

Model Analisis Defisiensi Struktur dan Sistem Organisasi Proyek Sebagai Kontributor Kecelakaan Konstruksi dalam Pembangunan Infrastruktur

Atharika Yosa Febrian, Akhmad Suraji, Benny Hidayat

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Correspondence: atharikatari@gmail.com, akhmadsuraji@gmail.com, bennyhidayat@eng.unand.ac.id

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi dan menentukan faktor yang signifikan dari defisiensi struktur dan sistem organisasi proyek sebagai kontributor kecelakaan konstruksi yang dapat digunakan sebagai alat bantu/ instrumen untuk audit keselamatan konstruksi. Penelitian kuantitatif ini diolah dengan metode *Bayesian Belief Networks (BBN)* dan dimodelkan menggunakan *software hugin lite 9.1 free download*. Berdasarkan hasil penelitian faktor yang berkontribusi paling signifikan berdasarkan simulasi prediksi yang dikembangkan menggunakan model *Bayesian Belief Networks* menggunakan *software Hugin Lite 9.1 free download* adalah defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi kontraktor dengan nilai probabilitas 3 (tiga) terbesar yaitu identifikasi dan penilaian risiko oleh kontraktor yang tidak memadai 82,52%, prosedur pelaksanaan konstruksi tidak benar 75,62% dan kurangnya pengetahuan terkait keselamatan konstruksi 70%.

Kata Kunci: Kecelakaan Konstruksi; Kontributor; Defisiensi; Organisasi.

Abstract. *The aim of this research is to identify and determine significant factors from structural deficiencies and project organizational systems as contributors to construction accidents which can be used as tools/instruments for construction safety audits. This quantitative research was processed using the Bayesian Belief Networks (BBN) method and modeled using the free download Hugin Lite 9.1 software. Based on the research results, the factor that contributes most significantly based on prediction simulations developed using the Bayesian Belief Networks model using Hugin Lite 9.1 free download software is a deficiency in the project organization system from the contractor's side with the largest 3 (three) probability values, namely risk identification and assessment by contractors who do not adequate 82.52%, construction implementation procedures incorrect 75.62% and lack of knowledge related to construction safety 70%.*

Keywords: *Construction Accident; Contributor; Deficiency; Organization.*

PENDAHULUAN

Satu dari enam kecelakaan fatal di tempat kerja terjadi di industri konstruksi, terhitung 6.000 kecelakaan fatal per tahun. Keanekaragaman lokasi konstruksi, lingkungan kerja yang berubah, tingkat pergantian tenaga kerja yang tinggi, perbedaan alat dan teknologi yang digunakan menjadikan industri konstruksi memiliki risiko kecelakaan konstruksi yang tinggi (ILO, 2017). Kecelakaan konstruksi mengakibatkan kehilangan harta benda, kematian, waktu kerja, cacat tetap dan/ atau kerusakan lingkungan (Kementerian PUPR, 2021).

Kecelakaan konstruksi disebabkan multifaktorial yaitu masyarakat, organisasi, manajemen proyek, pengawasan, kontraktor, kondisi lapangan, kelompok kerja, dan karakteristik individu. Perencanaan konstruksi yang tidak tepat, pengendalian konstruksi yang tidak tepat, dan operasi konstruksi yang tidak sesuai adalah salah satu faktor yang sering berkontribusi pada kecelakaan konstruksi (Duff &

Suraji, 2000). Kecelakaan konstruksi juga dapat disebabkan oleh faktor manusia seperti perilaku pekerja dan budaya keselamatan di kalangan pekerja (Kamal dkk, 2013). Menurut Khosravi dkk (2014) keselamatan konstruksi merupakan fenomena yang kompleks, oleh karena itu keselamatan konstruksi selalu menjadi perhatian yang sangat penting. Di antara faktor-faktor utama yang mempengaruhi manajemen keselamatan konstruksi yaitu faktor-faktor yang berkaitan dengan tindakan manusia dan isu-isu organisasi. Pengguna jasa, kontraktor, subkontraktor, konsultan perencanaan dan pengawasan, serta pihak yang terlibat langsung dalam penyelenggaraan proyek perlu memastikan bahwa mereka saling bekerjasama dalam melakukan tugas manajemen keselamatan (Zhang dkk, 2019).

Kecelakaan konstruksi dapat disebabkan oleh perilaku semua pihak yang terlibat dalam penyelenggaraan konstruksi (Suraji, 2006), baik dari segi defisiensi struktur maupun sistem

organisasi proyek. Defisiensi struktur organisasi proyek yaitu ketidaktepatan atau ketidaksempurnaan dari elemen struktur organisasi. Defisiensi sistem organisasi proyek yaitu ketidaksempurnaan hubungan antar elemen organisasi yang menyebabkan penyelenggaraan proyek tidak berjalan dengan baik sehingga memicu dan memacu terjadinya peristiwa yang dapat menghilangkan nyawa, kerusakan properti, lingkungan dan publik.

