

ANALISIS TINGKAT KECELEKAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI GEDUNG BERTINGKAT PADA KOTA MALANG DAN SURABAYA DENGAN METODE JARINGAN BAYESIAN NETWORK BERDASARKAN FAKTOR INTERNAL DAN EKSTERNAL

Firmansyah Adhi Guna¹, Lila Ayu Ratnawinanda², Maranatha Wijayaningtyas²

^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email : firman.fag@gmail.com¹

ABSTRACT

By looking at the conditions of work and the risks, it is hoped that awareness of thought, application, and responsibility for each actor of construction work can be improved and prioritize safety and health at work. Because the possibility of an accident occurring in a construction project will be one of the causes of disruption and even cessation of project work activities. A bayesian network or better known as a bayesian network is a probabilistic graphical model that is tasked with presenting a complete set of variables with dependency values between these variables. In particular, each node in the graph is a random variable. While the ends between nodes are probabilistic dependencies between random according to variables. The accident rate for construction workers is modeled according to the causes of accidents, namely vertical fall height, fatigue, horizontal danger point distance and safety equipment in the form of a fall arrest system and guardrail system using Hugin lite software where the model results have been verified / valid. The results of the model show:

Value 67.12% which indicates danger and 32.88% indicates no danger, which means that the level of the percentage of danger is higher than the percentage of harmless, so the level of hazard for workers' accidents is high. The strategy taken to minimize the level of worker accidents is to apply safety protection installed according to standards, the conditions of the workers are not tired, the position is safe from the point of danger, and from the results of the second simulation used is a percentage level of 80% harmless and 20% dangerous. This shows a significant level difference, resulting in a low probability of accidents.

Keywords : Occupational Safety Accidents, Multi-storey Building Construction Projects, Bayesian Belief Network, Internal And External Factors.

ABSTRAK

Dengan melihat kondisi pekerjaan dan risikonya diharapkan kesadaran pemikiran, penerapan, tanggung jawab pada setiap pelaku pengerjaan konstruksi dapat di tingkatkan dan memprioritaskan keselamatan dan kesehatan dalam bekerja. Sebab adanya kemungkinan kecelakaan yang terjadi pada proyek konstruksi akan menjadi salah satu penyebab terganggunya bahkan terhentinya aktivitas suatu pekerjaan proyek.

Jejaring bayesian atau yang lebih di kenal dengan sebutan *bayesian network* merupakan sebuah *probabilistic graphical model* yang bertugas mempresentasikan sekumpulan variable lengkap dengan nilai ketergantungan antar variable tersebut. Secara khusus, setiap node dalam grafik merupakan variable acak. Sementara ujung-ujung antara node merupakan probabilistik dependensi antara acak sesuai variable.

Tingkat kecelakaan pekerja konstruksi di modelkan sesuai dengan penyebab kecelakaan yaitu tinggi jatuh vertikal, kelelahan, jarak titik bahaya horizontal dan peralatan keselamatan berupa *fall arrest system* dan *guardrail system* dengan menggunakan software *Hugin lite* dimana hasil model telah terverifikasi/valid. Hasil model menunjukkan : Bernilai 67,12% yang menandakan bahaya dan 32,88% mendandakan tidak bahaya yang artinya tingkat presentase bahaya lebih tinggi dari pada presentase tidak bahaya, maka tingkat bahaya kecelakaan pekerja tergolong tinggi.

Strategi yang dilakukan untuk meminimalkan tingkat kecelakaan pekerja adalah dengan menerapkan *safety protection* terpasang sesuai standart, kondisi pekerjaanya tidak lelah, posisi aman dari titik bahaya, dan dari hasil simulasi kedua yang digunakan adalah tingkat presentase 80% tidak berbahaya dan 20% bahaya. Hal ini menunjukkan perbedaan tingkat yang signifikan, sehingga menghasilkan nilai kemungkinan kecelakaan yang rendah.

Kata Kunci : Kecelakaan Keselamatan Kerja, Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat, Bayesian Belief Network, Faktor Internal dan Eksternal.

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), salah satu bagian penting dari ketenagakerjaan dan sumber daya manusia. Berdasarkan data statistik kasus kecelakaan yang terjadi di tempat kerja dalam pekerjaan konstruksi sangat beresiko tinggi dengan presentase yang besar. Hal ini disebabkan karena masih banyak tenaga kerja belum mengenal dan memahami peraturan tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang berkaitan dengan pekerjaan mereka. Dengan demikian perlu adanya upaya pembinaan dan pelatihan tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam bidang konstruksi sehingga dapat dicapai kondisi lingkungan kerja yang aman dan dapat memberikan dampak positif dalam keberlanjutan produktivitas kerja. Pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja juga berguna agar tenaga kerja memiliki pengetahuan dan kemampuan mencegah kecelakaan kerja dan kebiasaan pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja, memahami ancaman bahaya yang ada di tempat kerja dan menggunakan langkah pencegahan kecelakaan kerja. Berapa faktor internal dan eksternal yang berpengaruh pada tingkat kecelakaan pekerja konstruksi, diantaranya kecerobohan para pekerja konstruksi yang mengabaikan batas keamanan dan kemampuan dalam pekerjaan, peralatan penunjang pekerjaan yang tidak memadai serta kurangnya penerapan pemeriksaan uji Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sangat rendah. Tipe kecelakaan yang paling fatal atau sering terjadi pada suatu proyek konstruksi gedung bertingkat ini adalah terjatuh dari suatu ketinggian yang dapat mengakibatkan cedera fatal dari luka ringan hingga kematian.

Metode *Bayesian Belief Networks* dapat digunakan untuk alat yang efektif dalam menilai dan mengelola kesehatan dan keselamatan di tempat kerja. Penggunaan metode *Bayesian Belief Network* sini diharapkan bisa memberikan dan menghasilkan strategi terbaik untuk semua pihak proyek dalam meningkatkan hasil kinerja keselamatan kerja sehingga dapat mengurangi angka kecelakaan kerja.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari Tugas Akhir ini :

1. Berapa tingkat kecelakaan pekerja konstruksi berdasarkan faktor internal dan eksternal pada proyek konstruksi gedung bertingkat ?
2. Bagaimana strategi untuk meminimalkan tingkat kecelakaan pekerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat ?

Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan dalam masalah Tugas Akhir ini mengambil beberapa batasan :

1. Subjek penelitian ini adalah faktor kecelakaan kerja secara internal dan eksternal yang mempengaruhi jumlah probabilitas terjadinya

resiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi di Malang dan Surabaya.

2. Objek penelitian tingkat kecelakaan kerja pada pembahasan ini adalah gedung konstruksi bertingkat 10-15 lantai (*high rise building*).

Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui jumlah tingkat kecelakaan pekerja konstruksi pada proyek konstruksi gedung bertingkat.
2. Untuk mengetahui strategi meminimalkan jumlah tingkat kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat ini.

2. LANDASAN TEORI

Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah suatu cara atau metode untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan dan infrastruktur yang dibatasi oleh waktu dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengawasan (*controlling*).

Manajemen Proyek

Didalam Manajemen Proyek terdiri dari dua kata yaitu "Manajemen" dan "Proyek". Dalam artiannya sendiri, Manajemen adalah sebuah proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian, dan pengontrolan sumber daya untuk mencapai sasaran secara efektif dan efisien. Proyek adalah sebuah kegiatan yang bersifat sementara yang telah ditetapkan awal pekerjaannya dan waktu selesainya (dibatasi oleh waktu dan sumber pendanaan), untuk mencapai tujuan dan hasil yang spesifik dan unik.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Produktivitas tenaga kerja di perusahaan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang bersifat langsung maupun tidak langsung. Tingkat kebugaran fisik tenaga kerja berpengaruh sekali terhadap kondisi fisiknya, demikian pula sebaliknya dan kelelahan akibat tidak ergonomisnya kondisi sarana, prasarana dan lingkungan kerja merupakan faktor yang sangat dominan bagi menurun atau rendahnya produktivitas kerja tenaga kerja di suatu proyek gedung konstruksi. Kecelakaan kerja kemungkinan besar pada umumnya disebabkan oleh karakteristik proyek yang bersifat tidak standar, dan letak lokasi proyek yang berpindah, dipengaruhi cuaca yang mudah berubah-ubah, waktu pelaksanaan terbatas, tenaga kerja yang didominasi pekerja kurang atau kurang terlatih (disebabkan minimnya pelatihan dan pembinaan pekerja), dan pekerjaan konstruksi tersebut menuntut untuk ketahanan fisik yang cukup kuat.

Faktor Internal

Yang menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja berasal dari faktor internal yang berasal dari manusia itu sendiri. Lingkungan kerja harus ditunjang dengan kondisi lingkungan kerja yang nyaman, sehat, aman. Beban kerja yang melebihi kemampuan fungsi tubuh dapat menyebabkan kelelahan kerja. Kelelahan adalah mekanisme perlindungan tubuh agar tubuh terhindar dari kerusakan lebih lanjut sehingga terjadi pemuliharaan setelah beristirahat. Kondisi ini ditandai dengan rasa lelah dan menurunkan konsentrasi serta berpengaruh pada produktivitas kerja (Winanda, 2017). Adapun faktor kecelakaan kerja internal, meliputi :

1. Kelelahan pekerja terdiri atas usia dan status gizi.
2. Kelelahan akibat lembur yang berlebihan.
3. Kebiasaan gaya hidup yang tidak sehat seperti mengkonsumsi alkohol.

Secara penggambaran faktor manusia dapat dijabarkan dengan beberapa kondisi pada individu tersebut yaitu Umur, Masa Kerja, dan Tingkat Pendidikan.

Faktor Eksternal

Adapun faktor eksternal yang dapat menyebabkan kecelakaan yaitu :

1. Penerangan ditempat kerja kurang memadai atau terlalu gelap dapat membahayakan pekerja.
2. Lantai licin dapat menimbulkan banyak potensi kecelakaan kerja.
3. Perlengkapan APD yang belum sesuai standart.

Jenis Peralatan Safety Protection

Pelaksanaan proyek pembangunan konstruksi gedung bertingkat tinggi butuh pengamanan ekstra agar tidak sampai terjadinya kecelekaan kerja, dan juga agar tidak mengganggu atau membahayakan aktifitas masyarakat di sekitarnya. Untuk itu perlu penggunaan peralatan keselamatan dengan penerapan yang benar. Secara umum, sebagai tindakan pencegahan kecelakaan kerja di lokasi proyek, khususnya pada gedung bertingkat ditinjau dari jenis peralatan dan tingkat bahaya serta karakteristik proyek konstruksi dapat digunakan peralatan keselamatan pada daerah bahaya/ *hazard area* berupa *guardrail system*, *safety net system*, *fall arrest system*, *warning line system* dan *hole covering system* untuk melindungi pekerja konstruksi baik digunakan masing-masing maupun secara kombinasi.

Bayesian Network

Jejaring bayesian atau yang lebih di kenal dengan sebutan *bayesian network* merupakan sebuah *probabilistic graphical model* yang bertugas mempresentasikan sekumpulan variable lengkap dengan nilai ketergantungan antar variable tersebut.

Secara khusus, setiap node dalam grafik merupakan variable acak. Sementara ujung-ujung antara node merupakan probabilistik dependensi antara acak seuai variable. Ini dependensi kondisional dalam grafik sering diperkirakan dengan menggunakan statistik dan dikenal komputasi metode. Oleh karena itu, *Bayesian Network* menggabungkan prinsip-prinsip dari teori graph, teori probabilitas, komputer ilmu pengetahuan dan statistik (Sarasanty D, 2017). Dalam pemodelan bayesian network biasanya menggunakan *Direct Acyclic Graph (DAG)*, di mana setiap node mewakili satu variable dan *arc (edge)* melambangkan kondisi ketergantungan antar variable. Ketergantungan tersebut diukur oleh *Conditional probability* untuk setiap node dengan *parent node*-nya (Sarasanty D, 2017).

