka dan dapat menopang beban minimum 90,71 kg.

4.2.2 Nilai Probabilitas Kejadian

Pada penelitian ini, pengambilan keputusan dilakukan dengan menggunakan *Bayesian Belief Network* (BBN). Untuk membuat model ini, diperlukan probabilitas kejadian/ probabilitas variabel sesuai kejadian di lapangan pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Nilai probabilitas didapatkan dari tanggapan responden yang sudah ahli dibidang *scaffolding* dan bekisting, pada penelitian ini responden yang digunakan sebanyak 6 orang. Nilai probabilitas yang digunakan adalah nilai rata-rata dari hasil respon sebanyak 6 data, dengan pengolahan data seperti pada **Tabel 4.6**. Hasil rekapitulasi nilai probabilitas rata-rata akan dijelaskan pada **Tabel 4.7**.

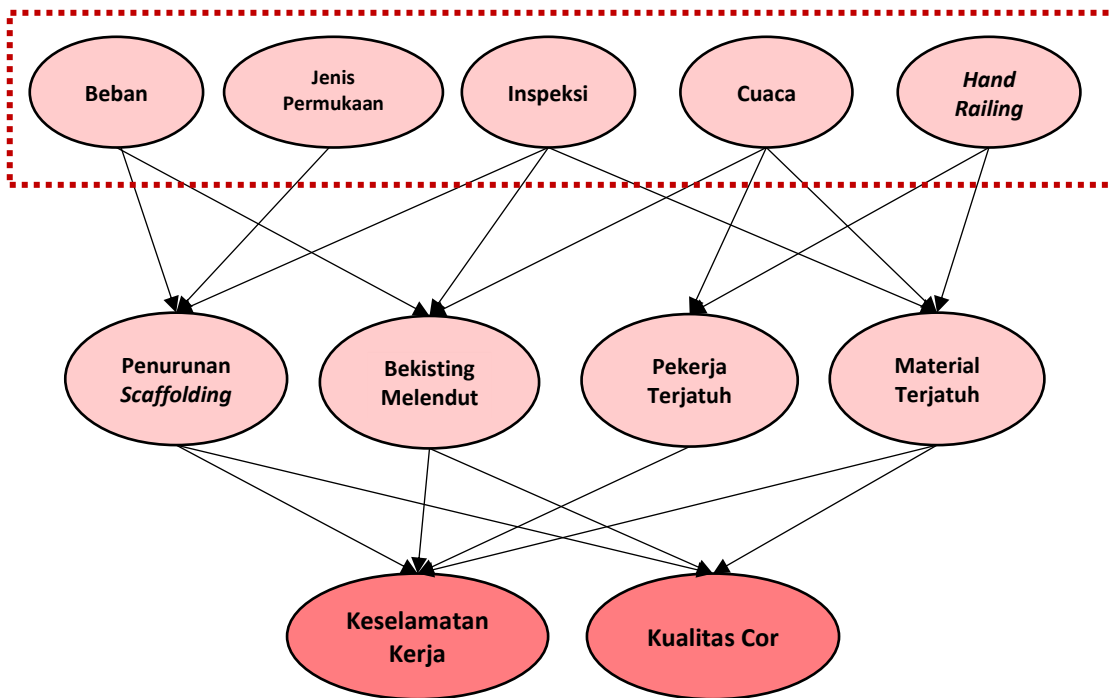
Contoh perhitungan probabilitas rata rata untuk Variabel Beban dengan states Overload (Pers 3.3):

$$\text{Probabilitas Rata-Rata} = \frac{0.8+0.9+1+0.9+0.8+0.5}{6} = 0.817$$

Artinya probabilitas rata-rata yang akan terjadi dari beban overload sebesar 0.817, sehingga nilai 0.817 akan dimasukkan kedalam *Conditional Probability Table* (CPT) pada program bantu Hugin Lite.

Variabel	State	Probabilitas						
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	Mean
Beban	Overload	0,8	0,9	1	0,9	0,8	0,5	0,817
	Standar	0,2	0,1	0	0,1	0,2	0,5	0,183
Jenis Permukaan Pijakan	Lunak	0,8	0,8	1	1	0,7	0,8	0,850
	Keras	0,2	0,2	0	0	0,3	0,2	0,150
Inspeksi	Tidak Dilakukan	0,8	0,8	1	1	0,8	0,8	0,867
	Dilakukan	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0,133
Cuaca	Hujan Angin	0,7	0,5	0,8	0,2	0,6	0,2	0,500
	Cerah	0,3	0,5	0,2	0,8	0,4	0,8	0,500
Hand Railing	Tidak Dipasang	0,7	0,9	0,8	1	0,8	0,9	0,850
	Dipasang	0,3	0,1	0,2	0	0,2	0,1	0,150

Tabel 4.6 Tabel Contoh Perhitungan Nilai Probabilitas



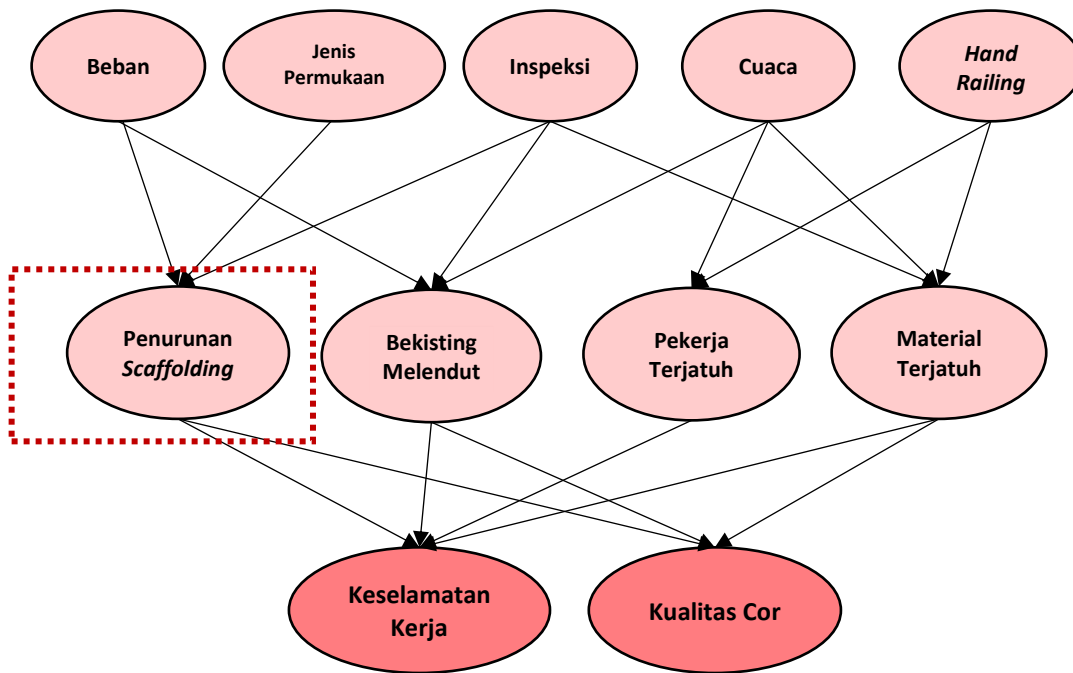
Gambar 4.2 Model BBN untuk Probabilitas Penyebab Risiko

Gambar 4.2 menunjukkan permodelan *Bayesian Belief Network* (BBN), khususnya untuk bagian yang diberi kotak merah merupakan variabel yang akan mempengaruhi risiko yang akan terjadi pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*.

Tabel 4.7 Probabilitas Variabel terhadap Keselamatan dan Kualitas Cor

Variabel	State	Probabilitas
Beban	Overload	0.817
	Standar	0.183
Jenis Permukaan Pijakan	Lunak	0.850
	Keras	0.150
Inspeksi	Tidak Dilakukan	0.867
	Dilakukan	0.133
Cuaca	Hujan Angin	0.500
	Cerah	0.500
<i>Hand Railing</i>	Tidak Dipasang	0.850
	Dipasang	0.150

Pada **Tabel 4.7** didapatkan nilai probabilitas dari masing-masing variabel dari hasil rata-rata respon yang akan berpengaruh pada keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Variabel beban overload memiliki nilai probabilitas sebesar 0,817, beban standar memiliki nilai probabilitas 0,183. Variabel Jenis permukaan pijakan lunak memiliki nilai probabilitas sebesar 0,850, Jenis permukaan pijakan keras memiliki nilai probabilitas 0,150. Variabel inspeksi tidak dilakukan memiliki nilai probabilitas sebesar 0,867, inspeksi dilakukan memiliki nilai probabilitas 0,133. Variabel cuaca hujan angin memiliki nilai probabilitas 0,500, cuaca cerah memiliki nilai probabilitas 0,500. Variabel *hand railing* tidak dipasang memiliki nilai probabilitas sebesar 0,850, *hand railing* dipasang memiliki nilai probabilitas sebesar 0,150.



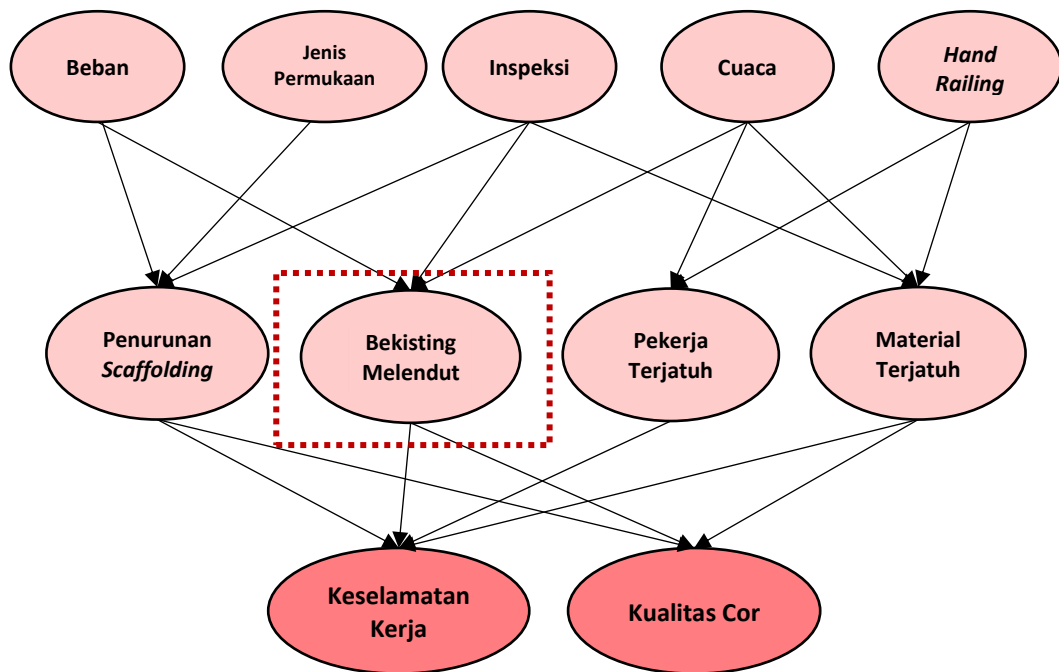
Gambar 4.3 Model BBN untuk Probabilitas Penurunan *Scaffolding*

Gambar 4.3 menunjukkan model *Bayesian Belief Network* (BBN) khususnya yang diberi tanda kotak merah yaitu probabilitas terjadinya penurunan *scaffolding*. Pengolahan data dapat dilihat pada **Lampiran 7**, dan untuk hasil nilai probabilitas rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Probabilitas Terjadinya Penurunan *Scaffolding*

Variabel			Probabilitas Penurunan <i>Scaffolding</i>	
Inspeksi	Jenis Permukaan Pijakan	Beban	Terjadi	Tidak Terjadi
Dilakukan	Keras	Standar	0.100	0.900
		Overload	0.583	0.417
	Lunak	Standar	0.533	0.467
		Overload	0.900	0.100
Tidak Dilakukan	Keras	Standar	0.258	0.742
		Overload	0.683	0.317
	Lunak	Standar	0.550	0.450
		Overload	0.950	0.050

Pada **Tabel 4.8** didapatkan nilai probabilitas yang terjadi akibat variabel inspeksi, Jenis Permukaan Pijakan, dan beban yang akan mempengaruhi terjadinya penurunan *scaffolding*. Sebagai contoh dimana jika inspeksi dilakukan, dengan Jenis Permukaan Pijakan sebagai pijakan merupakan tanah keras dan beban sesuai standar, maka probabilitas terjadinya penurunan *scaffolding* sebesar 0,1, sedangkan untuk probabilitas tidak terjadinya penurunan *scaffolding* sebesar 0,9.



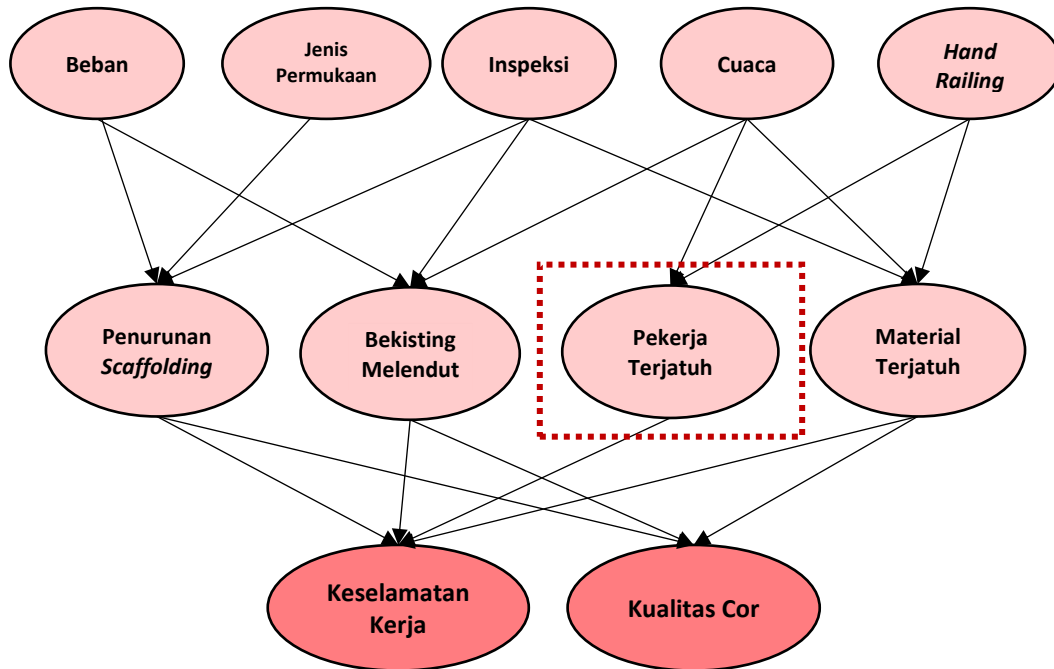
Gambar 4.4 Model BBN untuk Probabilitas Bekisting Melendut

Gambar 4.4 menunjukkan model *Bayesian Belief Network* (BBN), khususnya yang diberi tanda kotak merah yaitu probabilitas terjadinya bekisting melendut. Pengolahan data dapat dilihat pada **Lampiran 8** dan untuk hasil nilai probabilitas rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Probabilitas Terjadinya Bekisting Melendut

Variabel			Probabilitas Bekisting Melendut	
Cuaca	Inspeksi	Beban	Terjadi	Tidak Terjadi
Cerah	Dilakukan	Standar	0.083	0.917
		Overload	0.617	0.383
	Tidak Dilakukan	Standar	0.383	0.617
		Overload	0.767	0.233
Hujan Angin	Dilakukan	Standar	0.308	0.692
		Overload	0.733	0.267
	Tidak Dilakukan	Standar	0.567	0.433
		Overload	0.900	0.100

Pada **Tabel 4.9** didapatkan nilai probabilitas yang terjadi akibat variabel cuaca, inspeksi, dan beban yang akan mempengaruhi terjadinya bekisting melendut.



Gambar 4.5 Model BBN untuk Probabilitas Pekerja Terjatuh

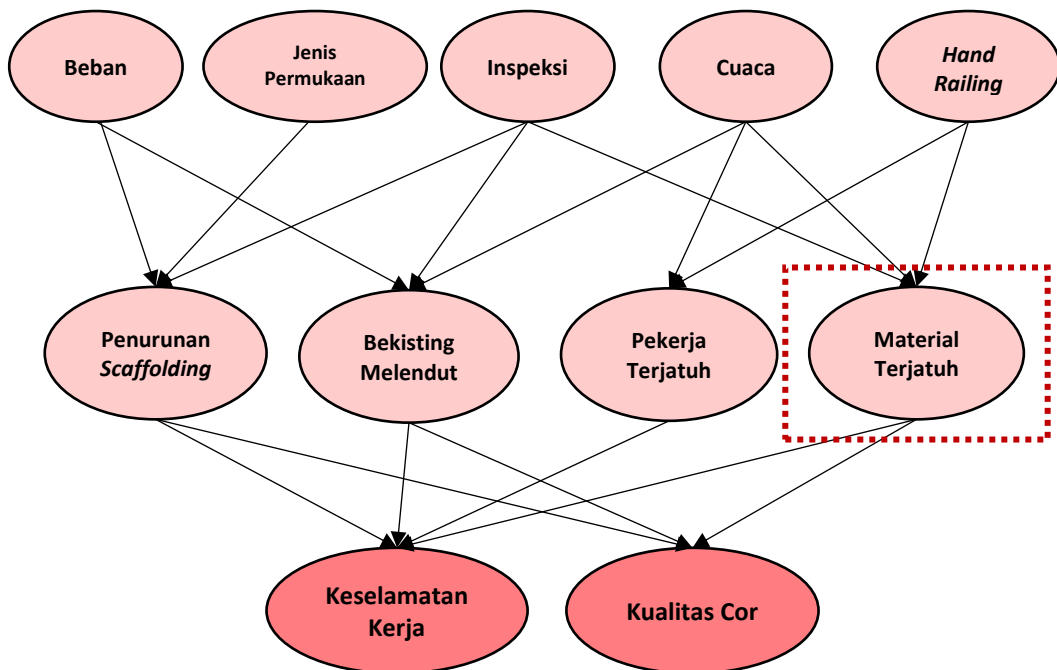
Gambar 4.5 menunjukkan model *Bayesian Belief Network* (BBN), khususnya yang diberi tanda kotak merah yaitu probabilitas terjadinya pekerja

terjatuh. Pengolahan data dapat dilihat pada **Lampiran 9** dan untuk hasil nilai probabilitas rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Probabilitas Pekerja Terjatuh

Variabel		Probabilitas Pekerja Terjatuh	
Cuaca	Hand Railing	Terjadi	Tidak Terjadi
Cerah	Ada	0.075	0.925
	Tidak Ada	0.533	0.467
Hujan Angin	Ada	0.367	0.633
	Tidak Ada	0.842	0.158

Pada **Tabel 4.10** didapatkan nilai probabilitas yang terjadi akibat variabel cuaca dan *hand railing*, yang akan mempengaruhi terjadinya pekerja terjatuh.