METODE

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif, karena lebih menekankan analisisnya pada data angka yang diolah dengan metode *Bayesian Belief Networks (BBN)* dan dimodelkan menggunakan *software hugin lite 9.1 free download*. Data penelitian diperoleh melalui studi literatur dan *case based analysis* selanjutnya mengidentifikasi faktor yang paling signifikan sebagai kontributor kecelakaan konstruksi melalui kuisisioner. Kuisisioner diisi melalui *google form*

https://bit.ly/Kuisisionertesis_KontributorKecelakaanKonstruksi pada bulan Mei 2024. Kuisisioner ditujukan kepada pelaku konstruksi seperti pengguna jasa/pemilik proyek, konsultan pengkajian atau perencanaan, konsultan perancangan, kontraktor, konsultan pengawas/manajemen konstruksi, peneliti konstruksi, pengkaji teknis, pakar/ahli konstruksi dengan pengalaman minimal 5 tahun di proyek konstruksi.

HASIL

Identifikasi Defisiensi Struktur dan Sistem Organisasi Proyek yang signifikan pada Kecelakaan Konstruksi

Defisiensi struktur dan sistem organisasi yang secara signifikan berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi sangat perlu diperhatikan agar kecelakaan konstruksi dapat diprediksi dan diminimalisir tingkat kefatalannya. Selain itu pentingnya mengidentifikasi kontributor tersebut agar tercapainya sasaran pekerjaan dari segi biaya, mutu, waktu, keselamatan konstruksi dan lingkungan kerja. Identifikasi faktor dilakukan melalui studi literatur pada hasil penelitian yang relevan dan *case based analysis* dengan melakukan review 33 (tiga puluh tiga) kasus kecelakaan konstruksi yang ada di dunia berdasarkan laporan investigasi kecelakaan konstruksi di *Occupational Safety and Health Administration OSHA, 1990–2020* yang disajikan pada lampiran 1. Kriteria data defisiensi sistem organisasi proyek yang diambil yaitu faktor dengan total studi literatur >2 dan diprioritaskan untuk faktor yang terdapat dalam *cased based analysis*. Kriteria data defisiensi struktur organisasi proyek yang digunakan yaitu keseluruhan data berdasarkan studi literatur dan *cased based analysis*.

Selanjutnya 44 kontributor dengan kriteria diatas disusun dalam bentuk kuisisioner yang dibagikan dalam bentuk *google form* untuk mengidentifikasi faktor yang paling signifikan sebagai kontributor kecelakaan konstruksi dengan menggunakan skala *Likert* yaitu skor 1 = sangat kecil, skor 2 = kecil, skor 3 = sedang, skor 4 = besar, skor 5 = sangat besar. Untuk menentukan faktor signifikan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *mean*.

Tabel 1
Hasil identifikasi faktor signifikan yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi

No.	Faktor kontributor	Rerata
I	Defisiensi Sistem Organisasi Proyek	
A	Pengguna jasa/ pemilik proyek	
1	Kebijakan terkait keselamatan konstruksi yang disusun oleh pengguna jasa tidak memadai	3.243
2	Keterlambatan penyampaian informasi terkait kelengkapan dokumen perencanaan	3.108
3	Kurangnya komitmen pengguna jasa/pemilik proyek terhadap keselamatan konstruksi	4.064
4	Komunikasi dan koordinasi pengguna jasa/pemilik proyek dengan pelaku konstruksi tidak memadai	3.131
5	Kurangnya perhatian pengguna jasa/pemilik proyek terhadap manajemen risiko	3.292
6	Penegakan pengaturan keselamatan oleh pengguna jasa/pemilik proyek tidak memadai	4.058
7	Tidak ada review desain oleh pengguna jasa/pemilik proyek	4.082
8	Tidak adanya evaluasi keberfungsian bangunan eksisting (pekerjaan rehabilitasi) oleh pengguna jasa/pemilik proyek	3.204
9	Pengguna jasa/pemilik proyek tidak memiliki dokumen perencanaan secara lengkap	3.038
B	Konsultan perancangan	
1	Desain struktural yang tidak memadai	4.135
2	Desain tidak sesuai standar teknis	4.058
3	Identifikasi dan penilaian risiko oleh konsultan perancangan yang tidak memadai	4.178
4	Kurangnya komitmen konsultan perancangan terhadap keselamatan konstruksi	3.474
5	Komunikasi dan koordinasi konsultan perancangan dengan pelaku konstruksi tidak memadai	3.205
6	Kurangnya motivasi dan kesadaran terhadap keselamatan konstruksi	3.149
7	Penjelasan terkait metode pelaksanaan dari konsultan perancangan tidak memadai	4.069