Jika variable-variable dari jejaring adalah $\{X_i, i=1, K, n\}$ dan $Pa(X_i)$ menggambarkan *parent* dari X_i , maka parameter dari jejaring ini adalah sebuah himpunan distribusi $\{P(X_i/Pa(X_i)), i=1, K, n\}$. Probabilitas ini menjelaskan *joint probabilities distribution* untuk seluruh jejaring sebagai berikut :

$$P(X_i, K, X_n) = \prod_{i=1}^{n} P(X_i | Pa(X_i))$$

Untuk mengartikan jejaring bayesian ini, maka langkah yang dilakukan terlebih dahulu di spesifikasikan yaitu :

1. Variable-variable untuk $X_i, X_2, X_3, \dots, X_n$
2. Hubungan antar variable-variable tersebut mempresentasikan hasil pengaruh antar variable.
3. Jejaring ini di bentuk dari variable-variable dan hubungan di antaranya harus merupakan sebuah *DAG*.
4. Probabilitas setiap variable terhadap *parent*-nya, yaitu $P(X_i/Pa(X_i))$ untuk $i=1, 2, \dots, n$.

Adapun kelebihan dari *Bayesian Belief Networks (BBN)* ini, adalah :

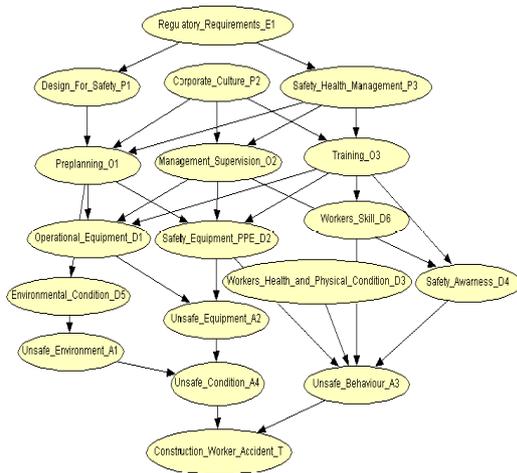
1. Jaringan *bayesian* ini memiliki fleksibilitas besar dalam kapasitas untuk menerima dan menghasilkan output.
2. Jaringan *bayesian* ini mempunyai kemampuan untuk menghasilkan nilai dari variabel yang akan dimasukan untuk mengevaluasi kemungkinan hasil variabel sebagai nilai output sistem.
3. Jaringan *bayesian* ini dapat dengan mudah menghitung nilai probabilitas peristiwa sebelumnya dan selanjutnya dengan bukti dan memperbarui prediksi selanjutnya.
4. Jaringan *bayesian* ini dapat dikembangkan menggunakan pendapat ahli.
5. Jaringan *bayesian* ini memberikan gambaran tentang tata cara hubungan antar variabel dari proses karena tampilan grafis.

Hugin Lite

Analisa metode Bayesian belief network ini menggunakan software aplikasi *Hugin lite 8.6* dengan cara sebagai berikut yaitu :

1. Menggambarkan diagram hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat.
2. Menggunakan variable penyebab akibat antara faktor-faktor tersebut.
3. Menetapkan nilai probabilitas bersyarat faktor-faktor yang selanjutnya memasukan hasil penilaian probabilitas pada lembar kusioner oleh expert (*Manajer HSE*).
4. Menghitung jumlah nilai probabilitas kecelakaan kerja dengan menggunakan metode eliminasi variabel yaitu menggunakan software aplikasi *Hugin lite 8.6*.

Contoh model yang dibuat dan di bangun berdasarkan studi literatur, survey wawancara (*interview*) ahli konstruksi dan kusioner pada proyek konstruksi gedung di sajikan pada gambar 1



Gambar 1 Contoh model jaringan *Bayesian Belief Network* menggunakan aplikasi *Hugin Lite*.
 Sumber : (Sarasanty, 2017)

Pada gambar 1 adalah contoh model jaringan *bayesian* yang menghasilkan hubungan antar faktor yang sangat mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung. Model yang telah di bangun kemudian diaplikasikan pada studi kasus proyek bangunan bertingkat untuk validasi model.

Teknik Purposive Sampling

Purposive sampling adalah salah satu teknik *non random sampling* dimana penulis menentukan pengambilan sampel dengan cara menetapkan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian ini sehingga diharapkan dapat menjawab semua permasalahan penelitian yang dibuat. Adapun ciri khusus yang sengaja ditetapkan oleh peneliti agar sampel yang diambil nantinya dapat memenuhi

kriteria-kriteria yang mendukung atau sesuai dengan penelitian.

Berikut syarat digunakannya teknik ini:

1. Kriteria atau batasan yang ditetapkan dengan teliti.
2. Sampel yang dituju sebagai subjek penelitian ini adalah sampel yang memenuhi kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.

Skala Likert

Dalam Skala Likert yang dilakukan adalah dengan memberikan pernyataan kepada responden kemudian responden menentukan tingkat persetujuan mereka terhadap suatu pernyataan dengan memilih salah satu pilihan tersedia. Cara pengambilan kesimpulan dalam pilihan dari beberapa responden terhadap kusioner yang telah diisi dengan penerjemahan secara analisi interval. Agar dapat dihitung dalam bentuk kuantitatif jawaban-jawaban tersebut diberi bobot nilai atau skor seperti:

1. Tidak lelah : diberi nilai 0-40%
2. Lelah : diberi nilai 41-80%
3. Tidak dapat beraktifitas : diberi nilai 81-100%

Pemberian nilai juga dilihat dari aspek peneliti tentang padangan dan dugaan/ hipotesis awal. Sehingga nilai dapat berbalik atau menggunakan nilai skor 0-100%.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Umum

Dengan cara melakukan pengumpulan data dengan menetapkan terlebih dahulu konsep sebagai variabel-variabel dari teori yang didapat dari penelitin terdahulu, kemudian variabel tersebut ditetapkan indikatornya, hanya dari indikator yang didapatkan tersebut dibuat kusioner. Data yang didapat dari penyebaran kusioner dianalisa dan diolah sehingga mendapatkan angka yang dicari dari hasil pembahasan. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh internal dan eksternal terhadap kecelekaan pekerja pekerjaan konstruksi serta mengurangi angka kecelakaan pekerja dan tercapainya *zero accident* dalam lingkungan pekerjaan proyek konstruksi.