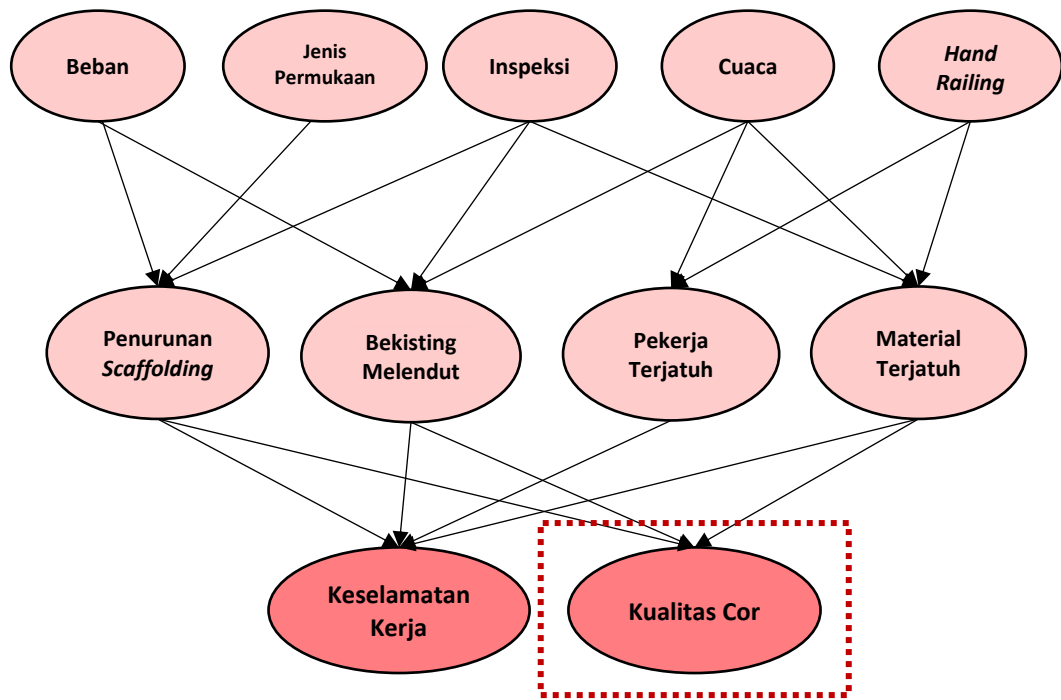
Gambar 4.6 Model BBN untuk Probabilitas Material Terjatuh

Gambar 4.6 menunjukkan model *Bayesian Belief Network* (BBN), khususnya yang diberi tandan kotak merah, yaitu probabilitas terjadinya material terjatuh. Pengolahan data dapat dilihat pada **Lampiran 10** dan untuk hasil nilai probabilitas rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Probabilitas Terjadinya Material Terjatuh

Variabel			Probabilitas Material Terjatuh	
<i>Hand Railing</i>	Inspeksi	Cuaca	Terjadi	Tidak Terjadi
Ada	Dilakukan	Cerah	0.075	0.925
		Hujan Angin	0.408	0.592
	Tidak Dilakukan	Cerah	0.300	0.700
		Hujan Angin	0.700	0.300
Tidak Ada	Dilakukan	Cerah	0.400	0.600
		Hujan Angin	0.850	0.150
	Tidak Dilakukan	Cerah	0.500	0.500
		Hujan Angin	0.883	0.117

Pada **Tabel 4.11** didapatkan nilai probabilitas yang terjadi akibat variabel *hand railing*, inspeksi, dan cuaca, yang akan mempengaruhi terjadinya material terjatuh.



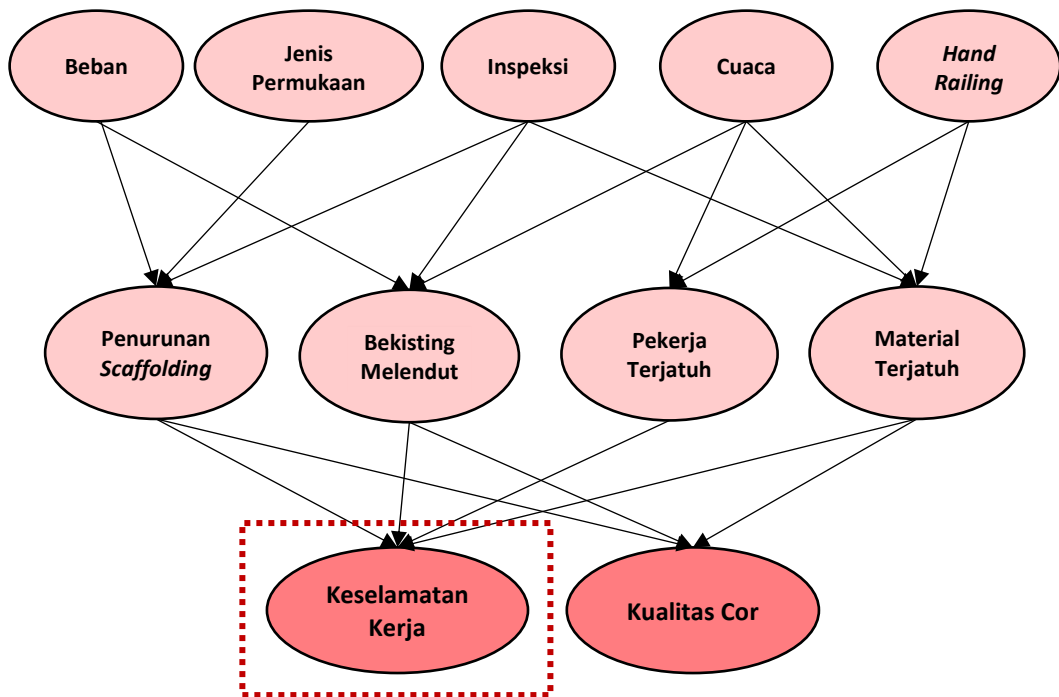
Gambar 4.7 Model BBN untuk Probabilitas Kualias Cor

Pada **Gambar 4.7** menunjukkan model *Bayesian Belief Network* (BBN), khususnya yang diberi tanda kotak merah yaitu probabilitas kualitas cor. Pengolahan data dapat dilihat pada **Lampiran 11** dan untuk hasil nilai probabilitas rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Probabilitas Kualitas Cor

Variabel			Probabilitas Kualitas Cor	
Material Terjatuh	Bekisting Melendut	Penurunan Scaffolding	Buruk	Baik
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.100	0.900
		Terjadi	0.783	0.217
	Terjadi	Tidak Terjadi	0.733	0.267
		Terjadi	0.900	0.100
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.533	0.467
		Terjadi	0.817	0.183
	Terjadi	Tidak Terjadi	0.833	0.167
		Terjadi	0.958	0.042

Pada **Tabel 4.12** didapatkan nilai probabilitas yang terjadi akibat variabel material terjatuh, bekisting melendut, dan penurunan *scaffolding*, yang akan mempengaruhi kualitas cor.



Gambar 4.8 Model BBN untuk Probabilitas Keselamatan Kerja

Gambar 4.8 menunjukkan model *Bayesian Belief Network* (BBN), khususnya yang diberi tanda kotak merah yaitu probabilitas keselamatan kerja. Pengolahan data dapat dilihat pada **Lampiran 12** dan untuk hasil nilai probabilitas rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13 Probabilitas Keselamatan

Variabel				Probabilitas Keselamatan	
Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Material Terjatuh	Pekerja Terjatuh	Bahaya	Aman
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.075	0.925
			Terjadi	0.550	0.450
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.517	0.483
			Terjadi	0.942	0.058
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.233	0.767
			Terjadi	0.850	0.150
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.533	0.467
			Terjadi	0.875	0.125
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.550	0.450
			Terjadi	0.917	0.083
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.683	0.317
			Terjadi	0.908	0.092
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.683	0.317
			Terjadi	0.933	0.067
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.750	0.250
			Terjadi	0.983	0.017

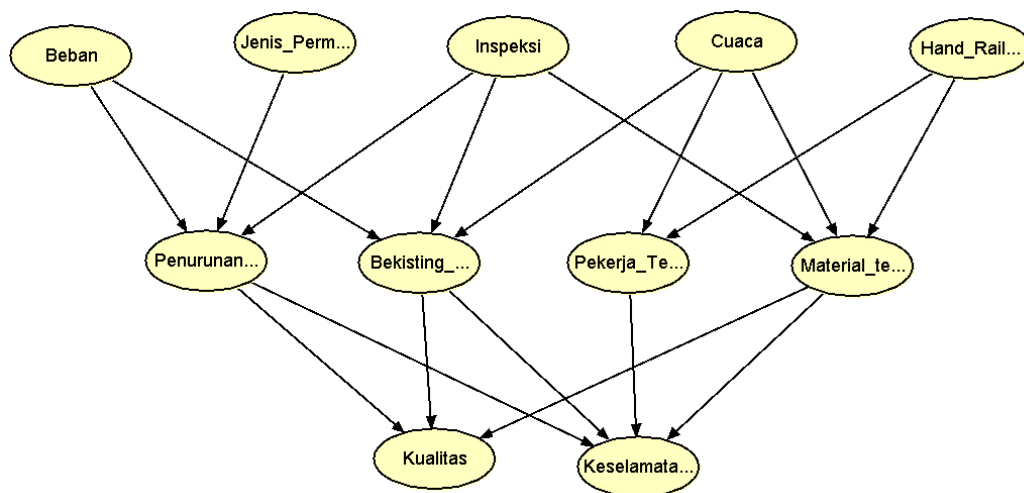
Pada **Tabel 4.13** didapatkan nilai probabilitas yang terjadi akibat variabel penurunan *scaffolding*, bekisting melendut, material terjatuh, dan pekerja terjatuh, yang akan mempengaruhi keselamatan kerja.

4.3 Aplikasi Model pada Proyek Bangunan Gedung di Indonesia

4.3.1 Tahapan Permodelan dengan *Hugin Lite*

Permodelan *Bayesian Belief Network* (BBN) menggunakan program bantu *Hugin Lite*. Model didapatkan berdasarkan beberapa tahapan, diantaranya:

- Identifikasi variabel-variabel yang berkaitan dengan keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*;
- Melakukan filterisasi variabel-variabel dengan cara wawancara expert (*purposive sampling*) lalu dilakukan *mean rank analysis*.
- Menentukan hubungan antara variabel-variabel melalui wawancara expert (pelaksana lapangan dan tim QHSE). Dengan pengolahan data menggunakan matriks ketergantungan (*dependency matrix*).
- Menentukan nilai probabilitas masing-masing variabel. Dengan pengolahan data menggunakan CPT (*Conditional Probability Table*). Seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.7**, **Tabel 4.8**, **Tabel 4.9**, **Tabel 4.10**, **Tabel 4.11**, **Tabel 4.12** dan **Tabel 4.13**.
- Membuat permodelan dengan *Hugin Lite 8.7 free download*. Seperti pada **Gambar 4.9** dibawah ini.

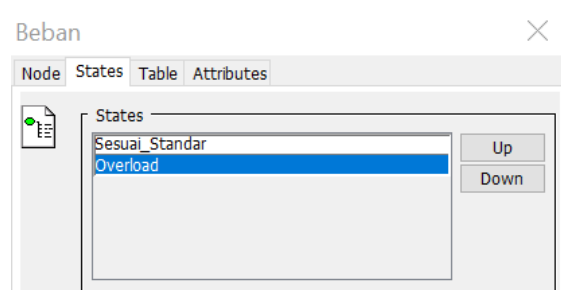


Gambar 4.9 Tampilan Model *Bayesian Belief Network* (BBN) pada *Hugin Lite* (Hasil Analisis, 2019)

Berdasarkan **Gambar 4.9** menunjukkan pola hubungan antar variabel yang akan menjadi dasar pengambilan keputusan. Model dasar ini kemudian akan diaplikasikan pada studi kasus proyek gedung yang pernah mengalami runtuh pada

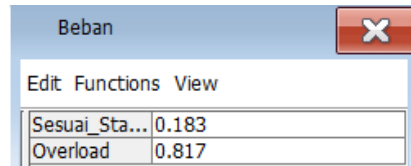
saat pekerjaan pengecoran pelat lantai akibat bekisting dan *scaffolding* dan gedung yang tidak pernah mengalami keruntuhan saat pengecora pelat lantai akibat pekerjaan bekisting dan *scaffolding*.

Untuk menentukan nilai probabilitas kecelakaan kerja pada proyek konstruksi menggunakan *software Bayes*. Masing-masing variabel akan memiliki states yang akan diisi seperti **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 States Variabel

Setelah states variabel diisi, lalu pengisian nilai probabilitas berdasarkan hasil rata-rata data respon dari 6 responden dilakukan seperti contoh pada **Gambar 4.11** dan **Gambar 4.12**.

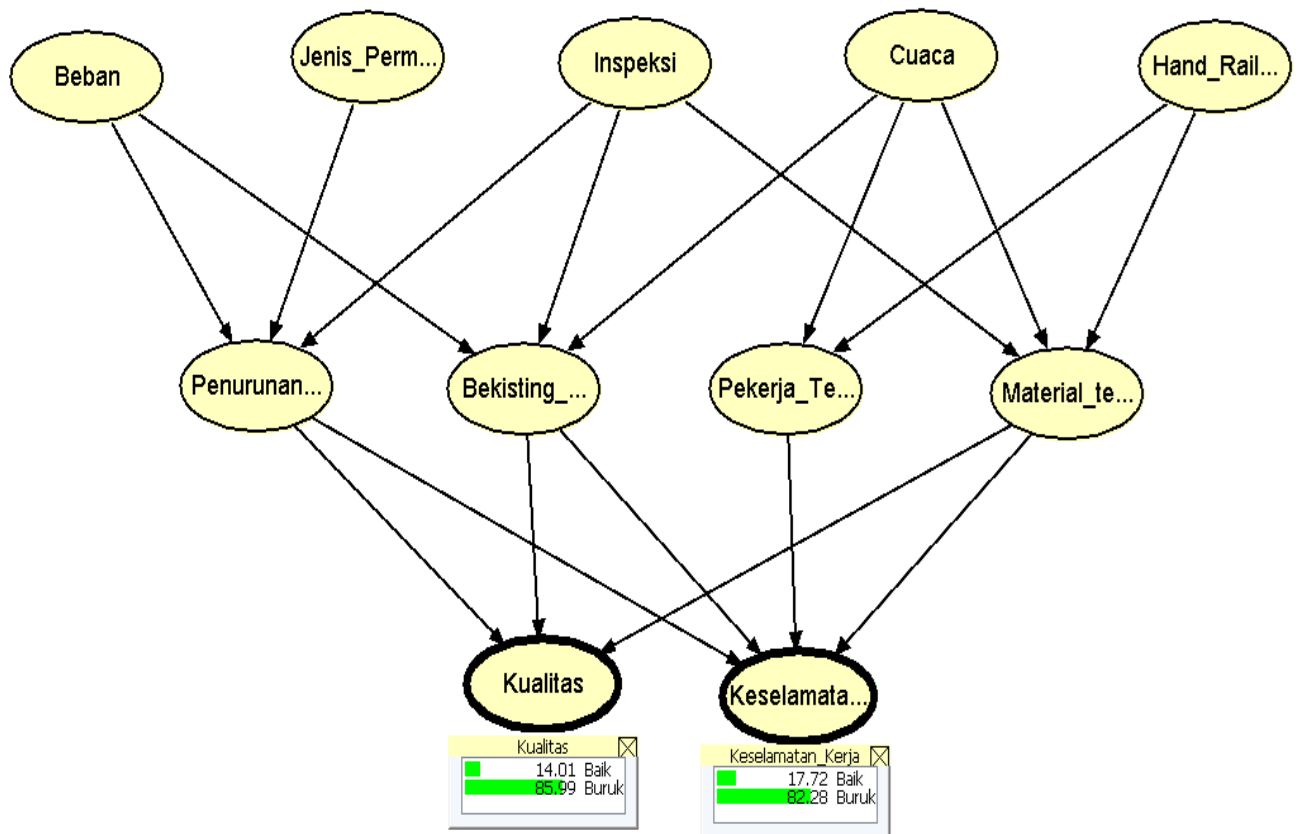


Gambar 4.11 Nilai Probabilitas Variabel Beban

Cuaca	Cerah				Hujan Angin			
	Dilakukan		Tidak Dilakukan		Dilakukan		Tidak Dilakukan	
Inspeksi	Sesuai ...	Overload	Sesuai ...	Overload	Sesuai ...	Overload	Sesuai ...	Overload
Tidak Terjadi	0.917	0.383	0.617	0.233	0.692	0.267	0.433	0.1
Terjadi	0.083	0.617	0.383	0.767	0.308	0.733	0.567	0.9

Gambar 4.12 Nilai Probabilitas Terjadinya Bekisting Melendut

Setelah semua probabilitas diisi pada *Conditional Probability Table* (CBT) tersebut, maka dilakukan *Running Model*. Sehingga akan didapatkan hasil Model *Bayesian Belief Network* (BBN) seperti pada **Gambar 4.13**, hasil menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya kualitas baik sebesar 14.01 %, kualitas buruk sebesar 85.99 % dan kemungkinan terjadinya keselamatan baik sebesar 17.72 %, keselamatan buruk sebesar 82.28 %.



Gambar 4.13 *Direct Acyclic Grap* (DAG) dengan Nilai Probabilitas Variabel (Hasil Analisa, 2019)

4.4 Studi Kasus

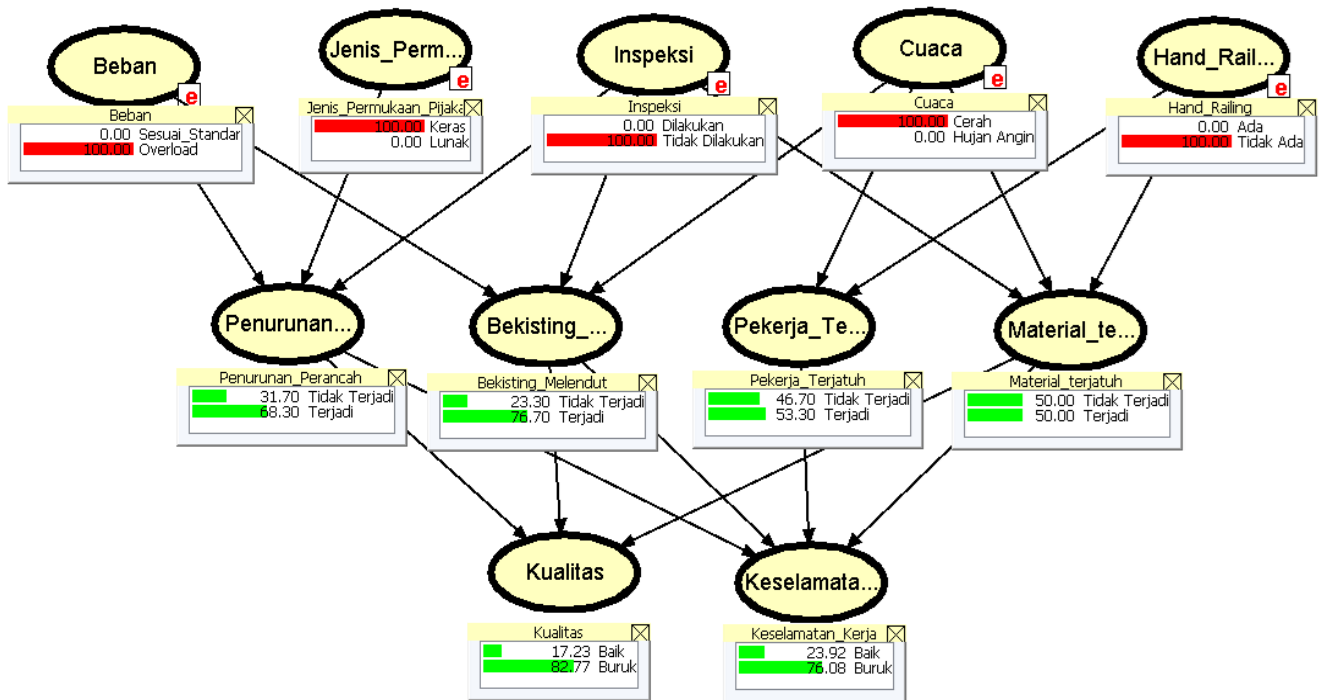
Studi kasus pada penelitian ini dilakukan pada salah satu segmen proyek gedung. Studi kasus dibagi menjadi 2 kasus, 3 proyek untuk segmen yang pernah mengalami kecelakaan pada saat pengecoran pelat (BAHAYA) dan 3 proyek untuk segmen yang tidak mengalami kecelakaan saat pengecoran pelat (AMAN). Dalam studi kasus ini model akan dibuat dalam kondisi *evidence* atau fakta yang sudah terobservasi sesuai kondisi yang terjadi di lapangan, *Bayesian Belief Network* (BBN) dapat memprediksi peluang terjadinya kondisi bahaya serta kualitas yang buruk. Terdapat 6 *evidence*, dengan hasil respon seperti pada **Lampiran 13** dan berikut merupakan kemungkinan-kemungkinan *evidence* yang terjadi pada proyek konstruksi **Tabel 4.14**.