8	Perencanaan pekerjaan konstruksi tidak memadai	3.394
9	Spesifikasi teknis tidak memadai	4.047
10	Kurangnya transformasi pengetahuan ke pelaku konstruksi	3.201
C	Kontraktor	
1	Budaya keselamatan konstruksi yang kurang	3.809
2	Identifikasi dan penilaian risiko oleh kontraktor yang tidak memadai	4.099
3	Instruksi pekerjaan yang tidak tepat	3.988
4	Kecerobohan	3.658
5	Kelalaian	4.089
6	Kurangnya kepatuhan kontraktor terhadap peraturan keselamatan konstruksi	4.061
7	Kurangnya kerjasama tim	3.322
8	Kurangnya komitmen kontraktor terhadap keselamatan konstruksi	3.601
9	Kompetensi tenaga kerja yang tidak sesuai	3.507
10	Komunikasi dan koordinasi kontraktor dengan pelaku konstruksi tidak memadai	4.129
11	Kualitas kepemimpinan yang kurang	3.403
12	Kurangnya pengetahuan terkait keselamatan konstruksi	4.044
13	Merubah metode konstruksi dari dokumen perencanaan	3.529
14	Kurangnya motivasi dan kesadaran terhadap keselamatan konstruksi	3.586
15	Pekerjaan tidak sesuai gambar kerja	3.494
16	Penyediaan peringatan keselamatan atau tindakan pencegahan lainnya tidak memadai	3.390
17	Perencanaan / penjadwalan proyek yang buruk	3.358
18	Prosedur pelaksanaan konstruksi tidak benar	4.026
19	Tenaga kerja tidak tersertifikasi	3.492
20	Tenaga kerja tidak mengikuti instruksi pekerjaan	3.609
21	Tenaga kerja yang tidak terlatih atau tidak berpengalaman	3.464
22	Tidak memiliki manual pengoperasian alat	3.450
D	Konsultan pengawas/ manajemen konstruksi	
1	Komunikasi dan koordinasi konsultan pengawas dengan pelaku konstruksi tidak memadai	4.021
2	Kurangnya kontrol terhadap sistem organisasi pelaku konstruksi	3.350
3	Kurangnya pengawasan terhadap pekerjaan	4.006
II	Defisiensi Struktur Organisasi Proyek	
1	Tidak memiliki manajer keselamatan	4.117
2	Tidak memiliki unit kesehatan	3.347
3	Tidak ada penanggungjawab lalu lintas saat pelaksanaan pekerjaan	3.575
4	Tidak ada departemen khusus safety	4.122
5	Tidak ada insinyur berkualifikasi dalam perencanaan	4.031

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 1 nilai rata-rata (*mean*) diatas 4, dari 44 kontributor diperoleh 16 kontributor yang signifikan berdasarkan defisiensi sistem organisasi proyek dan 3 kontributor yang signifikan berdasarkan struktur organisasi proyek terhadap kecelakaan konstruksi baik dari segi proyek bidang cipta karya, bina marga, maupun sumber daya air. Kontributor tersebut terdiri dari defisiensi struktur dan sistem organisasi proyek dari sisi pengguna jasa/pemilik proyek, konsultan perancangan, kontraktor, dan konsultan pengawas/ manajemen konstruksi.

Model hubungan antara Defisiensi Struktur & Sistem Organisasi Proyek yang signifikan berkontribusi pada Kecelakaan Konstruksi

Perancangan struktur *conceptual model BBN* merupakan tahap awal dalam metode *Bayesian Belief Networks*. Hal ini disebabkan karena *conceptual model* awal tersebut akan memperlihatkan bagaimana hubungan antar variabel-variabel tersebut bekerja membentuk sebuah sistem serta hubungannya terhadap probabilitas terjadinya kecelakaan konstruksi.