Kerangka penelitian secara umum terdiri atas:

1. Studi pendahuluan, untuk mengetahui kondisi eksisting dan kelemahan dilapangan serta kajian pustaka terdahulu.
2. Merumuskan permasalahan dan tujuan penelitian sesuai hasil yang diharapkan.
3. Mengidentifikasi variabel penelitian.
4. Menganalisa faktor kecelakaan pekerja konstruksi.
5. Pengumpulan data dengan menggunakan metode yang tepat.
6. Analisis pembahasan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan.

Kesimpulan dan saran yang menunjukkan hasil penelitian dan pengembangan penelitian kedepan.

Obyek penelitian

Obyek penelitian mencakup individu, kelompok, masyarakat, atau benda untuk dijadikan permasalahan pada penelitian. Obyek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah proyek gedung bertingkat, pekerja konstruksi, lingkungan bangunan proyek dan populasi penelitian (para ahli di bidang keselamatan dan kesehatan kerja konstruksi dan ahli konstruksi proyek khususnya pada gedung bertingkat). Dalam penelitian ini responden yang penulis gunakan adalah individu yang telah berpengalaman sebagai HSE (*Health, Safety Environment*) Supervisor atau manajer kesehatan dan keselamatan, tenaga ahli konstruksi bangunan, penanggung jawab pelaksanaan konstruksi, akademisi, pemerintahan, asosiasi dengan pengalaman penerapan K3 pada konstruksi bangunan gedung bertingkat tinggi di kawasan kota Malang dan Surabaya.

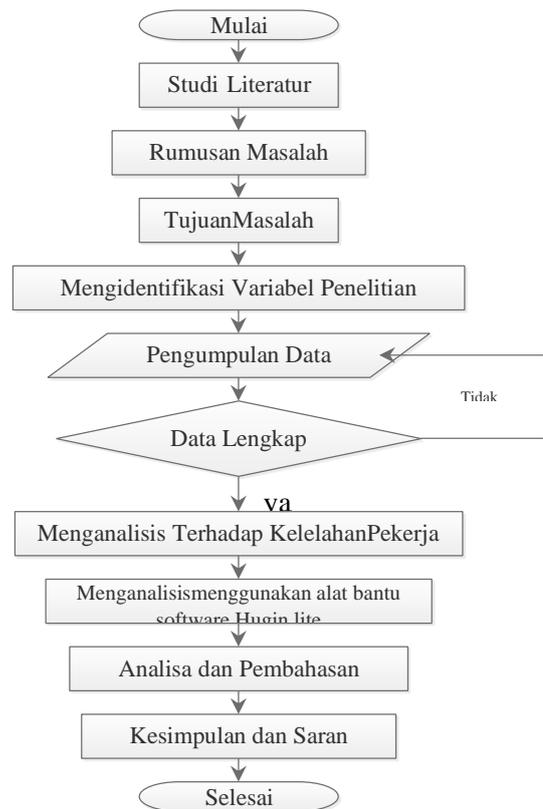
Skala Penilaian

Skala yang digunakan untuk penilaian variabel kelelahan adalah 0%-100% dimana 0% berarti kondisi pekerja dalam kondisi fit dan tidak lelah sama sekali dan 100% berarti pekerja dalam kondisi sangat lelah. Variabel ketinggian jatuh adalah 0m-20m dimana 0m berarti posisi pekerja berada pada titik terendah bangunan dan 20m berarti posisi pekerja berada pada titik tertinggi yang ditetapkan. Variabel jarak titik bahaya *hazard area* adalah 0m-3m dimana 0m berarti pekerja berada pada titik paling bahaya dan 3m pekerja berada pada titik paling aman yang ditetapkan. Variabel penggunaan jenis alat keselamatan adalah 0%-100% dimana 0% berarti penggunaan jenis alat keselamatan tidak berpengaruh terhadap pengurangan bahaya kecelakaan dan 100% berarti penggunaan jenis alat keselamatan sangat berpengaruh terhadap pengurangan bahaya kecelakaan

Analisa Data

Hasil pengumpulan data yang diperoleh dari penyebaran kuisioner dan wawancara selanjutnya disusun dalam bentuk rekapitulasi data hasil penelitian untuk memudahkan proses analisis. Untuk memperoleh hasil penelitian berupa tingkat kecelekaan yang mungkin terjadi akibat pengaruh faktor internal dan eksternal, maka pengolahan data dikerjakan dengan bantuan program *Hugin Lite 8.8* dengan metode *Bayesian Network*, dimana untuk pengolahan data dengan software *Hugin lite* dipilah data yang menjadi *input* (masukan) dan data yang menjadi *output* (luaran). Pada penelitian ini, yang menjadi input adalah data kelelahan, ketinggian jatuh vertikal, jarak dari titik bahaya, dan jenis penggunaan alat keselamatan yang digunakan. Sedangkan *output* adalah tingkat kecelekaan kerja yang terjadi.

Diagram Alir



Gambar 2 Diagram Alir

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisis Pembahasan

Berdasarkan hasil kuisioner yang telah diedarkan kepada ahli praktisi/ penanggung jawab/pelaksana proyek, akademisi, ahli K3 konstruksi, dan pemerintahan dengan pengalaman lebih dari 5 tahun yang berkaitan dengan K3/ proyek konstruksi tiap kategori proyek gedung bertingkat tinggi, maka selanjutnya data hasil kuisioner disusun dalam rekapitulasi data untuk memudahkan dalam proses pengolahan data. Terdapat 11 responden sesuai kriteria yang dibutuhkan dan diberikan kuisioner untuk diisi sekaligus dimintai keterangan dalam proses wawancara.