Tabel 4.14 Daftar Proyek yang Digunakan dalam Studi Kasus

Kondisi BAHAYA	Kondisi AMAN
Segmen Proyek A	Segmen Proyek D
Segmen Proyek B	Segmen Proyek E
Segmen Proyek C	Segmen Proyek F

1. *Evidence* Proyek A

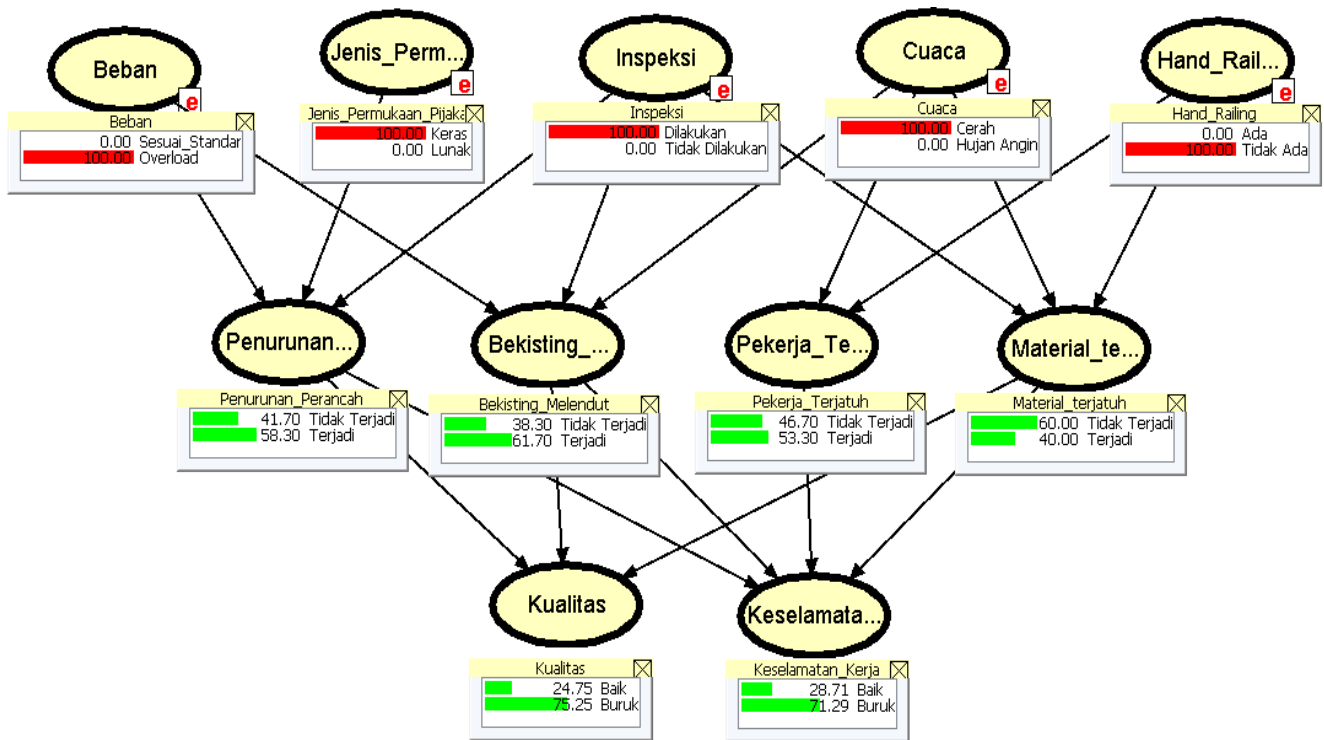
Proyek A merupakan proyek gedung yang berlokasi di Mega Kuningan, Jakarta Selatan dan memiliki luas bangunan 32000 m². Kejadian ambrol terjadi pada bagian pelat ramp. Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban diperkirakan *overload*, jenis permukaan pijakan keras karena pengecoran dilakukan pada atap ramp, inspeksi tidak dilakukan, padahal saat itu pihak internal telah melakukan komplain, cuaca pada saat pengecoran cerah, *hand railing* tidak terpasang, hanya dipasang tali saja dianggap cukup. Pada **Gambar 4.14** menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek A, yaitu kualitas baik memiliki nilai probabilitas sebesar 17.23 % sedangkan untuk probabilitas kualitas buruk sebesar 82,77 % dan untuk nilai probabilitas keselamatan baik sebesar 23.92 % sedangkan untuk nilai probabilitas keselamatan buruk sebesar 76.08 %.



Gambar 4.14 Direct Acyclic Graph (DAG) Evidence Proyek A

2. Evidence Proyek B

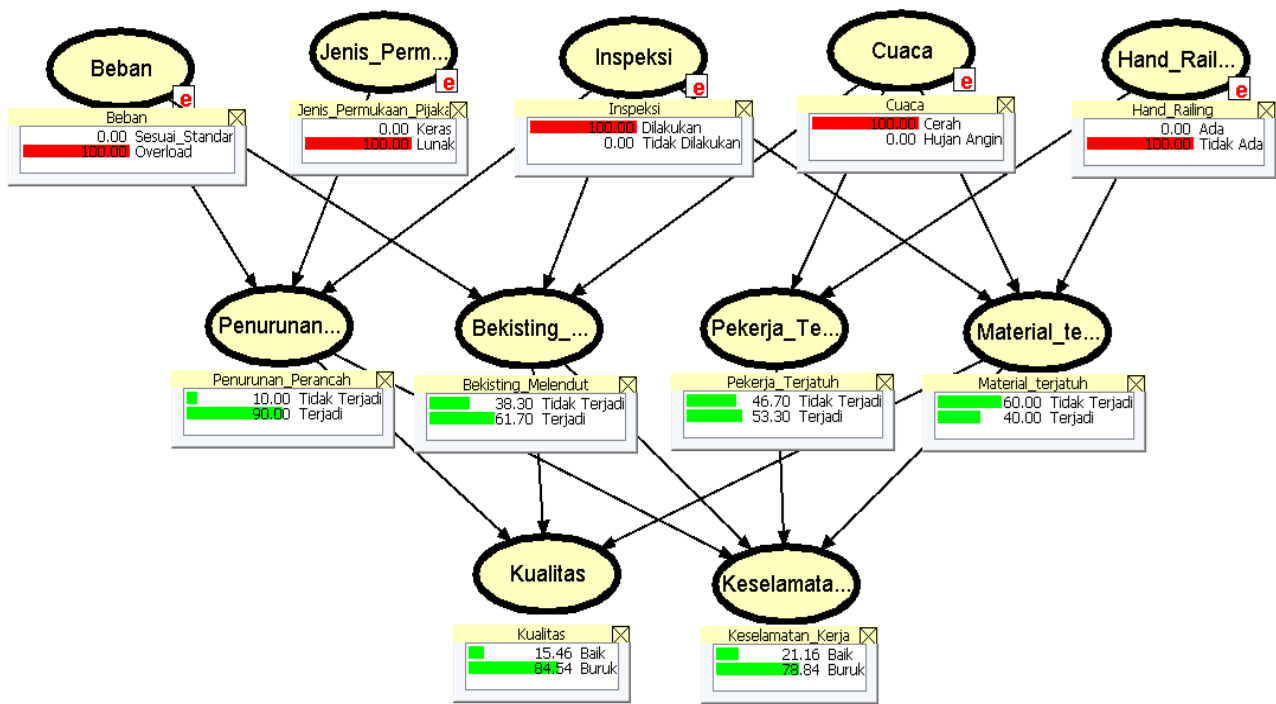
Proyek B merupakan proyek gedung yang berlokasi di Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur. Memiliki luas bangunan 8077 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah terjadinya beban overload, sehingga tidak dapat ditopang oleh perancah, jenis permukaan pijakan keras karena pengecoran dilakukan pada plat bordes, inspeksi dilakukan bersama K3, QC, supervisor, dan survey, cuaca saat kejadian cerah, *hand railing* tidak terpasang. Pada **Gambar 4.15** menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek B, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 24.75 % sedangkan untuk nilai probabilitas buruk 75.25 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 28.71 %, sedangkan untuk nilai probabilitas keselamatan buruk sebesar 71.29 %.



Gambar 4.15 Direct Acyclic Graph (DAG) Evidence Proyek B

3. Evidence Proyek C

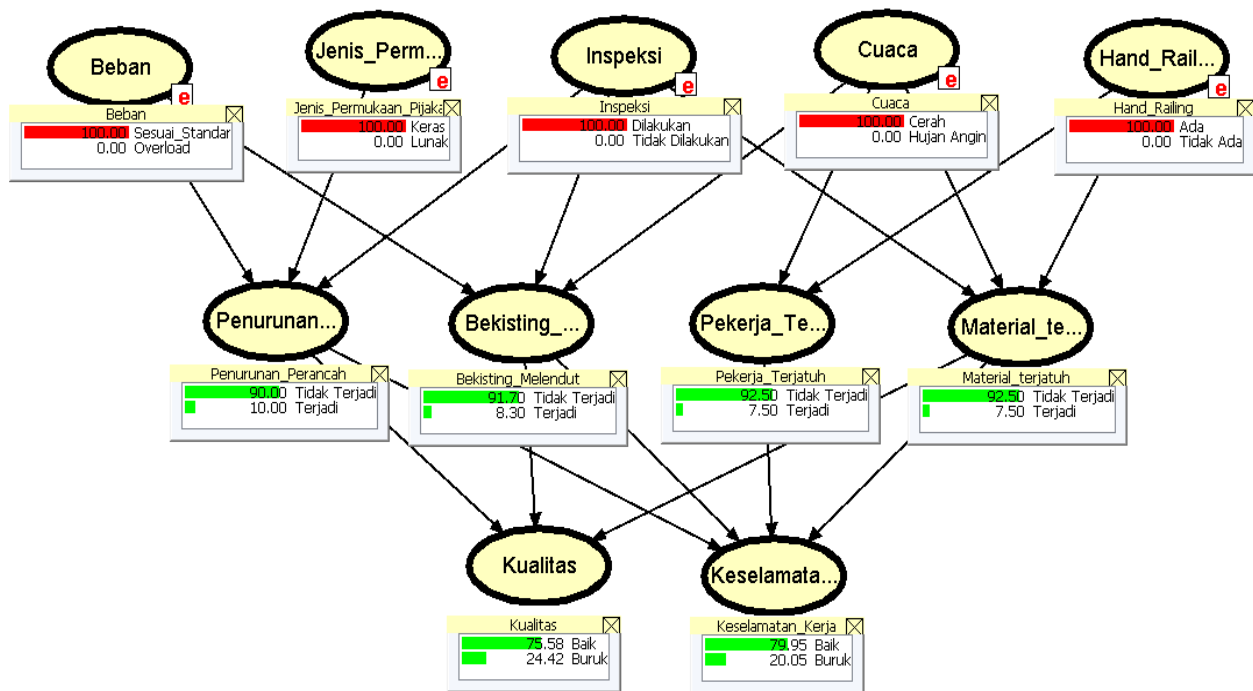
Proyek C merupakan proyek gedung yang berlokasi di Karangasem, Bali. Memiliki luas bangunan 8500 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban diperkirakan *overload* karena tidak dapat di topang *scaffolding*, jenis permukaan pijakan lunak, inspeksi dilakukan akan tetapi karena kondisi yang tidak memungkinkan maka inspeksi tidak akurat, cuaca pada saat itu cerah, *hand railing* tidak dipasang pada saat pekerjaan pelat. Pada **Gambar 4.16** menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek C, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 15.46 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 84.54 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 21.16 % sedangkan untuk keselamatan buruk sebesar 78.84 %.



Gambar 4.16 Direct Acyclic Graph (DAG) Evidence Proyek C

4. Evidence Proyek D

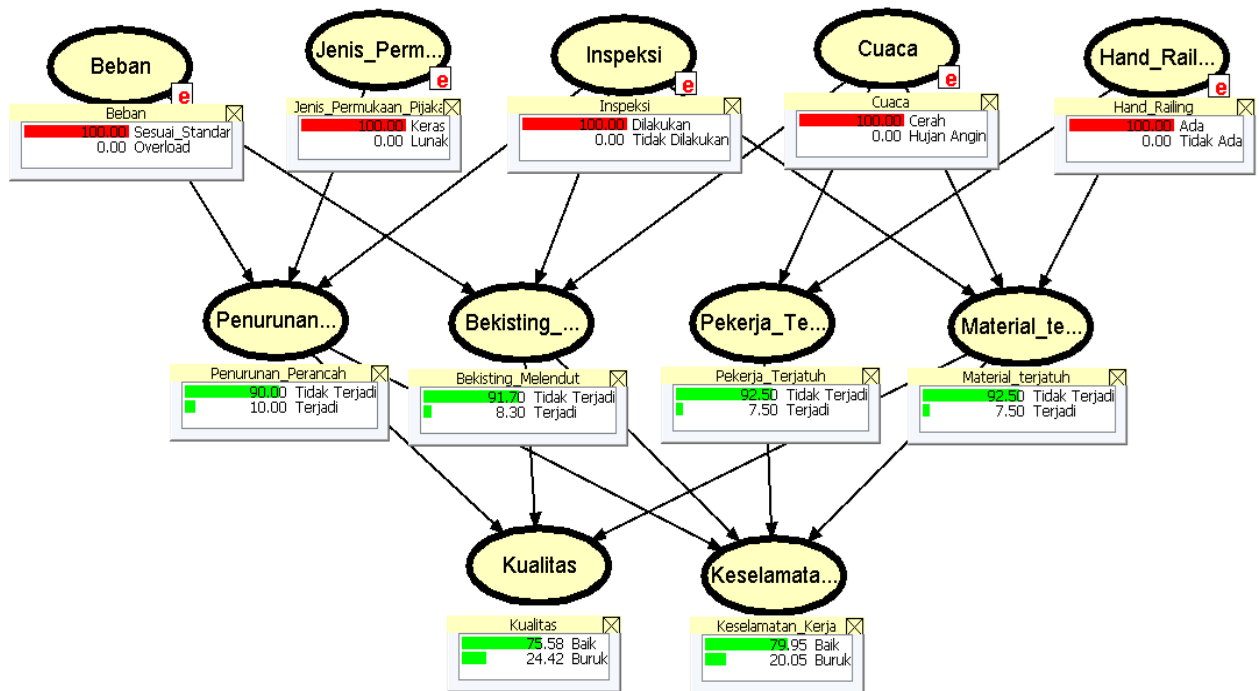
Proyek D merupakan proyek gedung yang berlokasi di Denpasar, Bali. Memiliki luas bangunan 3600 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban sesuai dengan perhitungan, jenis permukaan pijakan keras dan bagus, inspeksi selalu dilakukan, cuaca sebenarnya berganti-ganti akan tetapi sebagian besar cuaca cerah, *hand railing* terpasang. Pada **Gambar 4.17** menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek D, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 75.58 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 24.42 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 79.95 % sedangkan nilai probabilitas untuk keselamatan buruk sebesar 20.05 %.



Gambar 4.17 *Direct Acyclic Graph (DAG) Evidence Proyek D*

5. Evidence Proyek E

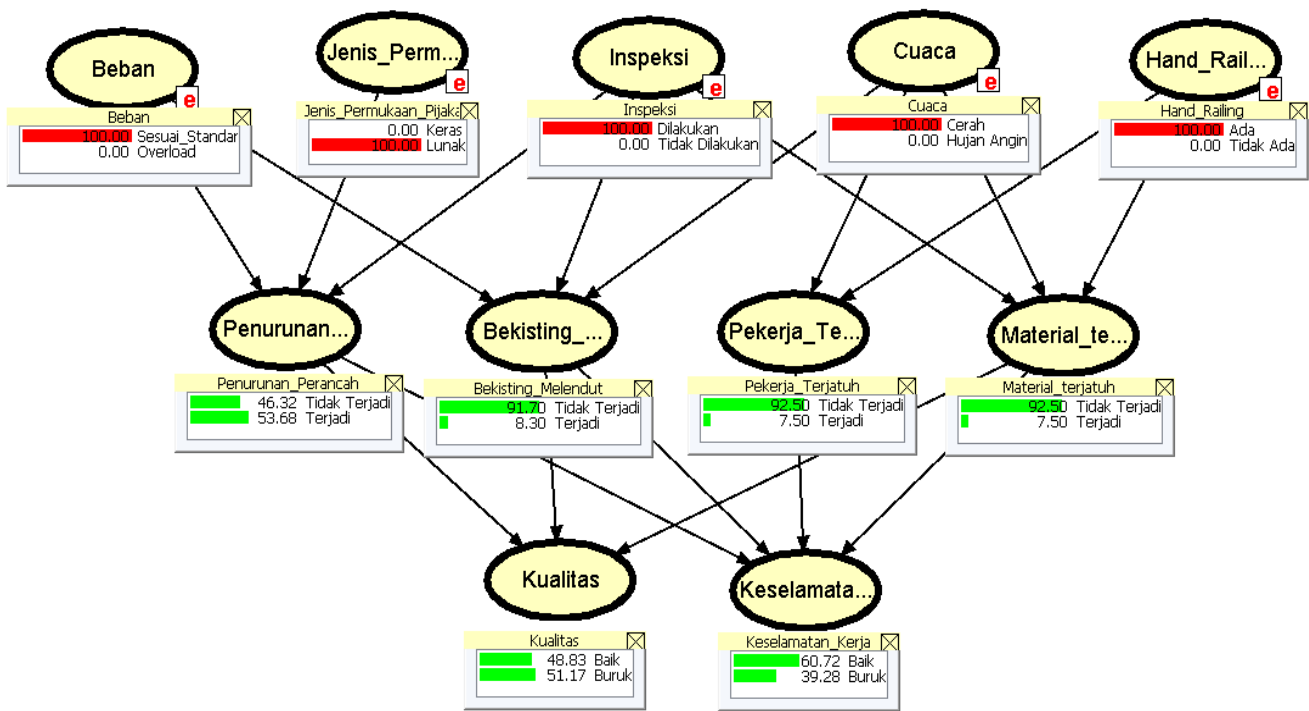
Proyek E merupakan proyek gedung yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Memiliki luas bangunan 52332 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban sesuai standar karena telah dilakukan perhitungan, jenis permukaan pijakan tidak lunak dan dilapisi landasan untuk meratakan beban, inspeksi dilakukan, cuaca cerah, *hand railing* terpasang. Pada **Gambar 4.18** menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek E, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 75.58 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 24.42 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 79.95 % sedangkan nilai probabilitas untuk keselamatan buruk sebesar 20.05 %.



Gambar 4.18 Direct Acyclic Graph (DAG) Evidence Proyek E

6. Evidence Proyek F

Proyek F merupakan proyek gedung yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Memiliki luas bangunan 34624 m^2 . Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban tidak *overload* karena perhitungan kebutuhan *scaffolding* terhadap beban yang akan ditopangnya telah diperhitungkan, jenis permukaan pijakan lunak dan penopang dipasang dengan tepat, inspeksi dilakukan, cuaca cerah, *hand railing* terpasang. Pada **Gambar 4.19** menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek F, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 48.83 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 51.17 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 60.72 % sedangkan nilai probabilitas untuk keselamatan buruk sebesar 39.28 %.