Tabel 2
Variabel nodes kontributor kecelakaan konstruksi

No.	Struktur	Variabel Node	Simbol
A	Defisiensi Sistem Organisasi Proyek		F1
1.	Pengguna Jasa/ Pemilik Proyek	Kurangnya komitmen pengguna jasa/ pemilik proyek terhadap keselamatan konstruksi	A1
		Penegakan pengaturan keselamatan tidak memadai	A2
		Tidak ada review desain	A3
2.	Konsultan Pengawas/ Manajemen Konstruksi	Komunikasi dan koordinasi konsultan pengawas tidak memadai	B1
		Kurangnya pengawasan terhadap pekerjaan	B2
3.	Kontraktor	Kurangnya kepatuhan kontraktor terhadap peraturan keselamatan	C1
		Kurangnya pengetahuan terkait keselamatan konstruksi	C2
		Kelalaian	C3
		Komunikasi dan koordinasi kontraktor tidak memadai	C4
		Identifikasi dan penilaian risiko oleh kontraktor yang tidak memadai	C5
		Prosedur pelaksanaan konstruksi tidak benar	C6
4.	Konsultan Perancangan	Desain tidak sesuai standar teknis	D1
		Desain struktural yang tidak memadai	D2
		Penjelasan terkait metode pelaksanaan tidak memadai	D3

	Spesifikasi teknis tidak memadai	D4
	Identifikasi dan penilaian risiko oleh konsultan perancangan yang tidak memadai	D5
B	Defisiensi Struktur Organisasi Proyek	F2
1.	Tidak ada departemen khusus safety	E1
2.	Tidak memiliki manajer keselamatan	E2
3.	Tidak ada insinyur berkualifikasi dalam perencanaan	E3
Kecelakaan Konstruksi		G

Sumber: data olahan

Suatu peristiwa sebab-akibat didefinisikan sebagai setiap penyumbang kecelakaan besar yang tidak direncanakan dan tidak disengaja, yang jika dihilangkan akan mencegah terjadinya kecelakaan atau mengurangi tingkat keparahan atau frekuensinya (Zhou et al., 2021). Hubungan sebab akibat antar faktor-faktor ini diperoleh berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan.

Tahapan Bayesian Belief Networks (BBN)

Hubungan antara faktor yang signifikan maka probabilitas setiap faktor ditentukan melalui data kuisioner oleh para *expert* yang terdiri dari Komite Keselamatan Konstruksi, Himpunan Safety Engineer Indonesia (HISEI), dan praktisi proyek konsultan dan kontraktor dengan mengisi *google form* pada link berikut https://bit.ly/KuisionerKKK_TesisAtharika. Pengisian nilai probabilitas untuk *state* setiap faktor dilakukan berdasarkan data primer (kuisioner) dengan mengambil nilai modus. Nilai modus digunakan karena modus tidak dipengaruhi oleh data yang ekstrim besar atau kecil dan bisa digunakan untuk menentukan harga

tengah pada distribusi frekuensi (<https://eprints.utdi.ac.id/>).

Hasil pengisian nilai probabilitas pada lembar kuesioner yang disajikan dalam bentuk CPT (*Conditional Probability Table*) oleh responden (*expert*) maka diperoleh nilai setiap state pada faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi. Selanjutnya melalui proses inferensi dengan menggunakan program bayes pada software *Hugin Lite 9.1 free download*, maka diperoleh nilai probabilitas untuk masing-masing faktor.

Tahapan Prediksi Kecelakaan Konstruksi pada Pembangunan Infrastruktur

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi faktor-faktor terhadap terjadinya kecelakaan konstruksi pada pembangunan infrastruktur maka aplikasi model juga dilakukan dengan mencoba membandingkan prediksi kecelakaan konstruksi terhadap kondisi *realtime*. Sebagai contoh peneliti membuat beberapa simulasi faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi. Prediksi kecelakaan konstruksi dengan asumsi bahwa hubungan antar faktor-faktor dari awal sampai akhir sama.

Tabel 3
Rekapitulasi simulasi faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi

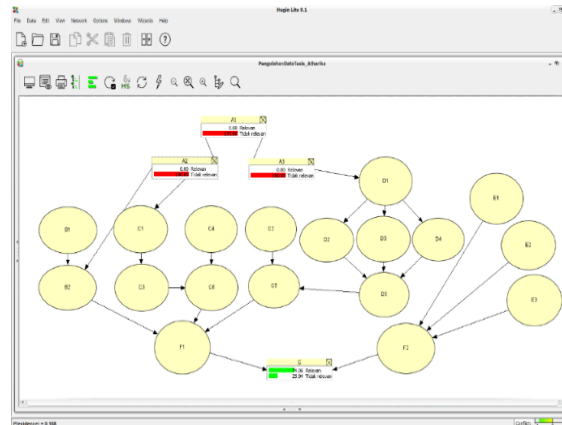
No	Faktor Kontributor	Simbol	Nilai Probabilitas awal/ datum	Nilai Probabilitas awal/ datum G	Nilai Probabilitas G (jika faktor kontributor tidak relevan)	Deviasi (ΔP)
I	Defisiensi Sistem Organisasi Proyek	F1				
	Berkontribusi		76,67	76,36	55,45	-20,91
	Tidak berkontribusi		23,33	23,64	44,55	+20,91
A	Pengguna Jasa / Pemilik Proyek					
				76,36	74,06	- 2,3
				23,64	25,94	+2,3
1	Kurangnya komitmen pengguna jasa/ pemilik proyek terhadap keselamatan konstruksi	A1				
	Relevan		70,00			
	Tidak relevan		30,00			
2	Penegakan pengaturan keselamatan tidak memadai	A2				
	Relevan		55,00			
	Tidak relevan		45,00			
3	Tidak ada review desain	A3				
	Relevan		72,00			
	Tidak relevan		28,00			
B	Konsultan Pengawas/ Manajemen Konstruksi					
				76,36	69,77	-6,59
				23,64	30,23	+6,59