Tabel 1 Profil *Expert* (Ahli Konstruksi)

Nama Responden	Pendidikan Terakhir	Pernikahan/ Institusi	Posisi Responden	Bidang Pekerjaan	Pengalaman di Bidang Konstruksi	Pengalaman di Bidang K3 Konstruksi
Responden 1	S-1	PT. Takemaya	Pengawas	Akademi	< 5 tahun	< 5 tahun
Responden 2	S-1	PT. Sekiman Pemas Pasca	Staff Engineering	Praktisi Konstruksi	5-10 tahun	< 5 tahun
Responden 3	S-1	PT. Aim Power Global	Site Manager	Praktisi Konstruksi	5-10 tahun	5-10 tahun
Responden 4	S-1	PT. Aim Power Global Solution	Pengawas Konstruksi	Praktisi Konstruksi	10-15 tahun	5-10 tahun
Responden 5	S-1	PT. Aim Power Global Solution	Pelaksana Konstruksi	Praktisi Konstruksi	10-15 tahun	5-10 tahun
Responden 6	S-1	PT. Jaya Teknik Indonesia	Safety Officer	Praktisi Konstruksi	< 5 tahun	< 5 tahun
Responden 7	D III	Kementerian PUPR	PNS	Pemerintahan	< 5 tahun	< 5 tahun
Responden 8	D IV	Kementerian PUPR	Staff bidang pengembangan	Praktisi Konstruksi	< 5 tahun	< 5 tahun
Responden 9	S-1	Kementerian PUPR	Staff	Pemerintahan	< 5 tahun	< 5 tahun
Responden 10	S-1	Dinas Bina Marga lab Malang	Penata Muda	Pemerintahan	< 5 tahun	< 5 tahun
Responden 11	S-1	PT. Sekiman Pemas Pasca	Site Manager	Praktisi Konstruksi	< 5 tahun	< 5 tahun

Sumber : Data pribadi, 2019

Rekapitulasi Data Kondisi Kelelahan Pekerja

Salah satu penyebab kecelakaan kerja adalah kondisi yang dialami oleh pekerja konstruksi ketika melaksanakan pekerjaannya. Dalam memprediksi kecelakaan kerja pada proyek gedung konstruksi ini maka perlu diperhatikan faktor apa saja yang sangat mempengaruhinya.

Tabel 2 Data tingkat keparahan jatuh dari tempat tinggi (*Injury level*)

Tinggi Jatuh	Tingkat Keparahan (<i>Injury Level</i>)				
	Cidera Ringan (A)	Cidera Sedang	Cidera Serius	Cidera parah	Cidera mematikan
Responden 1	1	2	8	12	18
Responden 2	1	2	8	12	18
Responden 3	2	3	10	15	20
Responden 4	1	3	10	15	20
Responden 5	1,5	2,5	5	10	20
Responden 6	2	5	10	15	20
Responden 7	2	4	6	8	10
Responden 8	1	3	5	10	20
Responden 9	2	6	12	18	20
Responden 10	3	5	10	15	20
Responden 11	2	3,4	4	5	10
Range	1-2	2-6	4-10	5-15	10-20
Nilai Terendah	1	2	4	5	10
Nilai Tertinggi	2	6	10	15	20
Titik Tengah	1,5	4	7	10	15
Setengah dari titik tengah	0,75	2	3,5	5	7,5
Persentase terhadap 100%	4	10,66666667	18,66666667	26,66666667	40

Sumber : Data pribadi, 2019

Didapat dari (tabel 2) ditampilkan hasil data kelelahan terhadap tingkat kecelakaan pekerja. Berdasarkan hasil presentase dari masing-masing responden maka didapatkan nilai presentase terhadap 100%. Nilai presentase 100% diperoleh dari nilai terendah dan nilai tertinggi dari masing-masing kategori, misalnya untuk kategori “cidera ringan” sesuai hasil penilaian responden nilai terendah adalah 1% dan nilai tertinggi adalah 1,5%, lalu dari kedua nilai terendah dan nilai tertinggi diperoleh nilai tengah yaitu 1,5% untuk masing-masing kategori. Hal ini menunjukkan nilai presentasi terhadap 100% yaitu 4%. Data ini akan menjadi input dalam pemodelan menggunakan aplikasi *Hugin Lite*

Tabel 3 data jarak *hazard area* terhadap bahaya jatuh dari ketinggian.

Kategori Terhadap Bahaya Jarak Dari ketinggian	Jarak horizontal			
	Sangat dekat	Dekat	Sedang	Jauh
Responden 1	0,75	1,25	1,5	2
Responden 2	0,5	1,5	2	2,5
Responden 3	0,3	1	1,5	3
Responden 4	0,5	2	2,5	3
Responden 5	0,5	1,5	2	3
Responden 6	0,5	1	2	3
Responden 7	1	2	3	4
Responden 8	0,5	1	2	3
Responden 9	0,5	1	2	3
Responden 10	0,5	1	2	3
Responden 11	0,3	0,8	1,5	3
Range	0,3-1	0,8-2	1,5-2,5	2-4
Nilai Terendah	0,3	0,8	1,5	2
Nilai Tertinggi	1	2	2,5	4
Titik Tengah	0,65	1	2	3
Setengah dari Titik Tengah	0,325	0,5	1	1,5
Persentase terhadap 100%	9,77443609	15,03759398	30,07518797	45,11278195

Sumber : data pribadi, 2019

Didapat dari (tabel 3) ditampilkan hasil data kelelahan terhadap tingkat kecelakaan pekerja. Berdasarkan hasil presentase dari masing-masing responden maka didapatkan nilai presentase terhadap 100%. Nilai presentase 100% diperoleh dari nilai terendah dan nilai tertinggi dari masing-masing kategori, misalnya untuk kategori “sangat dekat” sesuai hasil penilaian responden nilai terendah adalah 0,3% dan nilai tertinggi adalah 1%, lalu dari kedua nilai terendah dan nilai tertinggi diperoleh nilai tengah yaitu 0,65% untuk masing-masing kategori. Hal ini menunjukkan nilai presentasi terhadap 100% yaitu 9,77%. Data ini akan menjadi input dalam pemodelan menggunakan *Hugin Lite*.