Gambar 4.19 *Direct Acyclic Graph (DAG) Evidence Proyek F*

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan program bantu Hugin Lite untuk permodelan *Bayesian Belief Network* (BBN), maka didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.15**. Dari hasil analisis didapatkan 11 kondisi valid dan 1 kondisi yang tidak valid dari total kondisi sebanyak 12 kondisi sehingga tingkat validasi model sebesar:

$$\frac{\text{Jumlah Kondisi Valid}}{\text{Total Kondisi}} \times 100 = \frac{11}{12} \times 100 = 91.67 \%$$

Tabel 4.15 Hasil Nilai *Evidence* Proyek pada Studi Kasus

		Proyek A				Proyek B				Proyek C			
States	Kualitas		Keselamatan		Kualitas		Keselamatan		Kualitas		Keselamatan		
	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	
Analisis Model	17.23	82.77	23.92	76.08	24.75	75.25	28.71	71.29	15.46	84.54	21.16	78.84	
Kondisi Nyata	Buruk		Bahaya		Buruk		Bahaya		Buruk		Bahaya		
Kesimpulan	Valid		Valid		Valid		Valid		Valid		Valid		
		Proyek D				Proyek E				Proyek F			
States	Kualitas		Keselamatan		Kualitas		Keselamatan		Kualitas		Keselamatan		
	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Baik	Buruk	
Analisis Model	75.58	24.42	79.95	20.05	75.58	24.42	79.95	20.05	48.83	51.17	60.72	39.28	
Kondisi Nyata	Baik		Baik		Baik		Baik		Baik		Baik		
Kesimpulan	Valid		Valid		Valid		Valid		Tidak Valid		Valid		

4.5 Integrasi *Bayesian Belief Network* (BBN) dengan *Bulding Information*

Modeling (BIM)

Setelah model *Bayesian Belief Network* (BBN) siap digunakan untuk mengambil keputusan pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*, maka selanjutnya informasi yang didapatkan dari model tersebut diinput sebagai informasi untuk integrasi dengan *Building Information Modeling* (BIM).

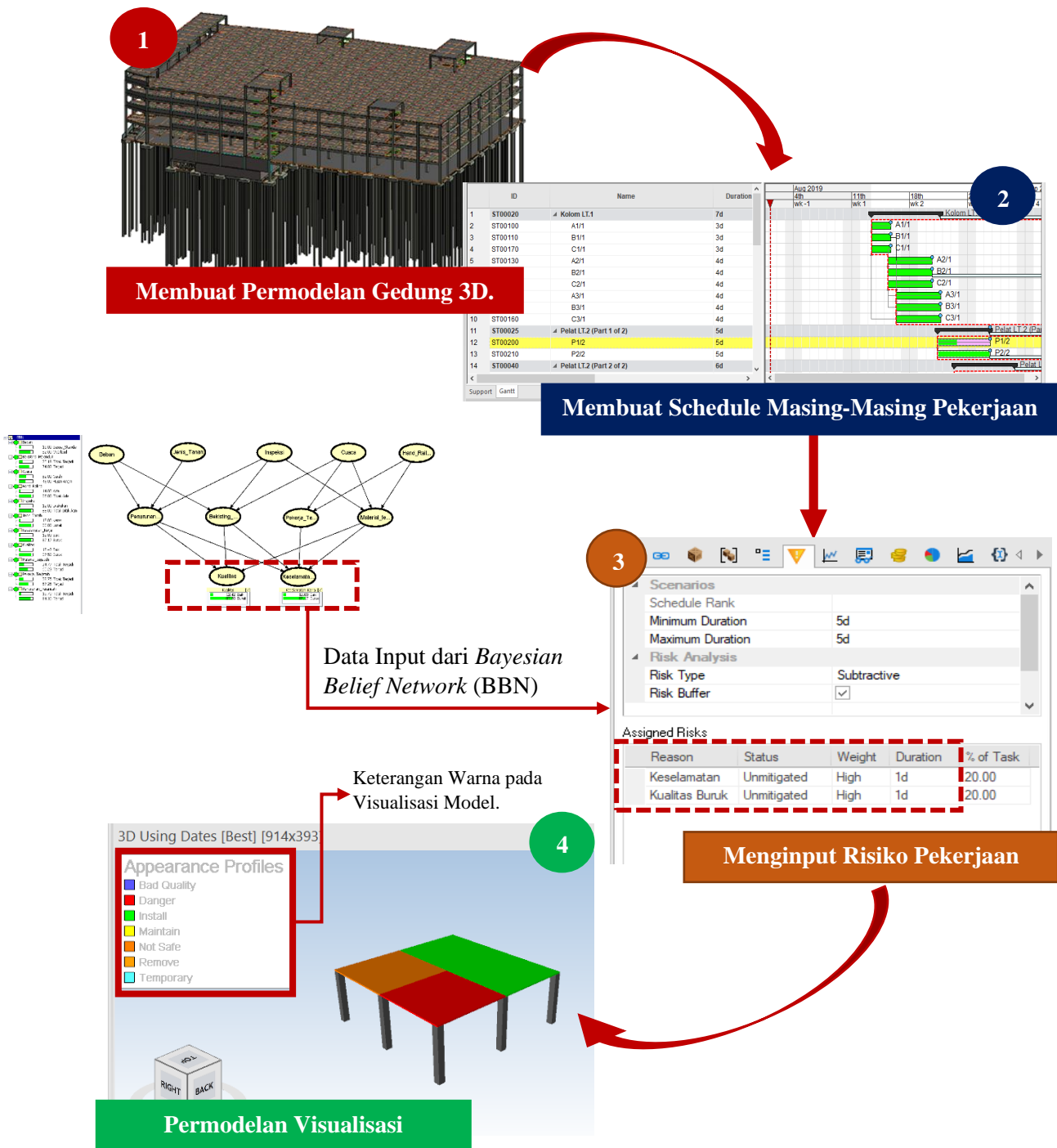
Sebelum melakukan input hasil Model *Bayesian Belief Network* (BBN) harus disiapkan informasi lain diantaranya :

1. Permodelan 3D gedung harus disiapkan sesuai dengan gedung yang akan dimonitoring dan dilakukan pemasangan sistem peringatan dini. Permodelan dilakukan dengan *software* BIM. Permodelan dilakukan sesuai dengan gambar kerja (*Shop Drawing*) gedung, karena sekaligus dapat dijadikan acuan kerja bagi pelaksana di lapangan.
2. Jadwal pelaksanaan pekerjaan gedung harus di buat, agar dapat memonitor urutan pekerjaan dan wilayah (lingkup) pekerjaan yang akan dipasang *scaffolding* dan bekisting. Selama pekerjaan berlangsung, scheduler diwajibkan untuk selalu memantau pekerjaan, sehingga visualisasi berjalan sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan.
3. Menghubungkan antara 3D model dengan *schedule* yang telah direncanakan, hal ini untuk mengetahui urutan (*sequence*) pekerjaan secara visual. Sehingga urutan lokasi pengecoran dapat dilihat secara jelas dalam bentuk visual. Hal ini dapat mempermudah dalam memonitoring daerah mana yang nantinya akan mengalami bahaya dalam pekerjaan bekisting dan *scaffolding*.
4. Setelah 3D dan *schedule* terhubung, maka hasil dari Model *Bayesian Belief Network* (BBN) dapat dimasukkan dan disesuaikan dengan lokasi titik bahaya yang terjadi, serta sesuai dengan letak penggunaan *scaffolding* dan bekisting, sehingga pihak yang memonitoring pekerjaan *scaffolding* dan bekisting pada gedung akan mengetahui terlebih dahulu kemungkinan lokasi tersebut akan terjadi bahaya, sehingga dapat dilakukan mitigasi secara cepat dan tepat.
5. 3D Model akan memberikan peringatan dengan mengeluarkan warna yang berbeda, sesuai dengan pengaturan yang telah direncanakan, sehingga enjiner dapat mengetahui risiko apa yang akan terjadi pada daerah tersebut.

Model integrasi antara *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM) ini dapat dilakukan sebagai upaya mitigasi risiko pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*, dimana model ini dapat memberikan peringatan lebih dini kepada enjiner lokasi yang mengalami bahaya, sehingga enjiner dapat memberikan solusi perbaikan yang tepat dan akurat. Selain itu juga dapat mengurangi bentuk kecelakaan konstruksi yang berakibat pada pekerja yang sedang bekerja di lokasi tersebut dan disekitar lokasi tersebut.

4.6 Simulasi BIM (*Building Information Modeling*)

Pada simulasi ini digunakan *BIM Software*, dimana *BIM Software* dapat menampilkan lokasi terjadinya kondisi bahaya akibat risiko-risiko yang ditimbulkan. Integrasi yang dilakukan seperti **Gambar 4.7**.



Gambar 4.20 Permodelan Integrasi Risiko dengan BIM Software

Pada **Gambar 4.20** menunjukkan model simulasi integrasi risiko dengan BIM Software. Dimana hasil dari risiko pada pekerjaan yang terkait dengan *temporary structure* (bekisting dan *scaffolding*) akan termonitor secara visual.

4.6.1 Permodelan Gedung

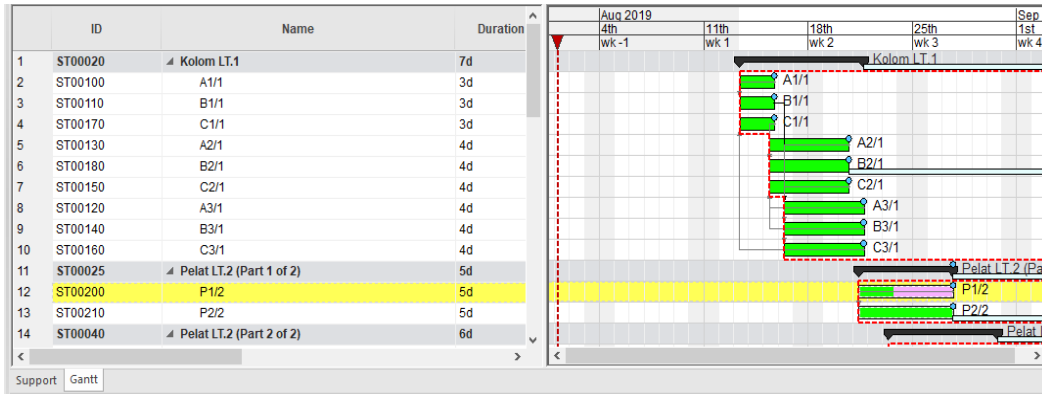
Gedung yang digunakan dalam permodelan merupakan gedung di Surabaya yang sedang dalam proses pembangunan. Gedung dimodelkan dengan menggunakan *BIM Software*, permodelan yang dilakukan berdasarkan desain struktur yang telah ada. Permodelan dapat dilihat pada **Gambar 4.21**.



Gambar 4.21 Permodelan Gedung dengan *BIM Software*

4.6.2 Menyusun Jadwal Pekerjaan

Penyusunan jadwal pekerjaan dilakukan untuk mengetahui urutan dan penjadwalan pekerjaan yang akan dilakukan. Sehingga dapat memudahkan untuk selanjutnya melakukan identifikasi risiko. Selain itu jadwal pelaksanaan dapat menjadi tolak ukur dalam memprogress pekerjaan yang telah dilakukan terhadap pekerjaan yang masih tersisa. Pada **Gambar 4.22** menunjukkan jadwal yang telah diinput pada *BIM Software*.



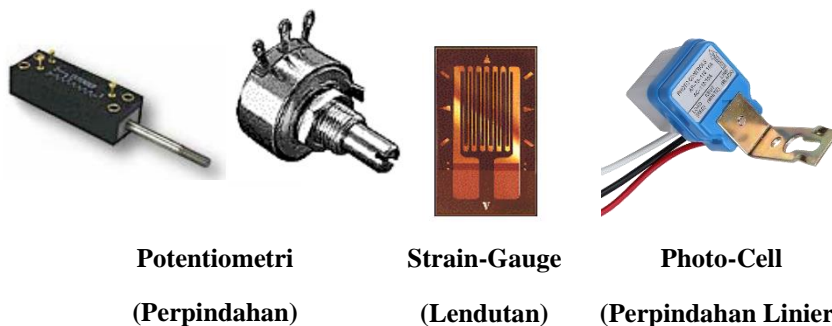
Gambar 4.22 Jadwal Pekerjaan

4.6.3 Menginput Risiko pada Masing-Masing Item

Risiko pada masing-masing item pekerjaan pastinya akan berbeda, oleh karena itu perlu adanya identifikasi tingkat risiko pada masing-masing item pekerjaan yang dilakukan. Risiko yang menjadi input seharusnya berasal dari analisis sensor di lapangan, berikut merupakan jenis-jenis sensor yang dapat digunakan:

1. Sensor Resistif

Sensor yang akan menunjukkan adanya perubahan nilai resistansi dirinya, bila sensor tersebut sedang mendeteksi adanya suatu signal input. Input : informasi perpindahan, tarikan, tekanan, aliran fluida, intensitas cahaya, temperature. Jenis-jenis sensor resistif: potentiometri, strain-gauge, sel-cahaya (**Gambar 4.23**)



Gambar 4.23 Jenis-Jenis Sensor Resistif

2. Sensor Kapasitif

Sensor yang memiliki dua buah pelat logam yang berhadapan satu sama lain dan diberi polaritas + dan -, sehingga adanya perubahan posisi yang terjadi dapat diketahui dengan mengukur besar perubahan tegangan diantara kedua pelat tersebut. Dapat digunakan untuk mengukur kehalusan permukaan suatu benda dan getaran suatu objek ukur. Contoh sensor kapasitif ditunjukkan pada **Gambar 4.24**.



Gambar 4.24 Sensor Kapasitif

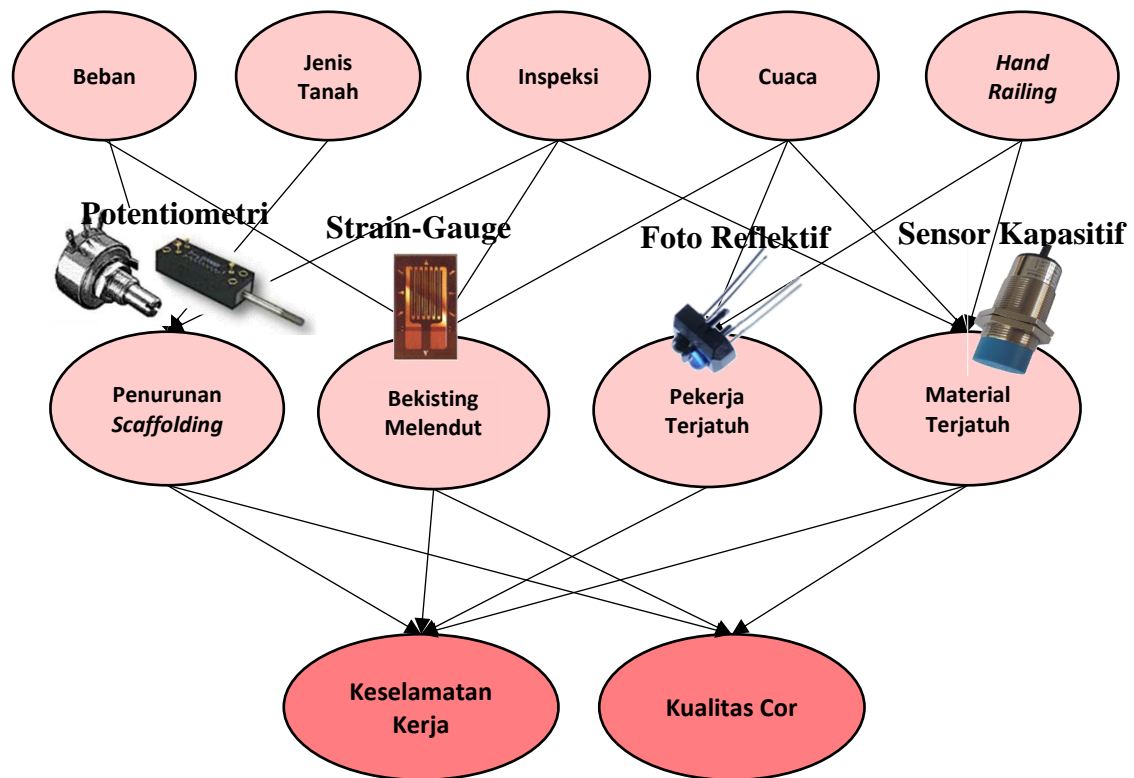
3. Sensor Proximity

Sensor ini memberikan indikasi gerakan dengan mengindera sinar, medan magnet atau ada tidaknya objek. Contoh: sensor foto-reflektif (dipakai untuk mengindera posisi) (**Gambar 4.25**).



Gambar 4.25 Sensor Foto-Reflektif

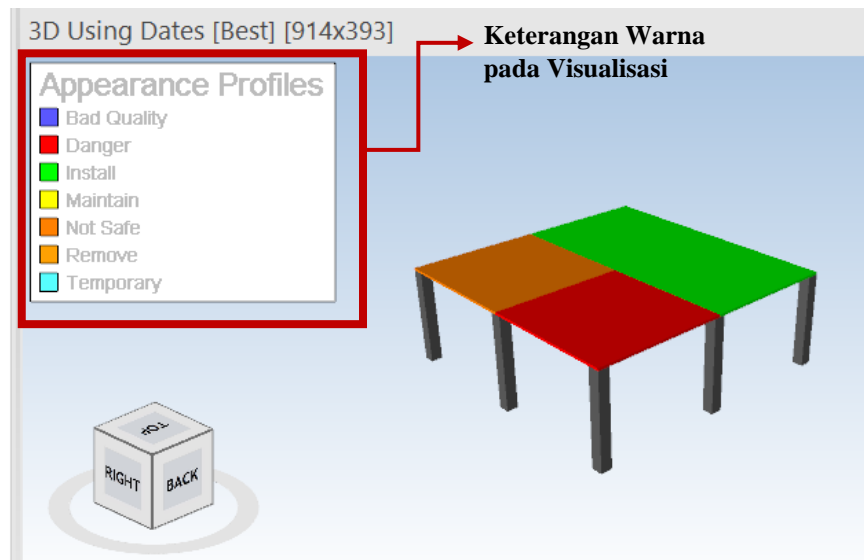
Akan tetapi pada penelitian ini input untuk risiko berasal dari output Model *Bayesian Belief Network* (BBN) yang telah di dapatkan sebelumnya. Model *Bayesian Belief Network* (BBN) ini digunakan sebagai pengambil keputusan dalam kondisi tidak pasti, dimana kondisi yang terjadi tidak sama, sehingga kondisi akan terus mengalami perubahan, begitu juga pada risiko yang akan terjadi. Pada **Gambar 4.26** menunjukkan input risiko dengan *BIM Software*.



Gambar 4.26 Penerapan Sensor pada Risiko Pekerjaan Bekisting dan *Scaffolding*

4.6.4 Visualisasi Risiko

Visualisasi risiko merupakan hasil dari risiko yang telah diinputkan sebelumnya, sehingga ketika pelaksanaan konstruksi dilakukan dapat diketahui risiko apa saja yang akan terjadi pada masing-masing item pekerjaan, pada penelitian ini dikhususkan yang terkait dengan pelat lantai yaitu terdapat pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Sehingga akan muncul beberapa kemungkinan risiko yang ditandai oleh *coloring* yang berbeda setiap kondisi seperti pada **Gambar 4.27**.



Gambar 4.27 Visualisasi Risiko pada Pekerjaan Pelat

Berdasarkan **Gambar 4.24** maka ditunjukkan bahwa bagian yang berwarna *orange* memiliki konsisi keselamatan buruk, untuk bagian yang berwarna merah menunjukkan bahwa baik keselamatan dan kualitas memiliki kondisi buruk, sedangkan untuk bagian yang berwarna hijau hal ini menunjukkan bahwa kualitas dan keselamatan pada pekerjaan tersebut baik dan dapat ter-*install*/terpasang.

4.7 Pembahasan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk merancang *early warning system* pada pekerjaan *temporary support* pada pengecoran beton berbasis integrasi *Bayesian Belief Network* (BBN) dan *Building Information Modeling* (BIM). Pelaksana konstruksi menjadi sasaran dalam dalam penerapannya di lapangan, sehingga diharapkan risiko pada pekerjaan konstruksi dapat ditekan.

4.7.1 Variabel Penyebab Risiko

Penyebab risiko adalah kondisi dimana suatu variabel dapat menyebabkan suatu kondisi bahaya (risiko), pada penelitian ini terdapat 5 variabel penyebab risiko yang telah didapatkan melalui wawancara dengan expert dengan menilai masing-masing variabel yang sebelumnya didapatkan dari hasil studi literatur, penilaian dilakukan dengan menggunakan Skala Likert, kemudian dari hasil tersebut dirata-rata untuk mendapatkan nilai yang akan di-range, apakah variabel tersebut relevan, cukup relevan, atau kurang relevan. Variabel-variabel yang dianggap relevan, diantaranya :

1. Beban

Beban yang ditopang *scaffolding* dan bekisting berupa beban hidup termasuk beban pekerja, peralatan, penyimpanan material, beban mati berupa beban bekisting, tulangan dan beton yang baru ditempatkan, beban akibat tekanan lateral beton pada saat penuangan, serta beban khusus seperti beban akibat mesin, pengangkatan material, beban tulangan terkonsentrasi, dan penyimpanan bahan konstruksi (ACI 347, 2004).