Atharika Yosa Febrian et al., Model Analisis Defisiensi Struktur dan Sistem Organisasi Proyek Sebagai Kontributor Kecelakaan Konstruksi dalam Pembangunan Infrastruktur

4	Komunikasi dan koordinasi konsultan pengawas tidak memadai	B1						
	Relevan			90,00				
	Tidak relevan			10,00				
5	Kurangnya pengawasan terhadap pekerjaan	B2						
	Relevan			77,45				
	Tidak relevan			22,55				
C	Kontraktor				76,36		61,51	-14,85
					23,64		38,49	+14,85
6	Kurangnya kepatuhan kontraktor terhadap peraturan keselamatan	C1						
	Relevan							
	Tidak relevan			58,50				
				41,50				
7	Kurangnya pengetahuan terkait keselamatan konstruksi	C2						
	Relevan							
	Tidak relevan			70,00				
				30,00				
8	Kelalaian	C3						
	Relevan							
	Tidak relevan			65,10				
				34,90				
9	Komunikasi dan koordinasi kontraktor tidak memadai	C4						
	Relevan							
	Tidak relevan			60,00				
				40,00				
10	Identifikasi dan penilaian risiko oleh kontraktor yang tidak memadai	C5						
	Relevan							
	Tidak relevan			82,52				
				17,48				
11	Prosedur pelaksanaan konstruksi tidak benar	C6						
	Relevan							
	Tidak relevan			75,62				
				24,38				
D	Konsultan Perancangan				76,36		75,10	-1,26
					23,64		24,90	+1,26
12	Desain tidak sesuai standar teknis	D1	70,40					
	Relevan		29,60					
	Tidak relevan							
13	Desain struktural yang tidak memadai	D2	69,28					
	Relevan		30,72					
	Tidak relevan							
14	Penjelasan terkait metode pelaksanaan tidak memadai	D3						
	Relevan							
	Tidak relevan			69,28				
				30,72				
15	Spesifikasi teknis tidak memadai	D4						
	Relevan							
	Tidak relevan			72,24				
				27,76				
16	Identifikasi dan penilaian risiko oleh konsultan perancangan yang tidak memadai	D5						
	Relevan							
	Tidak relevan			71,14				
				28,86				
II	Defisiensi Struktur Organisasi Proyek	F2						
	Berkontribusi			63,64	76,36		60,67	-15,69
	Tidak berkontribusi			36,36	23,64		39,33	+15,69
1	Tidak ada departemen khusus safety	E1						
	Relevan							
	Tidak relevan			66,67				
				33,33				
2	Tidak memiliki manajer keselamatan	E2						
	Relevan							
	Tidak relevan			70,00				
				30,00				

3	Tidak ada insinyur berkualifikasi dalam perencanaan Relevan Tidak relevan	E3	72,73 27,27
---	---	----	----------------

Sumber: data olahan



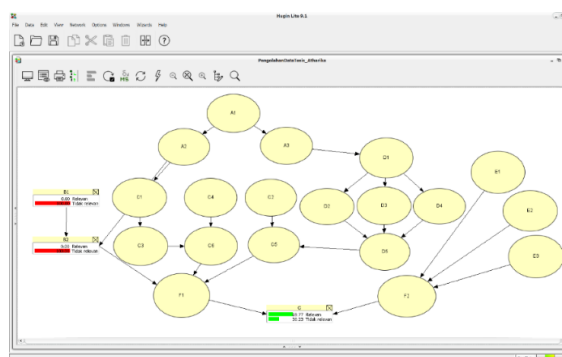
Sumber: data olahan

Gambar 1
Simulasi Hugin Lite jika defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi pengguna jasa/ pemilik proyek “tidak relevan”

Jika variabel kurangnya komitmen pengguna jasa/ pemilik proyek terhadap keselamatan konstruksi menunjukkan “tidak relevan”, penegakan pengaturan keselamatan tidak memadai menunjukkan “tidak relevan”, dan tidak ada review desain menunjukkan “tidak relevan” dibuat maksimum maka akan muncul hasil pada *State* probabilitas kecelakaan konstruksi. Dari hasil pengisian nilai pada lembar kusioner yang disajikan pada tabel data maka di peroleh nilai setiap *State* pada faktor-faktor yang

berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi dalam pembangunan infrastruktur. Selanjutnya melalui proses pengolahan data dengan menggunakan program Bayesian pada aplikasi *software Hugin lite 9.1 free download* maka diperoleh probabilitas kecelakaan konstruksi menurun menjadi 74,06% relevan.