Tabel 4 data penggunaan lebih dari satu jenis peralatan keselamatan sebagai *safety protection*

PENILAIAN BERDASARKAN JUMLAH PENGGUNAAN PERALATAN Menggunakan <i>LEBIH DARI SATU JENIS</i> peralatan keselamatan sebagai Safety Protection			
	Terpasang sesuai standart	Terpasang	Tidak Terpasang
Responden 1	85	60	10
Responden 2	95	75	5
Responden 3	80	70	0
Responden 4	80	70	10
Responden 5	75	60	10
Responden 6	100	80	25
Responden 7	90	60	20
Responden 8	80	70	15
Responden 9	90	80	25
Responden 10	80	60	10
Responden 11	65	45	5
Range	65-100	45-80	0-25
Nilai Terendah	65	45	0
Nilai Tertinggi	100	80	25
Titik Tengah	82.5	70	10
Setengah dari Titik Tengah	41.25	35	5
Presentase terhadap 100%	50.76923077	43.07692308	6.153846154

Sumber : data pribadi, 2019

Didapat dari (tabel 4) ditampilkan hasil data kelelahan terhadap tingkat kecelakaan pekerja. Berdasarkan hasil presentase dari masing-masing responden maka didapatkan nilai presentase terhadap 100%. Nilai presentase 100% diperoleh dari nilai terendah dan nilai tertinggi dari masing-masing kategori, misalnya untuk kategori “terpasang sesuai standart” sesuai hasil penilaian responden nilai terendah adalah 65% dan nilai tertinggi adalah 100%, lalu dari kedua nilai terendah dan nilai tertinggi diperoleh nilai tengah yaitu 82,5% untuk masing-masing kategori. Hal ini menunjukkan nilai presentasi terhadap 100% yaitu 50,76%. Data ini akan menjadi input dalam pemodelan menggunakan *Hugin Lite*

Tabel 5 data penggunaan system *Guardrail system* sebagai *safety protection*

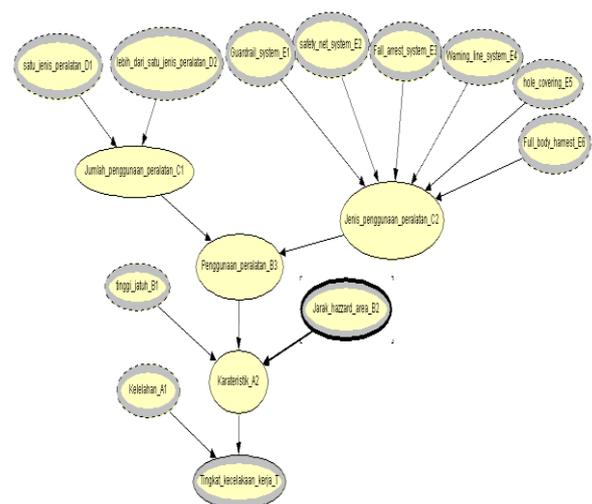
PENILAIAN BERDASARKAN JENIS PENGGUNAAN PERALATAN Menggunakan <i>GUARD RAIL</i> sebagai Safety Protection			
	Terpasang sesuai standart	Terpasang	Tidak Terpasang
Responden 1	80	50	10
Responden 2	95	75	5
Responden 3	60	50	20
Responden 4	50	40	10
Responden 5	70	65	30
Responden 6	90	70	10
Responden 7	80	50	5
Responden 8	60	50	20
Responden 9	70	55	20
Responden 10	75	50	10
Responden 11	45	35	25
Range	45-95	35-75	5-25
Nilai Terendah	45	35	5
Nilai Tertinggi	95	75	25
Titik Tengah	70	50	10
Setengah dari Titik Tengah	35	25	5
Presentase terhadap 100%	53.84615385	38.46153846	7.692307692

Sumber : data pribadi, 2019

Didapat dari (tabel 5) ditampilkan hasil data kelelahan terhadap tingkat kecelakaan pekerja. Berdasarkan hasil presentase dari masing-masing responden maka didapatkan nilai presentase terhadap 100%. Nilai presentase 100% diperoleh dari nilai terendah dan nilai tertinggi dari masing-masing kategori, misalnya untuk kategori “terpasang sesuai standart” sesuai hasil penilaian responden nilai terendah adalah 45% dan nilai tertinggi adalah 95%, lalu dari kedua nilai terendah dan nilai tertinggi diperoleh nilai tengah yaitu 70% untuk masing-masing kategori. Hal ini menunjukkan nilai presentasi terhadap 100% yaitu 53,84%. Data ini akan menjadi input dalam pemodelan menggunakan *Hugin Lite*.

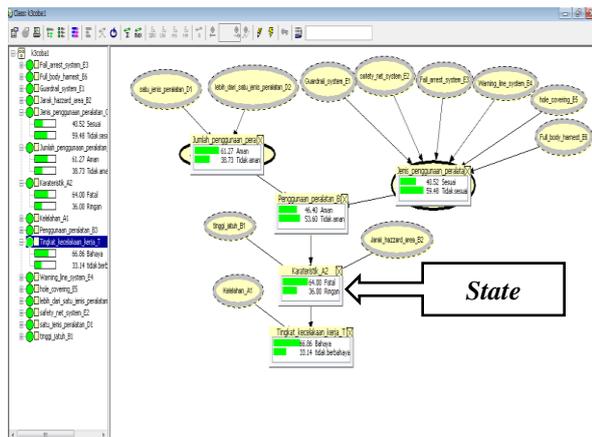
Analisa Data Menggunakan *Hugin Lite*

Setelah tahapan input data, selanjutnya menentukan output untuk mengkatagorikan tingkat kecelakaan dan menyusun semua *node* aturan kemungkinan terjadinya kecelakaan, maka susunan model *node* dari *Hugin Lite* yang berhubungan langsung antar faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek gedung konstruksi ini dapat dilihat pada (gambar 3)



Gambar 3 model *Bayesian belief network* berdasarkan hasil hubungan antar faktor yang sangat mempengaruhi terhadap kecelakaan kerja pada proyek gedung konstruksi. (sumber : hasil olahan peneliti, 2020)

Dalam model *Bayesian* ini setiap *node* memiliki tabel probabilitas bersyarat. Hasil prediksi kecelakaan kerja dengan anggapan bahwa hubungan antar faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja dari awal hingga akhir dianggap tetap. Adapun hasil prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat pada gambar 4



Gambar 4 hasil dari *software* aplikasi *hugin lite* model studi kasus kecelakaan proyek konstruksi berdasarkan model *bayesian belief network*. (sumber : hasil analisis, 2020)

State faktor tingkat kecelakaan kerja dinyatakan “bahaya” dikatakan apabila para pekerja mempunyai kesadaran akan bahaya dan resiko terkait pekerjaan yang akan di lakukan dan “tidak berbahaya” jika para pekerja peduli akan pentingnya keselamatan kerja dan kewaspadaan terhadap resiko dan potensi bahaya pada pekerjaan yang akan dilakukan.