2. Jenis Permukaan Pijakan

Permukaan Pijakan yang tepat untuk *scaffolding* dan bekisting adalah tanah keras atau permukaan yang keras, jika pijakan lunak maka tidak dapat menopang beban yang ditumpangkan dan tidak akan stabil, cara lain agar dapat menstabilkan dengan sarana pendukung lain yang harus disediakan (ACI 347, 2004).

3. Inspeksi

Inspeksi harus dilakukan oleh orang disertifikasi sebagai Inspektur Konstruksi ACI atau orang yang memiliki pelatihan dan pengetahuan bekisting yang setara. Bentuk harus diperiksa dan diperiksa sebelum tulangan ditempatkan untuk mengkonfirmasi bahwa dimensi dan lokasi beton akan sesuai dengan rencana struktural (ACI 347, 2004).

4. Cuaca

Kondisi cuaca yang akan berpengaruh pada bagian-bagian bekisting yang akan dipengaruhi angin, hujan dan/atau panas matahari oleh karena itu harus diperhitungkan (F.Wigbout, 1997). Hal ini akan mempengaruhi lendutan terutama oleh: (1) regangan dan deformasi yang dapat terjadi pada bentuk, karena fleksibilitas batang pengikat, *wales*, *stud*, dan selubung; dan (2) semakin kecil rasio, maka semakin besar efek lengkungannya, karena beton semakin sulit dideformasi untuk memobilisasi ketahanan geser penuhnya (Rodin, 2016).

5. *Handrailing*

Handrailing dipasang diseluruh sisi terbuka dan dapat menopang beban minimum 90,71 kg.

4.7.2 Variabel Risiko

Sedangkan untuk risiko yang ditimbulkan terdapat 4 risiko, yaitu

1. Penurunan *Scaffolding*

Penurunan *Scaffolding* diakibatkan oleh beban, jenis pijakan dan inspeksi. Beban yang ditopang oleh *scaffolding* apakah beban yang ditopang telah sesuai dengan perhitungan yang direncanakan, atau tidak terdapat beban setempat yang akan ditopang *scaffolding* lebih besar dari beban yang telah direncanakan, jenis permukaan pijakan, pijakan pada *scaffolding* harus bersifat stabil pijakan pada permukaan yang lunak akan membuat *scaffolding* tidak dapat menahan beban diatasnya dengan stabil, akan tetapi jika pijakan pada permukaan yang keras, maka *scaffolding* akan stabil, solusi lain jika pijakan lunak, dapat digunakan media sebagai penyangga *scaffolding* sebagai alas dalam penempatan *scaffolding*, dan inspeksi harus dilakukakn sepanjang pelaksanaan pekerjaan *scaffolding* dan

bekisting, agar mengetahui bagian-bagian scaffolding dan bekisting yang memiliki kekuatan yang kurang.

2. Bekisting Melendut

Bekisting Melendut dipengaruhi oleh beban, inspeksi dan cuaca. Variabel beban mempengaruhi jika beban yang terjadi pada saat pelaksanaan melebihi beban rencana dan adanya beban setempat yang membebani bekisting lebih dari rencana, misalnya terdapat beban material yang diletakkan diatas bekisting pada area terpusat, selain itu dalam perhitungan bekisting perlu dilakukan perhitungan beban kejut yang dihasilkan pada saat pengecoran berlangsung, karena pada saat pengecoran akna ada beban terpusat sementara yang akan membebani bekisting sebelum beton diratakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Variabel Inspeksi juga mempengaruhi bekisting melendut, karena ketika inspeksi tidak dilakukan dengan ketat, adanya beberapa elemen-elemen dari kekuatan bekisting yang tidak terpasang dengan baik, akan menyebabkan papan longgar yang akan berkaitan dengan ketidaksiapan terhadap pembebanan dan cuaca yang terjadi. Variabel cuaca berpengaruh pada lendutan bekisting, karena kondisi cuaca yang akan berpengaruh pada bagian-bagian bekisting yang akan dipengaruhi angin, hujan dan/atau panas matahari oleh karena itu harus diperhitungkan (F.Wigbout, 1997). Hal ini akan mempengaruhi lendutan terutama oleh: (1) regangan dan deformasi yang dapat terjadi pada bentuk, karena fleksibilitas batang pengikat, *wales*, *stud*, dan selubung; dan (2) semakin kecil rasio, maka semakin besar efek lengkungannya, karena beton semakin sulit dideformasi untuk memobilisasi ketahanan geser penuhnya (Rodin, 2016).

3. Pekerja Terjatuh

Pekerja terjatuh dipengaruhi oleh cuaca dan pemasangan handrailing. Pekerjaan idealnya dilakukan saat cuaca cerah, akan tetapi proyek konstruksi yang sifatnya dalam jangka waktu terbatas, maka tidak jarang ditemui pekerjaan bekisting dan *scaffolding* dalam cuaca hujan, hal ini sangat memungkinkan pekerja dalam kondisi yang tidak aman, karena permukaan *scaffolding* dan bekisting yang menjadi pijakan pekerja tentunya akan menjadi basah dan licin, hal ini menyebabkan pekerja mudah terpeleset bahkan sampai jatuh. Terlebih lagi jika hujan disertai angin, pekerja yang bekerja pada *scaffolding* dan bekisting akan

mengalami kondisi tidak stabil saat hujan angin sedang terjadi. Selain variabel cuaca, pekerja terjatuh juga erat kaitannya dengan pemasangan handrailing. Pemasangan handrailing sering kali diabaikan oleh pelaksana konstruksi, padahal untuk pekerjaan di sisi bangunan sangat penting pemasangan handrailing sebagai pengaman pekerja saat pekerjaan di sisi bangunan gedung, apalagi untuk gedung tinggi (*high rise building*).

4. Material Terjatuh

Material terjatuh dipengaruhi oleh inspeksi, cuaca dan pemasangan *handrailing*. Pelaksanaan inspeksi sangat penting karena ketika inspeksi tidak dilakukan dengan ketat, adanya beberapa elemen-elemen dari perkuatan *scaffolding* dan bekisting yang tidak terpasang dengan baik, akan menyebabkan papan longgar dan salah satu perkuatan pada *scaffolding* terlepas, tentunya hal ini berbahaya karena jika salah satu perkuatan pada *scaffolding* dan bekisting lepas/ terjatuh, maka akan mengurangi kekuatan pada *scaffolding* dan bekisting tersebut. Pengaruh cuaca akan mempengaruhi elemen-elemen yang dapat dipengaruhi angin, hujan dan panas, sehingga cuaca dapat berdampak dan oleh karena itu perlu dilakukan pemasangan dengan prosedur dan perhitungan yang tepat. Pemasangan *handrailing* dapat berpengaruh pada material terjatuh, selain melindungi pekerja, pemasangan *handrailing* juga dapat melindungi material yang akan jatuh ke elevasi yang lebih rendah, yang tentunya akan membahayakan pekerja yang bekerja di level bawah atau sekitarnya.

4.7.3 Probabilitas Kejadian

Dari variabel-variabel tersebut diberi nilai probabilitas, nilai probabilitas didapatkan dengan penyebaran kuesioner kepada responden yang paham di bidang *scaffolding* dan bekisting. Dari hasil kuesioner didapatkan nilai rata-rata dari masing –masing variabel yaitu:

1. Beban

Variabel beban memiliki nilai probabilitas untuk beban *overload* sebesar 0.817, ini artinya selama pekerjaan proyek konstruksi berlangsung kemungkinan terdapat beban-beban diluar beban rencana, misalnya *scaffolding* dan bekisting dijadikan tempat penumpukan material disalah satu sisi, atau adanya penempatan

mesin di atasnya yang tidak direncanakan dalam perhitungan adalah sebesar 0.817 atau 81.7%. Sedangkan untuk beban standar sebesar 0.183, ini artinya selama pekerjaan konstruksi berlangsung, bekisting dan scaffolding tidak mendapat beban tambahan sebesar 0.813 atau sebesar 18.3%.

2. Jenis Permukaan Pijakan

Variabel jenis permukaan pijakan lunak sebesar 0.850, ini artinya selama pekerjaan konstruksi, pijakan *scaffolding* pada permukaan yang lunak atau tidak stabil sebesar 0.850 atau 85%. Sedangkan untuk jenis permukaan yang keras selama pekerjaan konstruksi sebesar 0.15 atau sebesar 15%.

3. Inspeksi

Variabel inspeksi, kebanyakan inspeksi sering dijadikan hal yang sepele untuk pekerjaan scaffolding dan bekisting, karena dianggap pekerjaan yang biasa. Selama pekerjaan konstruksi sebesar 0.867 atau 86.7% tidak dilakukan inspeksi. Sedangkan sepanjang pekerjaan konstruksisebesar 0.133 atau 13.3 % dilakukan inspeksi.

4. Cuaca

Variabel cuaca untuk cuaca hujan angin memiliki nilai probabilitas sebesar 0.5, artinya selama pekerjaan konstruksi berlangsung kemungkinan terjadinya hujan sebesar 0.5 atau 50%. Sedangkan untuk nilai probabilitas cuaca cerah yaitu sebesar 0.5 atau 50%.

5. *Hand Railing*

Pemasangan hand railing memiliki nilai probabilitas sebesar 0.15, artinya selama pekerjaan konstruksi berlangsung, kemungkinan pemasangan handrailing untuk sisi gedung ataupun sisi *void* yang harus di beri perlindungan atau daerah bahaya lainnya adalah sebesar 0.15 atau sebesar 15%. Sedangkan untuk kemungkinan hand railing tidak dipasang adalah sebesar 0.85 atau sebesar 85%.

4.7.4 Model Bayesian Belief Network (BBN)

Dari nilai probabilitas yang telah didapatkan dari hasil kuesioner, maka nilai tersebut akan dimasukkan kedalam *Conditional Probability Table* (CPT) pada program bantu *Hugin Lite*. Program *Hugin Lite* akan menghasilkan nilai probabilitas akhir suatu kejadian, berdasarkan kondisi-kondisi yang telah diinputkan sebelumnya melalui nilai-nilai probabilitas yang didapatkan dari hasil respon para responden.

Dari hasil responen didapatkan nilai probabilitas sebagai berikut:

1. Kualitas

Hasil Probabilitas yang dihasilkan untuk kualitas baik yaitu sebesar 14.01 %, ini artinya dengan kondisi-kondisi yang diinputkan sebelumnya maka *scaffolding* dan bekisting akan memiliki kondisi kualitas yang baik hanya sebesar 14.01 %. Sedangkan untuk kualitas buruk didapatkan nilai probabilitas sebesar 85.99 %, ini artinya kualitas yang dihasilkan dari kondisi-kondisi yang telah diinput akan menghasilkan kualitas yang buruk sebesar 85.99 %.

2. Keselamatan

Hasil Probabilitas yang dihasilkan untuk keselamatan baik yaitu sebesar 17.72%, ini artinya dengan kondisi-kondisi yang diinputkan sebelumnya maka *scaffolding* dan bekisting akan memiliki kondisi keselamatan yang baik sebesar 17.72%. Sedangkan untuk hasil keselamatan yang buruk didapatkan nilai probabilitas sebesar 82.28 %, ini artinya keselamatan yang dihasilkan dari kondisi-kondisi yang telah diinputkan akan menghasilkan kondisi keselamatan yang buruk sebesar 82.28 %.

4.7.5 Studi Kasus

Setelah model *Bayesian Belief Network* (BBN) didapatkan, maka untuk mengetahui model yang telah dibuat valid atau tidak, maka model diaplikasikan ke 6 proyek gedung dengan mengambil salah satu elemen gedung. Dengan kondisi 3 proyek gedung pernah mengalami keuruntuhan pada bekisting dan *scaffolding* dan 3 proyek gedung untuk kondisi yang aman (tidak terjadi keruntuhan). Dari hasil studi kasus didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Proyek A

Proyek A merupakan proyek gedung yang berlokasi di Mega Kuningan, Jakarta Selatan. Memiliki luas bangunan 32000 m². Kejadian ambrol terjadi pada pelat ramp. Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban diperkirakan *overload*, jenis permukaan pijakan tidak berpengaruh karena pengecoran dilakukan pada atap ramp, inspeksi tidak dilakukan, padahal saat itu pihak internal telah melakukan komplain, cuaca pada saat pengecoran cerah, *hand railing* tidak terpasang, hanya dipasang tali saja dianggap cukup. Dari hasil running Hugin Lite Proyek A menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding*, yaitu kualitas baik memiliki nilai probabilitas sebesar 17.23 % sedangkan untuk probabilitas kualitas buruk sebesar 82,77 % dan untuk nilai probabilitas keselamatan baik sebesar 23.92 % sedangkan untuk nilai probabilitas keselamatan buruk sebesar 76.08 %.

2. Proyek B

Proyek B merupakan proyek gedung yang berlokasi di Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur. Memiliki luas bangunan 8077 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah terjadinya beban *overload*, sehingga tidak dapat ditopang oleh perancah, jenis permukaan pijakan tidak mempengaruhi karena pengecoran dilakukan pada plat bordes, inspeksi dilakukan bersama K3, QC, supervisor, dan survey, cuaca saat kejadian cerah, *hand railing* tidak terpasang. Dari hasil running dengan Hugin Lite menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek B, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 24.75 % sedangkan untuk nilai probabilitas buruk 75.25 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 28.71 %, sedangkan untuk nilai probabilitas keselamatan buruk sebesar 71.29 %.

3. Proyek C

Proyek C merupakan proyek gedung yang berlokasi di Karangasem, Bali. Memiliki luas bangunan 8500 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban diperkirakan *overload* karena tidak dapat di topang *scaffolding*, jenis permukaan pijakan lunak, inspeksi dilakukan akan tetapi karena kondisi yang tidak memungkinkan maka inspeksi tidak akurat, cuaca pada saat itu cerah, *hand railing* tidak dipasang pada saat pekerjaan pelat. Dari hasil running dengan Hugin Lite

menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek C, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 15.46 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 84.54 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 21.16 % sedangkan untuk keselamatan buruk sebesar 78.84 %.

4. Proyek D

Proyek D merupakan proyek gedung yang berlokasi di Denpasar, Bali. Memiliki luas bangunan 3600 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban sesuai dengan perhitungan, Jenis Permukaan Pijakan keras dan bagus, inspeksi selalu dilakukan, cuaca sebenarnya berganti-ganti akan tetapi sebagian besar cuaca cerah, *hand railing* terpasang. Dari hasil running dengan Hugin Lite menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek D, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 75.58 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 24.42 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 79.95 % sedangkan nilai probabilitas untuk keselamatan buruk sebesar 20.05 %.

5. Proyek E

Proyek E merupakan proyek gedung yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Memiliki luas bangunan 52332 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban sesuai standar karena telah dilakukan perhitungan, jenis permukaan pijakan tidak lunak dan dilapisi landasan untuk meratakan beban, inspeksi dilakukan, cuaca cerah, *hand railing* terpasang. Dari hasil running dengan Hugin Lite menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek E, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 75.58 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 24.42 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 79.95 % sedangkan nilai probabilitas untuk keselamatan buruk sebesar 20.05 %.

6. Proyek F

Proyek F merupakan proyek gedung yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Memiliki luas bangunan 34624 m². Kondisi yang terjadi saat pengecoran adalah beban tidak *overload* karena perhitungan kebutuhan *scaffolding* terhadap beban yang akan ditopangnya telah diperhitungkan, Jenis Permukaan Pijakan lunak dan penopang dipasang dengan tepat, inspeksi dilakukan, cuaca cerah, *hand railing*

terpasang. Dari hasil running dengan Hugin Lite menunjukkan kondisi pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada Proyek F, yaitu nilai probabilitas untuk kualitas baik sebesar 48.83 % sedangkan nilai probabilitas untuk kualitas buruk sebesar 51.17 % dan nilai probabilitas untuk keselamatan baik sebesar 60.72 % sedangkan nilai probabilitas untuk keselamatan buruk sebesar 39.28 %.

Dari hasil studi kasus tersebut ternyata pada proyek F terdapat ketidaksesuaian hasil pada kualitas yang dihasilkan dari model dan kondisi lapangan. Sehingga validasi model dari ke 6 Proyek dengan masing-masing proyek memiliki 2 variabel ukur yaitu keselamatan dan kualitas, didapatkan hasil validasi model *Bayesian Belief Network* (BBN) sebesar 91.7 %. Ini artinya model *Bayesian Belief Network* (BBN) ini dapat digunakan untuk pengambilan keputusan.

4.7.6 Integrasi dengan BIM

Dari Model *Bayesian Belief Network* (BBN) inilah akan dilakukan integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan menggunakan BIM Software, dimana integrasi dilakukan dengan menggabungkan output dari Model *Bayesian Belief Network* (BBN), yang akan menjadi input pada *Building Information Modeling* (BIM). Berdasarkan model gedung yang telah divisualisasikan terlebih dahulu dilakukan penjadwalan sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan, setelah itu dilakukan identifikasi risiko item pekerjaan, risiko ini yang diinput berdasarkan hasil dari Model *Bayesian Belief Network* (BNN) yang telah dirunning berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan (eksisting) yang digunakan sebagai pengambil keputusan. Visualisasi gedung akan disediakan dengan pewarnaan yang berbeda-beda untuk setiap kondisi risiko yang akan terjadi lapangan.

Integrasi ini akan berdampak bagi pelaku konstruksi (kontraktor) dalam hal pencegahan kecelakaan kerja dan peningkatan kualitas balok dan pelat hasil pengecoran. Sehingga akan mempengaruhi biaya, waktu dan mutu proyek konstruksi, contohnya jika balok dan pelat bergelombang/melendut dibutuhkan repair (perbaikan) yang tentunya akan membutuhkan biaya yang lebih besar, waktu yang lebih lama dan tentunya dari segi kualitas balok kurang baik. Bahkan jika sampai terjadi keruntuhan, akan mengeluarkan biaya untuk perbaikan yang lebih

besar, selain itu dari segi waktu juga sangat merugikan serta dari segi mutu akan tidak semaksimal jika tidak terjadi keruntuhan.

Integrasi ini membantu pelaksana lapangan berkoordinasi dengan tim QHSE jika disadari ada kondisi yang tidak baik di lapangan. Sehingga untuk proyek gedung yang memiliki area luas sekalipun risiko tetap dapat termonitor.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan, kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel-variabel penyebab terjadinya risiko adalah beban, Jenis Permukaan Pijakan sebagai landasan berdirinya *scaffolding*, pelaksanaan inspeksi, cuaca, dan pemasangan *hand railing*. Sedangkan untuk risiko yang ditimbulkan adalah terjadinya penurunan *scaffolding*, bekisting melendut, pekerja terjatuh, serta material terjatuh. Dari risiko yang ditimbulkan ini akan mempengaruhi kualitas cor dan keselamatan dalam pekerjaan bekisting dan *scaffolding*.
2. Model ini mampu mengintegrasikan *Bayesian Belief Network* (BBN) dengan *Building Information Modeling* (BIM) sehingga risiko dapat direpresentasikan secara akurat (kuantitatif) namun juga dapat di visualisasikan.
3. Model dasar *Bayesian Belief Network* (BBN) diaplikasikan pada 6 proyek dimana 3 proyek memiliki kondisi bahaya dimana bekisting dan *scaffolding* ambruk serta 3 proyek dalam kondisi aman. Hasil dari aplikasi tersebut didapatkan bahwa model memiliki tingkat akurasi 91.67 %. Sehingga model ini dapat digunakan sebagai *early warning system*.