Selanjutnya simulasi kedua jika defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi konsultan pengawas/ manajemen konstruksi “tidak relevan”.



Sumber: data olahan

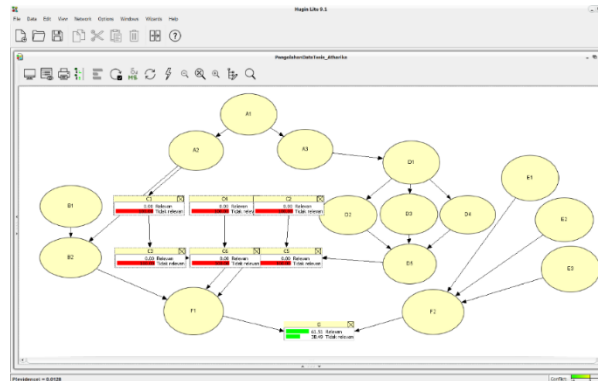
Gambar 2
Simulasi Hugin Lite jika defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi konsultan pengawas/ manajemen konstruksi “tidak relevan”

Jika variabel komunikasi dan koordinasi konsultan pengawas tidak memadai menunjukkan “tidak relevan” dan kurangnya pengawasan terhadap pekerjaan menunjukkan “tidak relevan”

dibuat maksimum maka akan muncul hasil pada *State* probabilitas kecelakaan konstruksi. Dari hasil pengisian nilai pada lembar kusioner yang disajikan pada tabel data maka di peroleh nilai

setiap *State* pada faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi dalam pembangunan infrastruktur. Selanjutnya melalui proses pengolahan data dengan menggunakan program Bayesian pada aplikasi *software Hugin*

lite 9.1 free download maka diperoleh probabilitas kecelakaan konstruksi menurun menjadi 69,77% relevan. Selanjutnya simulasi ketiga jika defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi kontraktor “tidak relevan”



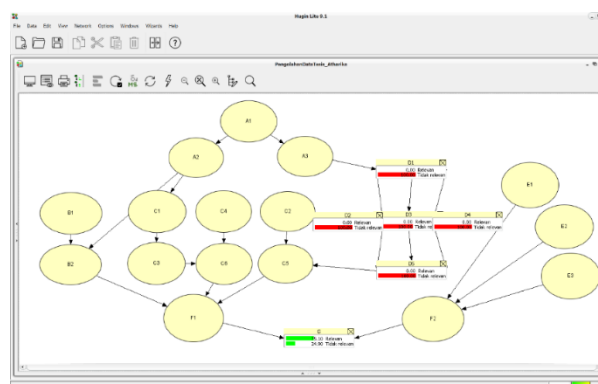
Sumber: data olahan

Gambar 3

Simulasi Hugin Lite jika defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi kontraktor “tidak relevan”

Jika variabel kurangnya kepatuhan kontraktor terhadap peraturan keselamatan menunjukkan “tidak relevan”, kurangnya pengetahuan terkait keselamatan konstruksi menunjukkan “tidak relevan”, kelalaian menunjukkan “tidak relevan”, komunikasi dan koordinasi kontraktor tidak memadai menunjukkan “tidak relevan”, identifikasi dan penilaian risiko oleh kontraktor yang tidak memadai menunjukkan “tidak relevan”, dan prosedur pelaksanaan konstruksi tidak benar menunjukkan “tidak relevan” dibuat maksimum maka akan muncul hasil pada *State* probabilitas

kecelakaan konstruksi. Dari hasil pengisian nilai pada lembar kusioner yang disajikan pada tabel data maka di peroleh nilai setiap *State* pada faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi dalam pembangunan infrastruktur. Selanjutnya melalui proses pengolahan data dengan menggunakan program Bayesian pada aplikasi *software Hugin lite 9.1 free download* maka diperoleh probabilitas kecelakaan konstruksi menurun menjadi 61,51% relevan. Selanjutnya simulasi keempat jika defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi konsultan perancangan “tidak relevan”.