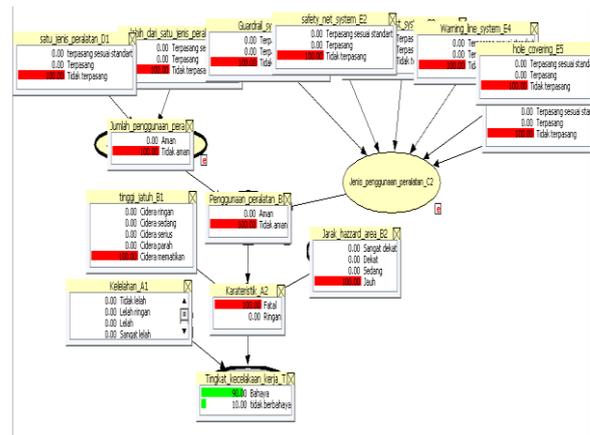
Tingkat kecelakaan pekerja sesuai hasil analisis menggunakan *hugin lite* adalah 67,12 % bahaya dan 32,88% tidak bahaya. Hasil ini menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja masih tinggi sesuai hasil analisis yang di lakukan.

Analisis Pembahasan

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh faktor-faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi maka aplikasi model juga dilakukan dengan mencoba membandingkan prediksi kecelakaan kerja terhadap kondisi *realtime*.

Sebagai contoh peneliti membuat 2 simulasi faktor yang mempengaruhi tingkat kecelakaan pekerja yang tergolong tinggi atau fatal dan yang tergolong aman.

Prediksi kecelakaan kerja dengan anggapan asumsi bahwa hubungan antar faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja dari awal sampai akhir. Berikut adalah (gambar 5) simulasi pertama jika “peralatan tidak terpasang sesuai standart :



Gambar 5 Simulasi *Hugin lite* kategori peralatan tidak terpasang sesuai standart

Keterangan :

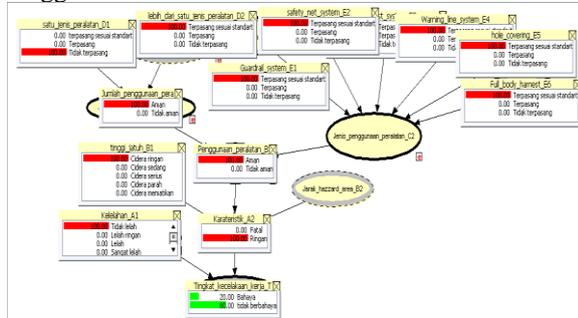
Warna merah = Nilai *state* maximum

Warna hijau = Hasil *state* akhir

Jika variable “jenis penggunaan peralatan” tidak terpasang sesuai standart, variable “penggunaan peralatan” menunjukkan tidak aman, variable “lebih dari satu jenis peralatan” tidak terpasang, variable “satu jenis peralatan” tidak terpasang, dan variable “tinggi jatuh” dibuat maximum maka akan muncul hasil pada *state* tingkat kecelakaan kerja.

Dari hasil pengisian nilai pada lembar kusioner yang disajikan pada tabel data maka di peroleh nilai setiap *state* pada faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Selanjutnya melalui proses pengolahan data dengan menggunakan program *Bayesian* pada aplikasi *software Hugin lite* maka diperoleh probabilitas tingkat kecelakaan kerja meningkat menjadi 90% bahaya dan 10% tidak berbahaya.

Selanjutnya simulasi kedua (gambar 6) jika “peralatan terpasang sesuai standart”. Hasil jumlah prediksi tingkat kecelakaan kerja dengan anggapan bahwa hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi sangat kecelakaan kerja dari awal hingga akhir.



Gambar 6 simulasi Hugin lite kategori peralatan terpasang sesuai standart.

Keterangan :

Warna merah = Nilai state maximum

Warna hijau = Hasil state akhir

Jika variable “Fall arrest system” terpasang sesuai standart, variable “full body harness” terpasang sesuai standart, variable “Guardrail system” terpasang sesuai standart, variable “jarak hazard area” jauh, variable “warning line system” terpasang sesuai standart, variable “hole covering” terpasang sesuai standart, variable “safety net system” terpasang sesuai standart, variable “satu jenis peralatan” terpasang sesuai standart, variable “kelelahan” tidak lelah, dan variable “tinggi jatuh” cedera ringan.

Dari hasil jumlah pengisian nilai probabilitas pada lembar kusioner yang ditampilkan pada tabel 4.1 sampai tabel 4.12 maka di peroleh nilai setiap state pada faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Lalu selanjutnya melewati proses pengolahan data dengan menggunakan program Bayesian pada aplikasi software Hugin lite pada gambar 4.4 maka diperoleh probabilitas tingkat kecelakaan kerja menurun atau tergolong rendah menjadi 20% bahaya dan 80% tidak berbahaya.

Dari hasil model prediksi dapat dibandingkan dengan kondisi realtime di lapangan. Dengan periode waktu yang sama pada saat pengaplikasian model prediksi ini dimana kondisi akurat yang terjadi di lapangan menunjukkan menurunnya tingkat kecelakaan pekerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat dan sudah pahamnya tentang penggunaan APD dengan baik dan benar atau sesuai standart. Dan pekerja dalam keadaan fit atau tidak lelah, maka menghasilkan nilai probabilitas dengan katagori tidak berbahaya sebesar 20%.