5.2 Saran Penelitian

Beberapa saran bagi penelitian selanjutnya berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh yaitu:

1. Model *Bayesian Belief Network* (BBN) dapat digunakan dalam pengambilan keputusan, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian mengenai risiko pekerjaan lain yang terkait dengan konstruksi, seperti risiko kecelakaan pada pekerjaan *retaining wall*, pekerjaan *tower crane* dll.
2. Dalam integrasi model lebih baik perlu adanya otomatisasi dengan penggabungan sensor yang akan terhubung dengan visualisasi model. Sehingga kejadian dilapangan dapat termonitor langsung secara real time dalam visualisasi model.

3. Perlu studi lebih lanjut mengenai aplikasi yang dapat digunakan pelaksana lapangan agar dapat menginput kondisi kejadian dilapangan yang akan terhubung dengan sistem integrasi BIM.
4. Perlu adanya analisa biaya yang disebabkan oleh risiko yang terjadi pada permodelan selanjutnya. Sehingga akan selalu termonitoring bersamaan dengan kejadian-kejadian yang terjadi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 347. (2004), *Guide to Formwork for Concrete*.
- Adam, J.M., Pallares, F.J. dan Calderon, P.A. (2009), “Falls from height during the floor slab formwork of buildings: Current situation in Spain”, *Journal of Safety Research*, hal. 293–299.
- Adam, J.M., Pallarés, F.J., Calderón, P.A. dan Payá, I.J. (2007), “A study of the conditions of use of a new safety system for the building industry”, *Engineering Structures*, Vol. 29, No. 8, hal. 1690–1697.
- Adams, F.K. (2006), “Expert elicitation and Bayesian analysis of construction contract risks: An investigation”, *Construction Management and Economics*, Vol. 24, No. 1, hal. 81–96.
- Aksorn, T. dan Hadikusumo, B.H.W. (2008), “Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects”, *Safety Science*, Vol. 46, No. 4, hal. 709–727.
- Attoh-Okine, N.O. (2002), “Probabilistic Analysis of Factors Affecting Highway Construction Costs: A Belief Network Approach.”, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 29 (3)., hal. 369–374.
- Azhar, S., Khalfan, M. dan Maqsood, T. (2012), “Building information modeling (BIM): Now and beyond”, *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, Vol. 12, No. 4, hal. 15–28.
- Azwar, S. (1988), *Sikap Manusia Teori dan Pengukurannya*, Liberty: Yogyakarta, 1988.
- Azwar, S. (2005), *Dasar-Dasar Psikometri*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Bansal, V.K. (2011), “Application of geographic information systems in construction safety planning”, *International Journal of Project Management*, Elsevier Ltd and IPMA, Vol. 29, No. 1, hal. 66–77.
- Baradan, S. dan Usmen, M.A. (2006), “Comparative Injury and Fatality Risk Analysis of Building Trades”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 132, No. 5, hal. 533–539.
- Batmaz, I. dan Koksals, G. (2010), “Overview of knowledge discovery in databases

- process and data mining for surveillance technologies and EWS”, *Surveillance Technologies and Early Warning Systems: Data Mining Applications for Risk Detection*, hal. 1–30.
- Benjaoran, V. dan Bhokha, S. (2010), “An integrated safety management with construction management using 4D CAD model.”, *Safety Science*, 48, 395-403.
- Bird, F.E. dan Germain, G.L. (1990), “No Title”, *Practical Loss Control Leadership. International Loss Control Institute (Publ.), Revised Edition*, 446pp.
- Carbonari, A., Giretti, A. dan Naticchia, B. (2011), “A proactive system for real-time safety management in construction sites”, *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 20, No. 6, hal. 686–698.
- Carter, G. dan Smith, S.D. (2006), “Safety Hazard Identification on Construction Projects”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 132, No. 2, hal. 197–205.
- Cattledge, G.H., Hendricks, S. dan Stanevich, R. (1996), “Fatal Occupational Falls in the U.S. COstruction Industry, 1980-1989”, Vol. 28, hal. 647–654.
- Chan, A., Wong, F., Yam, M., Chan, D., Ng, J. dan Tam, C.. (2005), “From Attitude to Culture – Effect of Safety Climate on Construction Safety”, *Construction Safety Research Group. Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong*.
- Chaniago, A. (2017), *Teknik Pengambilan Keputusan*.
- Charles River Analytics. (2004), “About Bayesian belief network”, tersedia pada: <http://www.cra.com/pdf/BNetBuilder-%0ABackground.pdf>.
- Cheng, T., Teizer, J., Migliaccio, G.C. dan Gatti, U.C. (2013), “Automated task-level activity analysis through fusion of real time location sensors and worker’s thoracic posture data”, *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 29, hal. 24–39.
- Cheon, J., Hwang, H., Kim, D. dan Jung, Y. (2016), “IEEE 802.15.4 zigbee-based time-of-arrival estimation for wireless sensor networks”, *Sensors (Switzerland)*, Vol. 16, No. 2, hal. 1–11.
- Chi, S., Hampson, K. dan Biggs, H. (2012), “Using BIM for Smarter and Safer

- Scaffolding and Formwork Construction : A Preliminary Methodology”, *CIB W099 International Conference on Modelling and Building Health and Safety*, tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.10.007>.
- Choe, S. dan Leite, F. (2017), “Construction safety planning: Site-specific temporal and spatial information integration”, *Automation in Construction*, Vol. 84, No. September, hal. 335–344.
- Cianfrani, A. C. dan West, J.E. (2009), *Cracking the Case of ISO 9001:2008 for Service: A Simple Guide to Implementing Quality Management to Service Organizations (2nd ed.)*.
- Ciribini, A.L.C., Gottfried, A., Trani, M. dan Bergamini, L. (2011), “4D modelling and construction health and safety planning.”, *Proceedings of the 6 International Structural Engineering and Construction Conference - Modern Methods and Advances in Structural Engineering and Construction (pp. 467-471), Zurich, Switzerland*.
- Coaley, K. (2010), *An Introduction to Psychological Assessment and Psychometrics*, London: Sage.
- Cooke, B. dan Williams, P. (2009a), *Cooke, B and Williams, P (2009) Construction Planning, Programming and Control 3rd Ed*, Blackwell, Oxford.
- Cooke, B. dan Williams, P. (2009b), *Construction Planning, Programming and Control*, diedit oleh John Wiley & Son, L., 3rd ed., United Kingdom.
- CPWR. (2013), “The construction chart book, 5th Ed”, *CPWR—The Center for Construction Research and Training, Silver Spring, MD*.
- Davis, F.D. (1985), *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End User Information Systems : Theory and Results*.
- Deutsch, R. (2011), *BIM and Integrated Design*.
- Devellis, R.F. (2003), *Scale Development*, London: Sage Publications.
- Ding, N., Hu, C. dan Yu, J. (2014), “Application of distributed fiber-optic temperature sensor in shaft-sinking by freezing in coal mine”, *Transducer Microsyst. Technol.*, Vol. 33, hal. 154–156.
- Domdouzis, K., Kumar, B. dan Anumba, C. (2007), “Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction”, *Advanced*

- Engineering Informatics*, Vol. 21, No. 4, hal. 350–355.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. dan Liston, K. (2011), *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2.ed)*. John Wiley & Sons, Inc.
- Eastman, C.M., Jeong, Y.-S., Sacks, R. dan Kaner, I. (2009), “Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 24, No. 1, hal. 25–34.
- Ervianto. (2003), *Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta.
- Ervianto, W.I. (2006), “Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi”, hal. 2006.
- F.Wigbout, I. (1997), *Bekisting (Kotak Cetak)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Frick, H. dan Setiawan, P.. (2002), *Ilmu konstruksi perlengkapan dan utilitas bangunan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Furst, P.G. (2009), *Prevention through design (safety in design). Notes from a series of lectures at Harvard University*.
- Gay, L.R. dan Diehl, P.L. (2002), *Research Method for Manager*, Macillian Publishing Company, New York.
- Goetsch, D.L. (2011), *Occupational safety, Occupational Safety and Health*, Vol. 87.
- Goetsch, L. D. dan Davis, S. (1995), “Implementing Total Quality USA: Pentice Hall, International, Inc.”
- Gu, Y., Lo, A. dan Niemegeers. (2009), “A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks”, *IEEE Commun. Surv. Tut.*, Vol. 11, hal. 13–32.
- Hadipriono, F.C. dan Barsoum, A.S. (2002), “Modeling for safety against falls from form scaffolding in a virtual environment.”, *Civil Engineering and Environmental Systems*, 19(2), hal. 119–139.
- Hair, F.J., Rolph, E.A., Romald, L.T. dan William, G.B. (2008), *Multivariate Data Analysis*, Fift Editi., Prentice Hall International, Inc., New Jersey.
- Hinze, B.J. dan Wiegand, F. (1993), “R o l e of designers in construction w o r k e r safety”, Vol. 118, No. 4, hal. 677–684.

- Hinze, J.W. dan Teizer, J. (2011), “Visibility-related fatalities related to construction equipment”, *Safety Science*, Elsevier Ltd, Vol. 49, No. 5, hal. 709–718.
- Holický, M., Marková, J. dan Sýkora, M. (2013), “Forensic assessment of a bridge downfall using Bayesian networks”, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 30, hal. 1–9.
- HSE. (2002), *Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system*.
- Huang, X. dan Hinze, J. (2006), “Owner ’ s Role in Construction Safety”, No. February, hal. 164–173.
- IHSA. (2017), “Infrastructure Health and Safety Association”.
- Illingworth, J.. (1987), *Temporary works their role in construction*, London : Thomas Telford.
- Imriyas, K., Pheng, L.S. dan Lin, T.A. (2007), “A decision support system for predicting accident risks in building projects”, *Architectural Science Review*, Vol. 50, No. 2, hal. 149–162.
- Isaac, S. dan Michael, W.B. (2005), *Handbook in Research and Evaluation for Educational and the Behavioral Sciences*, 2nd Editio., Edits Publishers, California, USA.
- ISDR. (2003), “Terminology : Basic terms of disaster risk reduction”, tersedia pada: www.uisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng_home.htm.
- Jachimczyk, B., Dziak, D. dan Kulesza, W.J. (2017), “Customization of UWB 3D-RTLS based on the new uncertainty model of the AoA ranging technique”, *Sensors (Switzerland)*, Vol. 17, No. 2, tersedia pada:<https://doi.org/10.3390/s17020227>.
- Jannadi, M.O. dan Assaf, S. (1998), “Safety assessment in the built environment of Saudi Arabia”, Vol. 29.
- Jitwasinkul, B., Hadikusumo, B.H.W. dan Memon, A.Q. (2016), “A Bayesian Belief Network model of organizational factors for improving safe work behaviors in Thai construction industry”, *Safety Science*, Elsevier Ltd, Vol. 82, hal. 264–273.
- Juran, J.. (1962), *Quality Control Handbook, 4rd Edition.*, Mc Graw, New York.

- Kamardeen, I. (2010), “8D BIM Modelling Tool for Accident Prevention Through Design”, *Proceedings of the 26th Annual Conference*, No. September, hal. 281–289.
- Kartam, N.A., Flood, I. dan Koushki, P. (2000), “Construction safety in Kuwait : issues , procedures , problems , and recommendations”, Vol. 36.
- Kerlinger, F.N. (2006), *Foundation of Behavioral Research*, Third Ed., CBS Publishing Japan, Ltd, New York.
- Kim, S.E., Huang, H., Zhao, M., Zhang, X., Zhang, A., Semonov, M. V., MacDonald, B.T., dkk. (2013), “Wnt stabilization of β -catenin reveals principles for morphogen receptor-scaffold assemblies”, *Science*, Vol. 340, No. 6134, hal. 867–870.
- Koehn, E. “Ed”, Kothari, R.K. dan Pan, C.-S. (1995), “Safety in Developing Countries : Professional and Bureaucratic Problems”, hal. 261–265.
- Ku, K. dan Mills, T. (2010), “Research needs for Building Information Modeling for construction safety.”, *Proceedings of the 47 th ASC Annual International Conference, Omaha, Nebraska*.
- Langseth, H. dan Portinale, L. (2007), “Bayesian networks in reliability”, Vol. 92, hal. 92–108.
- Latiffi, A.A., Suzila, M., Kasim, N. dan Fathi, M.S. (2013), “Building Information Modeling (BIM) Application in Malaysian Construction Industry”, *International Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 2, hal. 1–6.
- Lee, H.S., Lee, K.P. dan Park, M. (2012), “RFID-based real-time locating system for construction safety management”, *Constr. Eng. Manag*, Vol. 26, hal. 366–367.
- Lee, S.J., Kim, M.C. dan Ã, P.H.S. (2008), “An analytical approach to quantitative effect estimation of operation advisory system based on human cognitive process using the Bayesian belief network”, Vol. 93, hal. 567–577.
- Lew, J.J. dan Lentz, T.J. (2010), “Designing for safety – applications for the construction industry”, *Proceedings of CIB W099 2010 (pp. 37-45), Salford, UK*.
- Li, H., Chan, G., Wong, J.K.W. dan Skitmore, M. (2016), “Real-time locating

- systems applications in construction”, *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 63, hal. 37–47.
- Luo, D., Ibrahim, Z., Ismail, Z. dan Xu, B. (2013), “Optimization of the geometries of biconical tapered fiber sensors for monitoring the early-age curing temperatures of concrete specimens”, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 28, No. 7, hal. 531–541.
- Luu, V.T., Kim, S.Y., Tuan, N. Van dan Ogunlana, S.O. (2009), “Quantifying schedule risk in construction projects using Bayesian belief networks”, *International Journal of Project Management*, Elsevier Ltd and IPMA, Vol. 27, No. 1, hal. 39–50.
- Maalek, R. dan Sadeghpour, F. (2013), “Accuracy assessment of Ultra-Wide Band technology in tracking static resources in indoor construction scenarios”, *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 30, hal. 170–183.
- Macedo, A.C. (2005), “Analysis of occupational accidents in Portugal between 1992 and 2001”, Vol. 43, hal. 269–286.
- Mangkunegara, A.A.P. (2002), *Manajemen Sumber Daya Manusia Perusahaan*, PT Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Mathis, R.L. dan Jackson, J.H. (2002), *Manajemen Sumber Daya Manusia. Buku II*, Salemba Empat, Jakarta.
- Mccabe, B. (1998), “ABSTRACT”, No. 1976, hal. 1279–1286.
- McCabe, B., AbouRizk, S.M. dan Goebel, R. (1998), “Belief Networks for Construction Performance Diagnostics”, *J Comput Civil Eng ASCE* 1998;12(2): 93–100.
- Melzner, J., Zhang, S., Teizer, J. dan Bargstädt, H. (n.d.). “Construction Management and Economics A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design and planning in building information models A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design a”, No. July 2013, hal. 37–41.
- Mendenhall, W. dan Beaver, R.J. (2002), *A Course in Business Statistics*, 3rd Editio., PWS-KENT Publishing Company, Boston, USA.
- Montaser, A. dan Moselhi, O. (2014), “RFID indoor location identification for construction projects”, *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 39,

- hal. 167–179.
- Murphy, K.R. dan Davidshofer, C.O. (1991), *Psychological Testing: Principles and Applications*, New Jersey: Prentice Hall.
- Nasir, D., McCabe, B. dan Hartono, L. (2003), “Evaluating Risk in Construction–Schedule Model (ERIC–S): Construction Schedule Risk Model”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 129, No. 5, hal. 518–527.
- Nazir, M. (1988), *Metode Penelitian*, Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Neapolitan, R.E. (2003), “Learning Bayesian Networks (Artificial Intelligence)”, hal. 674.
- Nguyen, L.D., Tran, D.Q. dan Chandrawinata, M.P. (2016), “Predicting safety risk of working at heights using Bayesian networks”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 142, No. 9, hal. 1–11.
- OHSAS 18001. (2007), “Occupational health and safety management systems – Requirements”.
- OSHA. (2013), “Occupational Safety and Health Administration”, tersedia pada: <https://www.osha.gov/SLTC/scaffolding/standards.html>.
- Osunsanmi, T. O., Aigbavboa, C. dan Oke, A. (2018), “Construction 4.0: The Future of the Construction Industry in South Africa”, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, Vol. 12.
- Phoya, S. (2012), “Thesis for the Degree of Licentiate of Engineering Health and safety Risk Management in Building construction sites in Tanzania : The Practice of Risk Assessment , Communication and Control Health and Safety risk Management in building Construction sites”.
- Pradhananga, N. dan Teizer, J. (2013), “Automatic spatio-temporal analysis of construction site equipment operations using GPS data”, *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 29, hal. 107–122.
- Prasetyo, M.G.. (2009), “Gambaran Tingkat Risiko Bahaya Keselamatan Pekerja Kontraktor yang Menggunakan Scaffolding pada Renovasi Gedung PAU di Universitas Indonesia Tahun 2009”, *Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Depok*.
- Priyantha, N., Balakrishnan, H., Supervisor, T. dan Smith, A.C. (2005), “The Cricket Indoor Location System”, *University MIT*, Vol. 16, No. 2001, hal.

199.

- Puerto, C.L. dan Clevenger, C.M.C. (2010), "Enhancing safety throughout construction using BIM/VDC.", *Proceedings of the BIM-Related Academic Workshop, Washington D.C.*
- Ramli, S. (2010), *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHS Risk Mangement*, Dian Rakyat, Jakarta.
- Ratay, R.T. (1996), *Handbook of Temporary Structures in Construction*.
- Razavi, S.N. dan Moselhi, O. (2012), "GPS-less indoor construction location sensing", *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 28, hal. 128–136.
- Ridley, J. (2008), *Health and Safety in Brief*, 4 ed., Butterworth-Heinemann, London.
- Rodin, S. (2016), "Pressure of Concrete on Formwork".
- Sacks, R., Rozenfeld, O. dan Rosenfeld, Y. (2009), "Spatial and Temporal Exposure to Safety Hazards in Construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 135, No. 8, hal. 726–736.
- Safe Work Australia. (2012), *Comparison of Workers' Compensation Arrangement in Australia and New Zealand*.
- Sahely, B.S.G.E. dan Bagley, D.M. (2002), "Diagnosing Upsets in Anaerobic Wastewater Treatment Using Bayesian Belief Networks", *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 127, No. 4, hal. 302–310.
- Sangadji, E.M. dan Sopiiah. (2010), *Metodologi Penelitian*, diedit oleh HS, O., ANDI, Malang.
- Sarwono, J. (2006), *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*.
- Sattineni, A. (2010), "Real-time management in a BIM model with RFID and wireless tags.", *Proceedings of the 18 th CIB World Building Congress - W078 (pp. 67-75), Cairo, Egypt*.
- Setiawan, H. (2009), "Pengaruh Budaya Organisasi dan Program Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) pada Produktivitas Karyawan PT KAI Bandung", *Trikonomika, No.1 Juni*, Vol. 8.
- Shariff, S.M. (2007), "Occupation; Safety and Health Management", *University Publication Centre (UPENA), Universiti Teknologi MARA, Malaysia*.
- Shen, X., Lu, M., Fernando, S. dan AbouRizk, S.M. (2012), "Full paper: Tunnel

- boring machine positioning automation in tunnel construction”, *Gerontechnology*, Vol. 11, No. 2, tersedia pada:<https://doi.org/10.4017/gt.2012.11.02.558.783>.
- Simanjuntak, P. (2011), *Manajemen Keselamatan Kerja*, Himpunan Pembina Sumberdaya Manusia Indonesia (HIPSMI), Jakarta.
- Siu, O., Phillips, D.R. dan Leung, T. (2003), “Age differences in safety attitudes and safety performance in Hong Kong construction workers”, Vol. 34, hal. 199–205.
- Skibniewski, M.J. dan Jang, W.S. (2009), “Simulation of accuracy performance for wireless sensor-based construction asset tracking”, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 24, No. 5, hal. 335–345.
- Soibelman, L., Garrett, J.H., East, E.W., Akinci, B., Akcamete, A. dan Taneja, S. (2012), “Analysis of Three Indoor Localization Technologies for Supporting Operations and Maintenance Field Tasks”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 26, No. 6, hal. 708–719.
- Stephens. (1985), “Pedoman Tentang Bekisting”, <http://e-journal.uajy.ac.id>.
Diakses tanggal 18 Januari 2019.
- Sucita, I.K. dan Broto, A.B. (2011), “Identifikasi dan Penanganan Risiko K3 pada Proyek Konstruksi Gedung”, Vol. 10.
- Suermann, P.C. dan Issa, R.R.A. (2009), “Evaluating industry perceptions of building information modeling (BIM) impact on construction”, *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 14, No. August, hal. 574–594.
- Sulankivi, K., Makela, T. dan Kiviniemi, M. (2009), “BIM-based site layout and safety planning.”, *Proceedings of CIB IDS 2009 – Improving construction and use through integrated design solutions (pp. 125-140)*, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.
- Sung, Y.C., Lin, T.K., Chiu, Y.T., Chang, K.C., Chen, K.L. dan Chang, C.C. (2016), “A bridge safety monitoring system for prestressed composite box-girder bridges with corrugated steel webs based on in-situ loading experiments and a long-term monitoring database”, *Engineering Structures*, Elsevier Ltd, Vol. 126, hal. 571–585.