Sumber: data olahan

Gambar 4

Simulasi Hugin Lite jika defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi konsultan perancangan “tidak relevan”

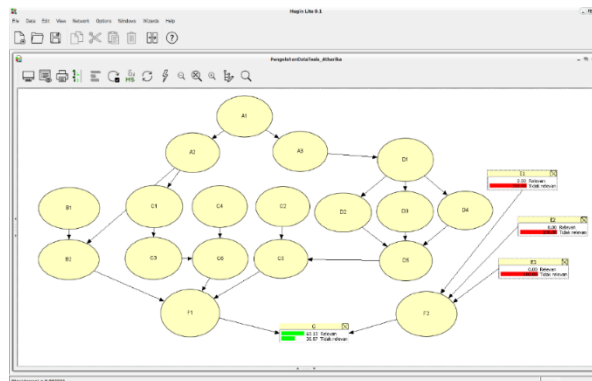
Jika variabel desain tidak sesuai standar teknis menunjukkan “tidak relevan”, desain struktural yang tidak memadai menunjukkan

“tidak relevan”, penjelasan terkait metode pelaksanaan tidak memadai menunjukkan “tidak relevan”, spesifikasi teknis tidak memadai

menunjukkan “tidak relevan” dan identifikasi dan penilaian risiko oleh konsultan perancangan yang tidak memadai menunjukkan “tidak relevan” dibuat maksimum maka akan muncul hasil pada *State* probabilitas kecelakaan konstruksi. Dari hasil pengisian nilai pada lembar kusioner yang disajikan pada tabel data maka di peroleh nilai setiap *State* pada faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi dalam pembangunan infrastruktur. Selanjutnya melalui proses pengolahan data dengan menggunakan program Bayesian pada aplikasi *software Hugin*

lite 9.1 free download maka diperoleh probabilitas kecelakaan konstruksi menurun menjadi 75,10% relevan.

Selanjutnya simulasi kelima jika defisiensi struktur organisasi proyek yaitu tidak ada departemen khusus safety menunjukkan “tidak relevan”, tidak memiliki manajer keselamatan menunjukkan “tidak relevan” dan tidak ada insinyur berkualifikasi dalam perencanaan menunjukkan “tidak relevan” dibuat maksimum maka akan muncul hasil pada *State* probabilitas kecelakaan konstruksi.



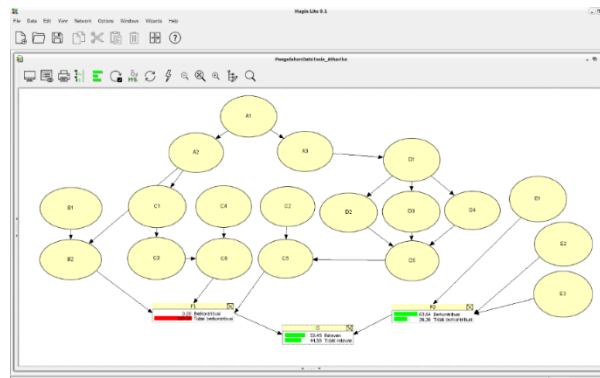
Sumber: data olahan

Gambar 5

Simulasi Hugin Lite jika faktor-faktor defisiensi struktur organisasi proyek “tidak relevan”

Hasil pengisian nilai pada lembar kusioner yang disajikan pada tabel data maka di peroleh nilai setiap *State* pada faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan konstruksi dalam pembangunan infrastruktur. Selanjutnya melalui proses pengolahan data dengan menggunakan program Bayesian pada aplikasi *software Hugin lite 9.1 free download* maka

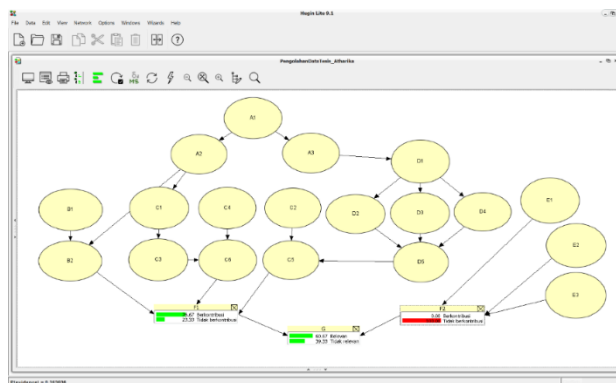
diperoleh probabilitas kecelakaan konstruksi menurun menjadi 63,13% relevan. Selanjutnya simulasi keenam jika defisiensi sistem organisasi proyek menunjukkan “tidak berkontribusi” dan jika defisiensi struktur organisasi proyek “tidak berkontribusi” dibuat maksimum maka akan muncul hasil pada *State* probabilitas kecelakaan konstruksi.