Selanjutnya, model jaringan ini dapat memberikan hasil prediksi yang sangat akurat, dapat diperbarui (diupdate) sesuai dengan apa yang terjadi dilapangan, da ini bersifat probabilistik dan non-liner karena bisa dipengaruhi oleh berbagai faktor ketidakpastian yang

mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat. Dari sejumlah faktor-faktor signifikan yang sangat mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung bertingkat yang dapat diupdate (diperbarui) sesuai dengan kondisi dilapangan secara realtime misalnya adalah :

- 1) Persyaratan peraturan perusahaan.
- 2) Budaya perusahaan.
- 3) Management keselamatan dan kesehatan kerja.
- 4) Peralatan APD sesuai standart.
- 5) Keterampilan para pekerja atau skill.
- 6) Kondisi lingkungan, dll.

Dengan melihat keakurasian model ini sesuai prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi tersebut agar bisa lebih membantu para praktisi serta semua khususnya yang terjun langsung dan terlibat langsung pada industri konstruksi dan dapat dalam mengarahkan kepada para pekerja serta merekomendasi langkah-langkah tindakan preventif dalam meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja yang fatal dan meningkatkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sehingga bisa memberikan kontribusi pengetahuan tentang faktor-faktor yang dapat menimbulkan terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat di simpulkan bahwa :

- 1) Tingkat kecelakaan pekerja konstruksi di modelkan sesuai dengan penyebab kecelakaan yaitu tinggi jatuh vertikal, kelelahan, jarak titik bahaya horizontal dan peralatan keselamatan berupa fall arrest system dan guardrail system dengan menggunakan software Hugin lite dimana hasil model telah terverifikasi/valid. Hasil model menunjukkan :Bernilai 67,12% yang menandakan bahaya dan 32,88% mendandakan tidak bahaya yang artinya tingkat presentase bahaya lebih tinggi dari pada presentase tidak bahaya, maka tingkat bahaya kecelakaan pekerja tergolong tinggi.
- 2) Strategi yang dilakukan untuk meminimalkan tingkat kecelakaan pekerja adalah dengan menerapkan safety protection terpasang sesuai standart, kondisi pekerjanya tidak lelah, posisi aman dari titik bahaya, dan dari hasil simulasi kedua yang digunakan adalah tingkat presentase 80% tidak berbahaya dan 20% bahaya. Hal ini menunjukkan perbedaan tingkat yang signifikan, sehingga menghasilkan nilai kemungkinan kecelakaan yang rendah.

Saran

Berdasarkan hasil studi yang di lakukan penulis sesuai dengan hasil yang tertera, penulis memberikan saran sebagai berikut :

Model prediksi *Bayesian Belief Network* dalam memprediksi kecelakaan kerja pada penelitian ini terbatas pada objek gedung bertingkat (*high rise building*) dengan karakteristik jumlah 10-15 lantai. Sehingga di harapkan untuk penelitian berikutnya dapat dikembangkan serta diaplikasikan pada proyek selain gedung bertingkat (*high rise building*) seperti jembatan, jalan ataupun bangunan infrastruktur yang lain.

Solusi untuk penerapan keselamatan pekerja pada proyek khususnya gedung bertingkat adalah dengan menggunakan peralatan *safety* terpasang sesuai standart dan menjaga jarak aman dari titik bahaya dengan keadaan pekerja tidak lelah serta penerapan K3 dengan disiplin dan benar untuk mengurangi resiko tingkat kecelakaan pekerja.

Setiyadi. 2012. *Analisis Resiko Penyebab Kecelakaan Kerja Jatuh Pada Proyek Konstruksi Di Jabodetabek*.

Siti Munawaroh. 2009. *Sistem Pakar Untuk Membangun Shell hugin Dengan Kepercayaan Bayesian Secara Menyeluruh*.

Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, cetakan 26. Bandung.

Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*.

Undang-undang Republik Indonesia no 1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja, (1970)

Winanda, L. A. 2017. *Model Prediksi Kelelahan Pekerja Konstruksi Di Lokasi Proyek*.

Winanda, Adi, Anwar. 2017. *Construction Safety Monitoring Based On The Project's Characteristic with fuzzy logic approach*.

Wirahadikusumah. 2007. *Tantangan Masalah Keselamatan & Kesehatan Kerja Pada Proyek Konstruksi Di Indonesia*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hamid. 2008. *Causes Of Accidents At Construction sites*
- Angkat, S. 2008. *Analisis Upaya Pencegahan Kecelekaan Kerja Pada Pekerja Bangunan*.
- Bird, Germain. 1990. *Practical loss control leadership*. USA publishing.
- Dewi Transiska.2015. *Pengaruh Lingkungan Kerja Dan Faktor Manusia Terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja Karyawan Pada PT.Putri Midai Bangkinang Kabupaten Kampar Reliability Engineering and System Safety*.
- Husen A. 2009, "Manajemen perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek",
https://id.wikipedia.org/wiki/Skala_Likert#:~:text=Skala%20Likert%20adalah%20suatu%20skala,suatu%20laporan%20yang%20menjelaskan%20penggunaannya.
- <https://sistemmanajemenkeselamatankerja.blogspot.com/2013/10/pengertian-dan-elemen-sistem-manajemen.html>
- Li, M. d. 2001. *Efektivitas Dan Efisiensi Ketenagakerjaan Pada Proyek Konstruksi*.
- Mentri tenaga kerja Republik Indonesia peraturan Mentri Tenaga kerja nomor : per. 05/men/1996 *Tentang sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja menteri tenaga kerja*. Jakarta; 1996
- OHSAS 18001 : 2007 *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Persyaratan*.
- Sarasanty D. 2017. *Model kecelakaan kerja pada proyek konstruksi berbasis bayesian belief networks*.
- Sarasanty, Adi, Wiguna. 2017. *IPTEK. Probabilistic Model For Predicting Construction Worker Accident Based On Bayesian Belief Networks*.
- Sari, N. 2015. *Manajemen Resiko Keselematan Dan Kesehatan Kerja Pada Pekerja Konstruksi*.