- Suryabrata, S. (2005), *Pengembangan Alat Ukur Psikologis*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Susihono, W. dan Rini, F.A. (2013), “Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Identifikasi Potensi Bahaya Kerjs”, *Spektrum Industri*, Vol. 11, hal. 117–242.
- Tam, C.M., Zeng, S.X. dan Deng, Z.M. (2004), “Identifying elements of poor construction safety management in China”, Vol. 42, hal. 569–586.
- Teizer, J., Caldas, C.H. dan Haas, C.T. (2007), “Real-Time Three-Dimensional Occupancy Grid Modeling for the Detection and Tracking of Construction Resources”, No. November, hal. 880–889.
- Terry, G.. (2010), *Manajemen Sumber Daya Manusia*, Pertama., Kencana, Jakarta.
- Tilaar. (2006), *Standarisasi Pendidikan Nasional: Suatu Tinjauan Kritis*, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Tischer, T.E. dan Kuprenas, J.A. (2003), “Bridge Falsework Productivity-Measurement and Influences.”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(3)., hal. 243–250.
- Waly, A.F. dan Thabet, W.Y. (2002), “A Virtual Construction Environment for preconstruction planning”, Vol. 12, hal. 139–154.
- Wang, T.-K. dan Qin, C. (2018), “Integration of BIM, Bayesian Belief Network, and Ant Colony Algorithm for Assessing Fall Risk and Route Planning”, *Construction Research Congress 2018*.
- Wirahadikusumah, R.D. (2007), “Tantangan Masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Konstruksi di Indonesia”.
- Yap, J.B.H., Abdul-Rahman, H. dan Chen, W. (2017), “Collaborative model: Managing design changes with reusable project experiences through project learning and effective communication”, *International Journal of Project Management*, tersedia pada:<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.04.010>.
- Zhang, J., Zhou, J.. dan Ding, N. (2013), “Study on variation of early temperature field and strain of long side wall concrete in the basement based on field monitoring and numerical analysis.”, *Concrete*, Vol. 11, hal. 37–42.
- Zhang, M., Cao, T. dan Zhao, X. (2017), “Applying sensor-based technology to improve construction safety management”, *Sensors (Switzerland)*, Vol. 17,

No. 8, tersedia pada:<https://doi.org/10.3390/s17081841>.

- Zhang, S., Teizer, J., Lee, J., Eastman, C.M. dan Venugopal, M. (2013), “Automation in Construction Building Information Modeling (BIM) and Safety : Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules”, *Automation in Construction*, Elsevier B.V., Vol. 29, hal. 183–195.
- Zhou, W., Whyte, J. dan Sacks, R. (2011), “Building safely by design: interim report.”, *DIRC Working Paper No. 2, Design Innovation Research Centre, University of Reading, UK*.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Kuesioner Pendahuluan I

KUESIONER PENDAHULUAN

Nama	:	
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	
Jabatan	:	

Bagian I : Variabel yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel penyebab terjadinya risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

- Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil
- Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil
- Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang
- Skor 4 : Tingkat pengaruh besar
- Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Beban					
2	Jenis Permukaan Pijakan					
3	Cuaca					
4	Proteksi Jatuh					
5	Handrailing					
6	Cross Bracing					
7	Footing/ Jack Base					
8	Guying Ties dan Braces					
9	Tangga					
10	Panjang Bentang					
11	Tekanan					
12	Inspeksi					
13	Akses pada bekisting					
14	Jenis Material					
15	Joint/Connector					

Bagian II : Variabel risiko yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel risiko berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

- Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil
- Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil
- Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang
- Skor 4 : Tingkat pengaruh besar
- Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Penurunan Perancah					
2	Perancah Tidak Stabil					
3	Bekisting Melendut					
4	Pekerja Terjatuh					
5	Benda/ Material Terjatuh					
6	Pekerja Tergelincir, tersandung atau jatuh pada lantai yang sama					

Lampiran 2 Rancangan Kuesioner Pendahuluan II

KUESIONER PENDAHULUAN II

Nama	:	
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	
Jabatan	:	

Untuk mengetahui hubungan antara variabel penyebab risiko dan risiko, yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Berikan jawaban dengan mengisi tabel dibawah, dengan penilaian sebagai berikut:

Skor 0 : Tidak Berhubungan

Skor 1 : Berhubungan

Sebab	Akibat	Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Pekerja Terjatuh	Material Terjatuh
Beban pada <i>scaffolding</i> dan bekisting					
Kondisi permukaan pijakan <i>scaffolding</i>					
Pelaksanaan inspeksi dilapangan					
Cuaca dilapangan					
Pemasangan <i>hand railing</i>					
Pengaruh					
Keamanan					
Kualitas					

Lampiran 3 Kuesioner Utama

KUESIONER

Judul Survey

PENGUKURAN PROBABILITAS FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KESELAMATAN KERJA DAN KUALITAS HASIL PENGECORAN PADA PEKERJAAN SCAFFOLDING DAN BEKISTING

Kepada Yth:

Bapak/Ibu

Di Tempat

Dengan Hormat,

Saya adalah mahasiswa Pascasarjana ITS program S2 Teknik Sipil Bidang Manajemen Proyek Konstruksi, saat ini sedang melakukan penelitian yang berhubungan dengan bahaya pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting sehingga akan mempengaruhi kualitas cor yang dihasilkan pada proyek konstruksi gedung. Untuk tujuan tersebut, peneliti perlu melakukan survey melalui kuesioner dan wawancara (*interview*) sebagai kelengkapan data penelitian. Survey melalui kuesioner ini bertujuan **“untuk mengetahui faktor apa saja yang berpengaruh terhadap bahaya pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting dilapangan sehingga akan mempengaruhi kualitas cor yang dihasilkan”**.

Peneliti mengharapkan Bapak/Ibu untuk membantu dalam hal mengisi kuesioner berdasarkan kondisi sebenarnya yang terjadi di lapangan. Survey ditujukan kepada praktisi yang telah berpengalaman di bidang keselamatan kerja pada proyek konstruksi gedung. Lembar kuesioner terdiri dari 2 bagian yaitu **Bagian 1** Profil Responden dan **Bagian 2** Probabilitas Faktor.

Atas partisipasi Bapak/Ibu, sebelumnya peneliti mengucapkan terima kasih dan semoga informasi yang diberikan menjadi tambahan ilmu bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Terima kasih.

Nama Mahasiswa : Ni Putu Ika Frisilia

No. HP : 081326598334

Alamat e-mail : frisiliaikaputuni@gmail.com

Bagian 1: Profil Responden, Perusahaan dan Proyek Konstruksi Gedung

Profil Responden

1. Nama Responden :
2. Posisi/Jabatan :
3. Pengalaman di bidang konstruksi :
 < 5 tahun 5-10 tahun 11-15 tahun >15 tahun

Profil Perusahaan

1. Nama Perusahaan :
2. Jenis Perusahaan (BUMN/Swasta) :
3. Pengalaman perusahaan di bidang konstruksi :
 < 5 tahun 5-10 tahun 11-15 tahun >15 tahun

Profil Proyek Konstruksi*

1. Jenis Proyek :
2. Pemilik Proyek :
3. Lingkup Proyek : lantai
4. Jangka waktu pelaksanaan :
5. Nilai kontrak fisik :

Catatan :

*Tidak perlu diisi jika penempatan di Kantor Pusat /Divisi.

Bagian 2: Menentukan probabilitas faktor yang mempengaruhi keselamatan kerja dan kualitas hasil dari pekerjaan *scaffolding* dan bekisting pada proyek konstruksi.

Berikan jawaban nilai probabilitas antara 0 sampai nilai 1 (0 s/d 1).

Contoh nilai 0; 0,1; 0,2;; 0,9; 1,0

A. Menurut pengalaman bapak/ibu dalam menangani proyek konstruksi, yang berkaitan dengan keselamatan dan kualitas hasil pekerjaan proyek konstruksi gedung.

Contoh Pengisian Form :

Berapa probabilitas (kemungkinan) terjadinya beban tidak standar pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting ?

Beban

Beban Tidak Standar (<i>Overload</i>)
0,7

Beban

Artinya :
Probabilitas beban tidak standar pada pekerjaan scaffolding dan bekisting sebesar 0,7.

1. Berapa probabilitas (kemungkinan) terjadinya beban tidak standar pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting ?

Beban

Beban Tidak Standar (<i>Overload</i>)

Beban

2. Berapa probabilitas (kemungkinan) terjadinya jenis permukaan pijakan lunak pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting ?

Kondisi Tanah

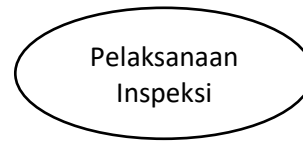
Jenis Permukaan Pijakan Lunak

Kondisi

3. Berapa probabilitas (kemungkinan) tidak dilakukan pelaksanaan inspeksi di lapangan pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting ?

Pelaksanaan Inspeksi di Lapangan

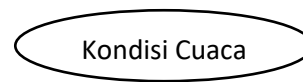
Tidak Dilakukan Inspeksi



4. Berapa probabilitas (kemungkinan) terjadinya kondisi cuaca hujan angin pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting ?

Kondisi Cuaca

Cuaca (Hujan Angin)



5. Berapa probabilitas (kemungkinan) pemasangan *hand railing* tidak dilakukan pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting ?

Hand Railing

Tidak Dipasang



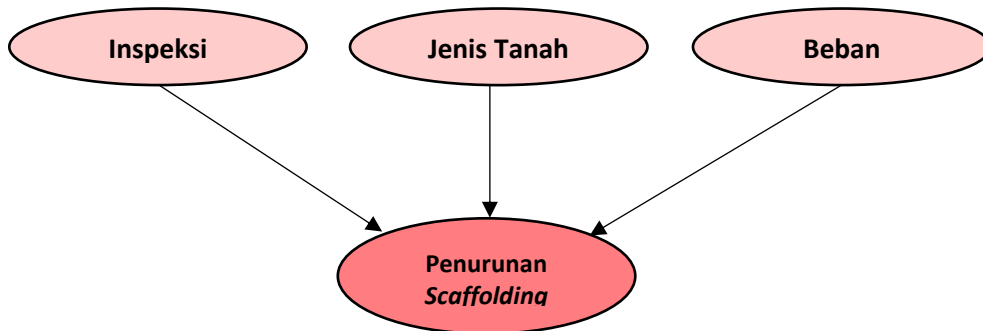
Contoh Pengisian :

<i>Node Parents</i>			Probabilitas
Inspeksi	Jenis Permukaan Pijakan	Beban	Penurunan Scaffolding
Dilakukan	Keras	Sesuai Standar	0,1

Artinya :

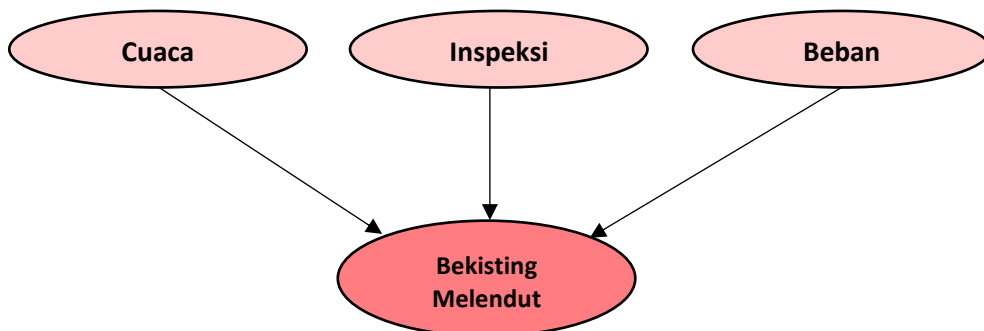
Probabilitas (kemungkinan) terjadinya penurunan scaffolding pada area rencana pengecoran, jika telah dilakukan inspeksi, Jenis Permukaan Pijakan pijakan keras dan beban yang ada sesuai standar yaitu sebesar 0,1.

6. Berapa probabilitas (kemungkinan) penurunan *scaffolding* di lapangan yang dipengaruhi oleh pelaksanaan inspeksi di lapangan, Jenis Permukaan Pijakan pijakan *scaffolding* dan beban pada *scaffolding*?



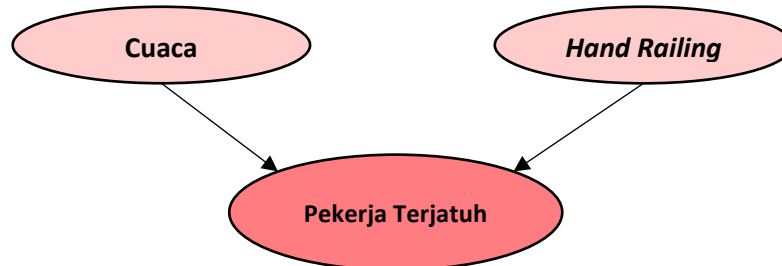
<i>Node Parents</i>			Probabilitas
Inspeksi	Jenis Permukaan Pijakan	Beban	Penurunan Scaffolding
Dilakukan	Keras	Sesuai Standar	1.
		Overload	2.
	Lunak	Sesuai Standar	3.
		Overload	4.
	Lunak dengan perbaikan	Sesuai Standar	5.
		Overload	6.
Tidak Dilakukan	Keras	Sesuai Standar	7.
		Overload	8.
	Lunak	Sesuai Standar	9.
		Overload	10.
	Lunak dengan perbaikan	Sesuai Standar	11.
		Overload	12.

7. Berapa probabilitas (kemungkinan) bekisting melendut yang dipengaruhi oleh cuaca di lapangan, pelaksanaan inspeksi dan beban pada *scaffolding*?



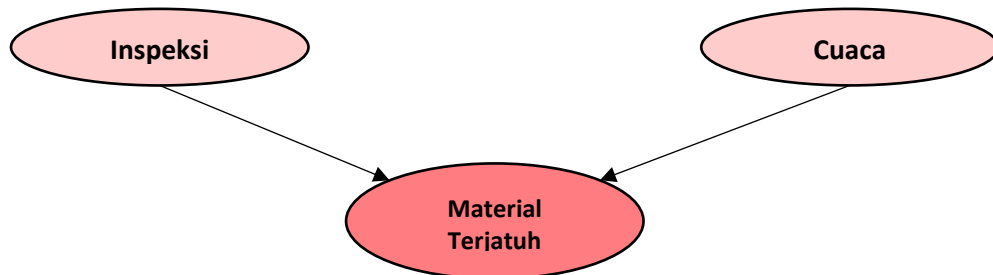
<i>Node Parents</i>			Probabilitas
Cuaca	Inspeksi	Beban	Bekisting Melendut
Cerah	Dilakukan	Sesuai Standar	1.
		<i>Overload</i>	2.
	Tidak Dilakukan	Sesuai Standar	3.
		<i>Overload</i>	4.
Hujan Ringan	Dilakukan	Sesuai Standar	5.
		<i>Overload</i>	6.
	Tidak Dilakukan	Sesuai Standar	7.
		<i>Overload</i>	8.
Hujan Angin	Dilakukan	Sesuai Standar	9.
		<i>Overload</i>	10.
	Tidak Dilakukan	Sesuai Standar	11.
		<i>Overload</i>	12.

8. Berapa probabilitas (kemungkinan) pekerja terjatuh yang dipengaruhi oleh cuaca dilapangan, pemasangan *hand railing* saat pekerjaan *scaffolding* dan bekisting?



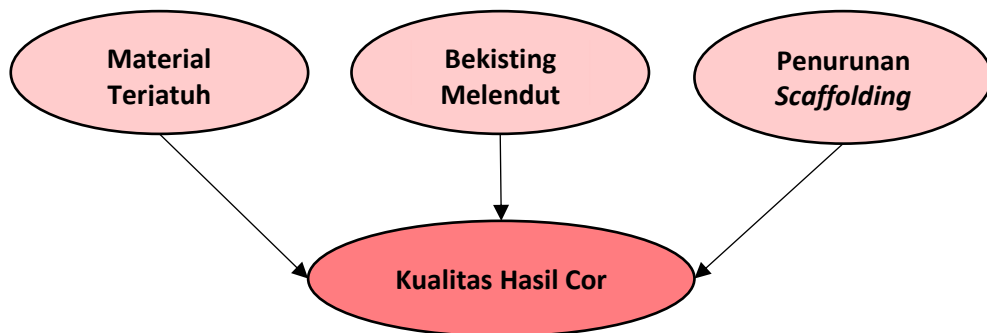
<i>Node Parents</i>		Probabilitas
Cuaca	<i>Hand Railing</i>	Pekerja Terjatuh
Cerah	Ada	1.
	Tidak Ada	2.
Hujan Ringan	Ada	3.
	Tidak Ada	4.
Hujan Angin	Ada	5.
	Tidak Ada	6.

9. Berapa probabilitas (kemungkinan) material terjatuh yang dipengaruhi oleh pemasangan hand railing, pelaksanaan inspeksi dan cuaca di lapangan saat pekerjaan *scaffolding* dan bekisting?



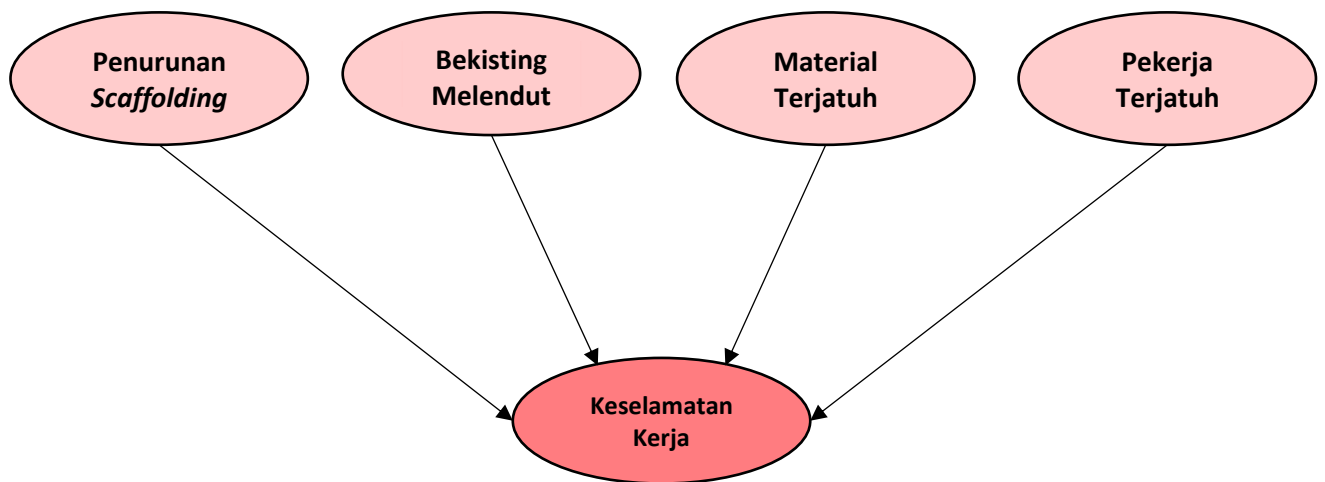
<i>Node Parents</i>			Probabilitas
Hand Railing	Inspeksi	Cuaca	Material Terjatuh
Ada	Dilakukan	Cerah	1.
		Hujan Ringan	2.
		Hujan Angin	3.
	Tidak Dilakukan	Cerah	4.
		Hujan Ringan	5.
		Hujan Angin	6.
Tidak Ada	Dilakukan	Cerah	7.
		Hujan Ringan	8.
		Hujan Angin	9.
	Tidak Dilakukan	Cerah	10.
		Hujan Ringan	11.
		Hujan Angin	12.