Sumber: data olahan

Gambar 6

Simulasi Hugin Lite jika faktor-faktor defisiensi sistem organisasi proyek “tidak berkontribusi”



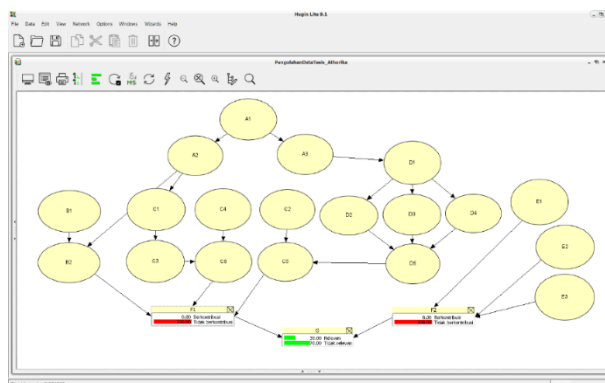
Sumber: data olahan

Gambar 7

Simulasi Hugin Lite jika faktor-faktor defisiensi struktur dan sistem organisasi proyek “tidak berkontribusi”

Melalui proses pengolahan data dengan menggunakan program Bayesian pada aplikasi *software Hugin lite 9.1 free download* maka diperoleh probabilitas kecelakaan konstruksi jika defisiensi sistem organisasi proyek “tidak berkontribusi” menurun menjadi 55,45% relevan. Probabilitas kecelakaan konstruksi jika defisiensi

struktur organisasi proyek “tidak berkontribusi” menurun menjadi 60,67% relevan. Selanjutnya simulasi ketujuh jika defisiensi sistem dan struktur organisasi proyek menunjukkan “tidak berkontribusi” maka probabilitas kecelakaan konstruksi menurun menjadi 30% relevan.



Sumber: data olahan

Gambar 8

Simulasi Hugin Lite jika defisiensi struktur dan sistem organisasi proyek “tidak berkontribusi”

SIMPULAN

Hasil penelitian menemukan bahwa terdapat 16 defisiensi sistem organisasi proyek dan 3 defisiensi struktur organisasi proyek sebagai kontributor kecelakaan konstruksi. Adapun faktor yang berkontribusi paling signifikan berdasarkan simulasi prediksi yang dikembangkan menggunakan model *Bayesian Belief Networks* adalah defisiensi sistem organisasi proyek dari sisi kontraktor dengan 3 (tiga) faktor terbesar yaitu identifikasi dan penilaian risiko oleh kontraktor yang tidak memadai 82,52%, prosedur pelaksanaan konstruksi tidak benar 75,62% dan kurangnya pengetahuan terkait keselamatan konstruksi 70%. Berdasarkan analisis nilai

probabilitas yang dimodelkan sesuai dengan faktor kontribusi yaitu dari segi defisiensi struktur dan sistem organisasi proyek dengan menggunakan *software Hugin lite 9.1 free download* dimana hasil model menunjukkan terjadinya kecelakaan konstruksi “relevan” bernilai 76,36% yang dan tidak terjadinya kecelakaan konstruksi “tidak relevan” bernilai 23,64%. Model prediksi kecelakaan konstruksi ini merupakan model yang dapat mengakomodasi *updating* kejadian *realtime* sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu/ instrumen untuk audit keselamatan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Duff, R., & Suraji, A. 2000. Incorporating Site Management Factors Into Design For s Safe Construction Process. *Publication-European Construction Institute TF*, 61–68.
- International Labour Organization (ILO), 2017. *Conducting Labour Inspections On Construction; A Guide For Labour Inspectors*.
- Kamal, Intan & Ahmad, Ismail & Ma'arof, Muhammad. 2013. Review on Accidents Related to Human Factors at Construction Site. *Advanced Engineering Forum*. 10. 154-159.
- PermenPUPR RI Nomor 10 Tahun 2021 Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi.
- Khosravi, Yahya & Asilian, Hassan & Hajizadeh, Ebrahim & Hassanzadeh Rangi, Narmin & Bastani, Hamid & Behzadan, Amir. 2014. Factors Influencing Unsafe Behaviors and Accidents on Construction Sites: A Review. *International journal of occupational safety and ergonomics: JOSE*. 20. 111-25.
- Suraji, Akhmad. 2006. Rethinking Construction Safety: an Introduction to Total Safety Management. *Journal of Construction Research*, 7(1&2)
- Zhang, Wei & Zhu, Shuangna & Zhang, Xiao & Zhao, Tingsheng. 2019. Identification of critical causes of construction accidents in China using a model based on system thinking and case analysis. *Safety Science*. 121, 606–618.
- Zhou, Zhipeng & Irizarry, Javier & Zhou, Jianliang. 2021. Development of a database exclusively for subway construction accidents and corresponding analyses. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 111.