10. Berapa probabilitas (kemungkinan) kualitas yang dipengaruhi oleh material yang terjatuh, bekisting melendut, dan penurunan *scaffolding* pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting?



<i>Node Parents</i>			Probabilitas
Material Terjatuh	Bekisting Melendut	Penurunan <i>Scaffolding</i>	Kualitas Hasil Cor Buruk
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	1.
		Terjadi	2.
	Terjadi	Tidak Terjadi	3.
		Terjadi	4.
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	5.
		Terjadi	6.
	Terjadi	Tidak Terjadi	7.
		Terjadi	8.

11. Berapa probabilitas (kemungkinan) keselamatan kerja yang dipengaruhi oleh penurunan *scaffolding*, bekisting melendut, material terjatuh, pekerja terjatuh pada pekerjaan *scaffolding* dan bekisting?



<i>Node Parents</i>				Probabilitas
Penurunan Scaffolding	Bekisting Melendut	Material Terjatuh	Pekerja Terjatuh	Bahaya Keselamatan Kerja
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	1.
			Terjadi	2.
		Terjadi	Tidak Terjadi	3.
			Terjadi	4.
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	5.
			Terjadi	6.
		Terjadi	Tidak Terjadi	7.
			Terjadi	8.
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	9.
			Terjadi	10.
		Terjadi	Tidak Terjadi	11.
			Terjadi	12.
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	13.
			Terjadi	14.
		Terjadi	Tidak Terjadi	15.
			Terjadi	16.

Terimakasih kepada Bapak/Ibu, yang telah berkenan mengisi kuesioner ini. Semoga informasi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan pendidikan.

- TERIMA KASIH -

Lampiran 4 Hasil Kuesioner Pendahuluan I

KUESIONER PENDAHULUAN I

Nama	:	Resp 1.
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	12 tahun
Jabatan	:	Manager QHSE

Bagian I : Variabel yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel penyebab terjadinya risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

- Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil
- Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil
- Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang
- Skor 4 : Tingkat pengaruh besar
- Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Beban					√
2	Jenis Permukaan Pijakan				√	
3	Cuaca					√
4	Proteksi Jatuh			√		
5	Handrailing				√	
6	Cross Bracing			√		
7	Footing/ Jack Base				√	
8	Guying Ties dan Braces		√			
9	Tangga		√			
10	Panjang Bentang	√				
11	Tekanan				√	
12	Inspeksi				√	
13	Akses pada bekisting		√			
14	Jenis Material		√			
15	Joint/Connector				√	

Bagian II : Variabel risiko yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel risiko berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

- Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil
- Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil
- Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang
- Skor 4 : Tingkat pengaruh besar
- Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Penurunan Perancah					√
2	Perancah Tidak Stabil					√
3	Bekisting Melendut					√
4	Pekerja Terjatuh					√
5	Benda/ Material Terjatuh			√		
6	Pekerja Tergelincir, tersandung atau jatuh pada lantai yang sama		√			

KUESIONER PENDAHULUAN I

Nama	:	Resp 2.
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	>15 Tahun
Jabatan	:	Project Production Manager (PPM)

Bagian I : Variabel yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel penyebab terjadinya risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

- Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil
- Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil
- Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang
- Skor 4 : Tingkat pengaruh besar
- Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Beban					√
2	Jenis Permukaan Pijakan			√		
3	Cuaca				√	
4	Proteksi Jatuh		√			
5	Handrailing					√
6	Cross Bracing				√	
7	Footing/ Jack Base				√	
8	Guying Ties dan Braces		√			
9	Tangga		√			
10	Panjang Bentang		√			
11	Tekanan				√	
12	Inspeksi					√
13	Akses pada bekisting			√		
14	Jenis Material	√				
15	Joint/Connector			√		

Bagian II : Variabel risiko yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel risiko berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil

Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil

Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang

Skor 4 : Tingkat pengaruh besar

Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Penurunan Perancah					√
2	Perancah Tidak Stabil			√		
3	Bekisting Melendut					√
4	Pekerja Terjatuh				√	
5	Benda/ Material Terjatuh				√	
6	Pekerja Tergelincir, tersandung atau jatuh pada lantai yang sama		√			

KUESIONER PENDAHULUAN I

Nama	:	Resp 3.
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	>15 Tahun
Jabatan	:	HSE/QC

Bagian I : Variabel yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel penyebab terjadinya risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

- Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil
- Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil
- Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang
- Skor 4 : Tingkat pengaruh besar
- Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Beban				√	
2	Jenis Permukaan Pijakan					√
3	Cuaca					√
4	Proteksi Jatuh			√		
5	Handrailing				√	
6	Cross Bracing			√		
7	Footing/ Jack Base		√			
8	Guying Ties dan Braces			√		
9	Tangga		√			
10	Panjang Bentang	√				
11	Tekanan			√		
12	Inspeksi					√
13	Akses pada bekisting	√				
14	Jenis Material		√			
15	Joint/Connector		√			

Bagian II : Variabel risiko yang mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor

Pengukuran tingkat pengaruh variabel risiko yang mempengaruhi **keselamatan dan kualitas cor** pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding* pada proyek konstruksi. Berikan jawaban tingkat pengaruh variabel risiko berikut, dengan penilaian sebagai berikut:

Skor 1 : Tingkat pengaruh sangat kecil

Skor 2 : Tingkat pengaruh kecil

Skor 3 : Tingkat pengaruh sedang

Skor 4 : Tingkat pengaruh besar

Skor 5 : Tingkat pengaruh sangat besar

No	Variabel	Skor Tingkat Pengaruh				
		1	2	3	4	5
1	Penurunan Perancah				√	
2	Perancah Tidak Stabil			√		
3	Bekisting Melendut					√
4	Pekerja Terjatuh					√
5	Benda/ Material Terjatuh					√
6	Pekerja Tergelincir, tersandung atau jatuh pada lantai yang sama			√		

Lampiran 5 Hasil Kuesioner Pendahuluan II

KUESIONER PENDAHULUAN II

Nama	:	Resp 1.
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	12 tahun
Jabatan	:	Manager QHSE

Untuk mengetahui hubungan antara variabel penyebab risiko dan risiko, yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Berikan jawaban dengan mengisi tabel dibawah, dengan penilaian sebagai berikut :

Skor 0 : Tidak Berhubungan

Skor 1 : Berhubungan

Sebab	Akibat	Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Pekerja Terjatuh	Material Terjatuh
Beban pada <i>scaffolding</i> dan bekisting		1	1	0	0
Kondisi Tanah pijakan <i>scaffolding</i>		1	0	0	0
Pelaksanaan inspeksi dilapangan		1	1	0	1
Cuaca dilapangan		0	1	1	1
Pemasangan <i>hand railing</i>		0	0	1	0
Pengaruh					
Keselamatan		1	1	1	1
Kualitas		1	1	0	1

KUESIONER PENDAHULUAN II

Nama	:	Resp 2.
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	>15 Tahun
Jabatan	:	Project Production Manager (PPM)

Untuk mengetahui hubungan antara variabel penyebab risiko dan risiko, yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Berikan jawaban dengan mengisi tabel dibawah, dengan penilaian sebagai berikut :

Skor 0 : Tidak Berhubungan

Skor 1 : Berhubungan

Sebab	Akibat	Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Pekerja Terjatuh	Material Terjatuh
Beban pada <i>scaffolding</i> dan bekisting		1	1	0	0
Kondisi Tanah pijakan <i>scaffolding</i>		1	0	0	0
Pelaksanaan inspeksi dilapangan		1	0	0	1
Cuaca dilapangan		0	1	1	0
Pemasangan <i>hand railing</i>		0	0	1	0
Pengaruh					
Keselamatan		1	1	1	1
Kualitas		0	1	0	1

KUESIONER PENDAHULUAN II

Nama	:	Resp 3.
Pengalaman di Bidang Konstruksi	:	>15 Tahun
Jabatan	:	HSE/QC

Untuk mengetahui hubungan antara variabel penyebab risiko dan risiko, yang akan mempengaruhi keselamatan dan kualitas cor pada pekerjaan bekisting dan *scaffolding*. Berikan jawaban dengan mengisi tabel dibawah, dengan penilaian sebagai berikut :

Skor 0 : Tidak Berhubungan

Skor 1 : Berhubungan

Sebab	Akibat	Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Pekerja Terjatuh	Material Terjatuh
Beban pada <i>scaffolding</i> dan bekisting		1	1	0	0
Kondisi Tanah pijakan <i>scaffolding</i>		1	0	0	0
Pelaksanaan inspeksi dilapangan		1	1	0	1
Cuaca dilapangan		0	0	1	1
Pemasangan <i>hand railing</i>		0	0	1	0
Pengaruh					
Keselamatan		1	0	1	1
Kualitas		1	1	0	1

Lampiran 6 Rekapitulasi Hasil Respon

ID. Resp	Probabilitas									
	Beban		Jenis Permukaan Pijakan		Inspeksi		Cuaca		Hand Railing	
	Overload	Standar	Lunak	Keras	Tidak Dilakukan	Dilakukan	Hujan Angin	Cerah	Tidak Dipasang	Dipasang
1	0.8	0.2	0.8	0.2	0.8	0.2	0.7	0.3	0.7	0.3
2	0.9	0.1	0.8	0.2	0.8	0.2	0.5	0.5	0.9	0.1
3	1	0	1	0	1	0	0.8	0.2	0.8	0.2
4	0.9	0.1	1	0	1	0	0.2	0.8	1	0
5	0.8	0.2	0.7	0.3	0.8	0.2	0.6	0.4	0.8	0.2
6	0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	0.2	0.2	0.8	0.9	0.1

Node Parents			Probabilitas Terjadinya					
Inspeksi	Jenis Permukaan Pijakan	Beban	Penurunan Scaffolding					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6
Dilakukan	Keras	Standar	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.1	0.6	0.3
	Lunak	Standar	0	0.9	0.4	0.9	0.5	0.5
		Overload	0.9	1	0.9	1	0.8	0.8
Tidak Dilakukan	Keras	Standar	0.1	0.5	0.1	0.5	0.25	0.1
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.6	0.7	0.3
	Lunak	Standar	0.4	0.5	0.4	0.9	0.7	0.4
		Overload	1	1	1	1	0.9	0.8

Node Parents			Probabilitas Terjadinya					
Cuaca	Inspeksi	Beban	Bekisting Melendut					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6
Cerah	Dilakukan	Standar	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.1	0.6	0.5
	Tidak Dilakukan	Standar	0.2	0.5	0.2	0.8	0.4	0.2
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6
Hujan Angin	Dilakukan	Standar	0.1	0.5	0.1	0.1	0.25	0.8
		Overload	0.9	0.9	0.9	0.1	0.8	0.8
	Tidak Dilakukan	Standar	0.3	0.5	0.3	0.8	0.6	0.9
		Overload	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

Node Parents		Probabilitas Terjadinya					
Cuaca	Hand Railing	Pekerja Terjatuh					
		R1	R2	R3	R4	R5	R6
Cerah	Ada	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0
	Tidak Ada	0.5	0.5	0.5	0.9	0.2	0.6
Hujan Angin	Ada	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	1
	Tidak Ada	0.8	0.9	0.8	1	0.55	1

Node Parents			Probabilitas Terjadinya					
Hand Railing	Inspeksi	Cuaca	Material Terjatuh					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6
Ada	Dilakukan	Cerah	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0
		Hujan Angin	0.4	0.3	0.4	0.1	0.25	1
	Tidak Dilakukan	Cerah	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.5
		Hujan Angin	0.8	0.4	0.8	0.8	0.4	1
Tidak Ada	Dilakukan	Cerah	0.2	0.5	0.2	0.8	0.2	0.5
		Hujan Angin	0.8	0.7	0.8	1	0.8	1
	Tidak Dilakukan	Cerah	0.2	0.6	0.2	1	0.5	0.5
		Hujan Angin	0.8	0.8	0.8	1	0.9	1

Node Parents			Probabilitas Terjadinya					
Material Terjatuh	Bekisting Melendut	Penurunan Scaffolding	Kualitas Buruk					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0
		Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.5	1
	Terjadi	Tidak Terjadi	0.5	0.5	1	0.9	0.5	1
		Terjadi	0.7	0.9	1	1	0.8	1
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.6	0.1	1	0.2	0.4	0.9
		Terjadi	0.8	0.5	1	0.8	0.8	1
	Terjadi	Tidak Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.8	1
		Terjadi	0.9	0.9	1	1	0.95	1

Node Parents				Probabilitas Terjadinya					
Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Material Terjatuh	Pekerja Terjatuh	Kemanan Buruk					
				R1	R2	R3	R4	R5	R6
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0
			Terjadi	0.1	0.5	0.1	0.8	0.8	1
		Terjadi	Tidak Terjadi	1	0.2	1	0.2	0.2	0.5
			Terjadi	1	0.9	1	0.9	0.85	1
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.2	0.3	0.2	0.6	0.1	0
			Terjadi	0.8	0.7	1	0.8	0.8	1
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.3	0.7	1	0.8	0.4	0
			Terjadi	0.6	0.9	1	0.9	0.85	1
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.7	0.5	1	0.9	0.2	0
			Terjadi	0.8	0.9	1	1	0.8	1
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.4	0.5
			Terjadi	0.7	0.9	1	1	0.85	1
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.4	0.5
			Terjadi	0.9	0.9	1	1	0.8	1
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.9	0.8	1	0.9	0.4	0.5
			Terjadi	1	1	1	1	0.9	1

Lampiran 7 Nilai Probabilitas Rata-Rata Penurunan *Scaffolding*

Node Parents			Probabilitas Terjadinya							
Inspeksi	Jenis Permukaan Pijakan	Beban	Penurunan Scaffolding						Rata-Rata	
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	Terjadi	Tidak Terjadi
Dilakukan	Keras	Standar	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0.100	0.900
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.1	0.6	0.3	0.583	0.417
	Lunak	Standar	0	0.9	0.4	0.9	0.5	0.5	0.533	0.467
		Overload	0.9	1	0.9	1	0.8	0.8	0.900	0.100
Tidak Dilakukan	Keras	Standar	0.1	0.5	0.1	0.5	0.25	0.1	0.258	0.742
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.6	0.7	0.3	0.683	0.317
	Lunak	Standar	0.4	0.5	0.4	0.9	0.7	0.4	0.550	0.450
		Overload	1	1	1	1	0.9	0.8	0.950	0.050

Lampiran 8 Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Bekisting Melendut

Node Parents			Probabilitas Terjadinya							
Cuaca	Inspeksi	Beban	Bekisting Melendut						Rata-Rata	
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	Terjadi	Tidak Terjadi
Cerah	Dilakukan	Standar	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.083	0.917
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.1	0.6	0.5	0.617	0.383
	Tidak Dilakukan	Standar	0.2	0.5	0.2	0.8	0.4	0.2	0.383	0.617
		Overload	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.767	0.233
Hujan Angin	Dilakukan	Standar	0.1	0.5	0.1	0.1	0.25	0.8	0.308	0.692
		Overload	0.9	0.9	0.9	0.1	0.8	0.8	0.733	0.267
	Tidak Dilakukan	Standar	0.3	0.5	0.3	0.8	0.6	0.9	0.567	0.433
		Overload	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.900	0.100

Lampiran 9 Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Pekerja Terjatuh

Node Parents		Probabilitas Terjadinya							
Cuaca	Hand Railing	Pekerja Terjatuh						Rata-Rata	
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	Terjadi	Tidak Terjadi
Cerah	Ada	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0	0.075	0.925
	Tidak Ada	0.5	0.5	0.5	0.9	0.2	0.6	0.533	0.467
Hujan Angin	Ada	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	1	0.367	0.633
	Tidak Ada	0.8	0.9	0.8	1	0.55	1	0.842	0.158

Lampiran 10 Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Material Terjatuh

Node Parents			Probabilitas Terjadinya							
Hand Railing	Inspeksi	Cuaca	Material Terjatuh						Rata-Rata	
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	Terjadi	Tidak Terjadi
Ada	Dilakukan	Cerah	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0	0.075	0.925
		Hujan Angin	0.4	0.3	0.4	0.1	0.25	1	0.408	0.592
	Tidak Dilakukan	Cerah	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.5	0.300	0.700
		Hujan Angin	0.8	0.4	0.8	0.8	0.4	1	0.700	0.300
Tidak Ada	Dilakukan	Cerah	0.2	0.5	0.2	0.8	0.2	0.5	0.400	0.600
		Hujan Angin	0.8	0.7	0.8	1	0.8	1	0.850	0.150
	Tidak Dilakukan	Cerah	0.2	0.6	0.2	1	0.5	0.5	0.500	0.500
		Hujan Angin	0.8	0.8	0.8	1	0.9	1	0.883	0.117

Lampiran 11 Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Kualitas Cor Buruk

Node Parents			Probabilitas Terjadinya							
Material Terjatuh	Bekisting Melendut	Penurunan Scaffolding	Kualitas Buruk						Rata-Rata	
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	Terjadi	Tidak Terjadi
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0	0.100	0.900
		Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.5	1	0.783	0.217
	Terjadi	Tidak Terjadi	0.5	0.5	1	0.9	0.5	1	0.733	0.267
		Terjadi	0.7	0.9	1	1	0.8	1	0.900	0.100
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.6	0.1	1	0.2	0.4	0.9	0.533	0.467
		Terjadi	0.8	0.5	1	0.8	0.8	1	0.817	0.183
	Terjadi	Tidak Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.8	1	0.833	0.167
		Terjadi	0.9	0.9	1	1	0.95	1	0.958	0.042

Lampiran 12 Nilai Rata-Rata Probabilitas Terjadinya Keselamatan Buruk

Node Parents				Probabilitas Terjadinya							
Penurunan <i>Scaffolding</i>	Bekisting Melendut	Material Terjatuh	Pekerja Terjatuh	Keselamatan Buruk						Rata-Rata	
				R1	R2	R3	R4	R5	R6	Terjadi	Tidak Terjadi
Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0	0.075	0.925
			Terjadi	0.1	0.5	0.1	0.8	0.8	1	0.550	0.450
		Terjadi	Tidak Terjadi	1	0.2	1	0.2	0.2	0.5	0.517	0.483
			Terjadi	1	0.9	1	0.9	0.85	1	0.942	0.058
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.2	0.3	0.2	0.6	0.1	0	0.233	0.767
			Terjadi	0.8	0.7	1	0.8	0.8	1	0.850	0.150
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.3	0.7	1	0.8	0.4	0	0.533	0.467
			Terjadi	0.6	0.9	1	0.9	0.85	1	0.875	0.125
Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.7	0.5	1	0.9	0.2	0	0.550	0.450
			Terjadi	0.8	0.9	1	1	0.8	1	0.917	0.083
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.4	0.5	0.683	0.317
			Terjadi	0.7	0.9	1	1	0.85	1	0.908	0.092
	Terjadi	Tidak Terjadi	Tidak Terjadi	0.8	0.5	1	0.9	0.4	0.5	0.683	0.317
			Terjadi	0.9	0.9	1	1	0.8	1	0.933	0.067
		Terjadi	Tidak Terjadi	0.9	0.8	1	0.9	0.4	0.5	0.750	0.250
			Terjadi	1	1	1	1	0.9	1	0.983	0.017

Lampiran 13 Evidence 6 Proyek Konstruksi

Variabel	State	Evidence Proyek					
		A	B	C	D	E	F
Beban	Standar				√	√	√
	Overload	√	√	√			
Jenis Permukaan Pijakan	Keras	√	√		√	√	
	Lunak			√			√
Inspeksi	Dilakukan		√	√	√	√	√
	Tidak Dilakukan	√					
Cuaca	Cerah	√	√	√	√	√	√
	Hujan						
Handrailing	Ada				√	√	√
	Tidak Ada	√	√	√			
Keterangan : Tanda √ memiliki arti TERJADI							