

ANALISIS TINGKAT KECELAKAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI GEDUNG BERTINGKAT PADA KOTA MALANG DAN SURABAYA DENGAN PENDEKATAN FUZZY BERDASARKAN FAKTOR INTERNAL DAN EKSTERNAL

Achmad Albern1, Munasih², Deviany Kartika³

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

Email : albern128@gmail.com¹

ABSTRACT

The implementation of multi-storey building construction project work is always related to K3 so that zero accidents can be realized in building project workers. The work on this project starts from planning, implementation, to completion stages. If the multi-storey building construction project work has a large enough scale of work and requires speed in project execution, the workers in the project work are carried out by applying K3 properly and with discipline, the rules and regulations that are applied and applied in project completion in construction work. The analysis used is the fuzzy logic method, which is by processing fuzzy logic data to find the value of the level of accidents that occur with the influence of internal and external factors used as variables, then to find out the strategies that must be taken to minimize the level of accidents that occur in project completion with the environment. and good working conditions, comfortable and safe, as well as the right work actions in order to avoid work accidents. From the analysis of internal and external factors of high-rise building construction workers, it is found that workers who work with input fatigue and vertical fall height produce MEDIUM accidents. Workers who work with input fatigue and horizontal fallout result in LOW accident rates. Workers who work with input fatigue and use of the guardrail system result in LOW accident rates. Workers who work with input fatigue and use of a fall arrest system produce MEDIUM accidents. Workers who work in the very dangerous category with the effect of the indicator get 83.7%, while the workers who work in the very safe category with the effect of the indicator get 13%.

Keywords: Work Accident, Arch Bridge, Building Construction, Fuzzy Logic

ABSTRAK

Pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi bangunan gedung bertingkat selalu berhubungan dengan K3 agar tercapainya *zero* accident terwujud pada pekerja pekerjaan proyek bangunan. Pekerjaan pada proyek ini di mulai dari perencanaan, pelaksanaan, tahapan penyelesaian. Bila pekerjaan proyek konstruksi gedung bertingkat mempunyai skala pekerjaan cukup besar dan membutuhkan kecepatan dalam pelaksanaan pekerjaan maka pekerja di pekerjaan proyek tersebut dilakukan dengan cara menerapkan K3 dengan baik dan disiplin, ketentuan dan aturan yang diterapkan dan diaplikasikan dalam penyelesaian proyek pada pekerjaan konstruksi. Analisa yang digunakan adalah metode logika *fuzzy*, yaitu dengan mengolah data logika kabur untuk mencari nilai tingkat kecelakaan yang terjadi dengan pengaruh faktor internal dan eksternal yang digunakan sebagai variabel, kemudian untuk mengetahui strategi yang harus dilakukan untuk meminimalkan tingkat kecelakaan yang terjadi dalam penyelesaian proyek dengan lingkungan dan kondisi kerja yang baik nyaman dan aman, serta tindakan bekerja yang benar agar dapat menghindari kecelakaan kerja. Dari analisa faktor internal dan eksternal pekerja pekerjaan konstruksi gedung betingkat didapatkan Pekerja yang bekerja dengan dengan input kelelahan dan tinggi jatuh vertikal menghasilkan tingkat kecelakaan SEDANG. Pekerja yang bekerja dengan dengan input kelelahan dan titik jatuh horizontal menghasilkan tingkat kecelakaan RENDAH. Pekerja yang bekerja dengan dengan input kelelahan dan penggunaan *guardrail system* menghasilkan tingkat kecelakaan RENDAH. Pekerja yang bekerja dengan dengan input kelelahan dan penggunaan *fall arrest system* menghasilkan tingkat kecelakaan SEDANG. Pekerja yang bekerja pada kategori sangat bahaya dengan pengaruh indikator didapatkan 83.7% sedangkan pekerja yang bekerja pada kategori sangat aman dengan pengaruh indikator didapatkan 13%.

Kata Kunci : Kecelakaan Kerja, Konstruksi Gedung, Logika *Fuzzy*

1. PENDAHULUAN

Dalam kegiatan konstruksi bangunan yang berhubungan dengan seluruh tahapan yang dilakukan di tempat kerja, pekerjaan konstruksi bangunan melibatkan banyak hal diantaranya adalah bahan bangunan, instalasi/ peralatan, tenaga kerja, dan

penerapan teknologi, metode pengerjaan. Semua hal tersebut merupakan sumber kecelakaan kerja yang bahkan dapat mengakibatkan kecelakaan pekerjaan dan atau kerugian material. Para ahli menganggap suatu kecelakaan disebabkan oleh tindakan pekerja yang salah. Sekarang anggapan itu telah bergeser bahwa kecelakaan kerja bukan hanya disebabkan

oleh tindakan pekerjaannya saja, tetapi juga faktor-faktor organisasi dan manajemen. Para pekerja dan pegawai mestinya dapat diarahkan dan dikontrol oleh pihak manajemen sehingga tercipta suatu kegiatan kerja yang aman. Sejalan dengan teori-teori penyebab kecelakaan yang terbaru, maka pihak manajemen harus bertanggung jawab terhadap keselamatan kerja para pekerjaannya.

Adapun faktor internal dan eksternal yang berpengaruh terhadap tingkat kecelakaan pekerja konstruksi, diantaranya kecerobohan para pekerja konstruksi yang mengesampingkan taraf batas keamanan dan kemampuan dalam pekerjaan, proyek konstruksi yang tidak aman, peralatan penunjang pekerjaan yang kurang memadai, tidak menggunakan ketentuan pelindung diri pada suatu pekerjaan konstruksi, manajemen dan organisasi yang berkecimpung kurang berperan dalam konstruksi tersebut, penerapan K3 di perusahaan dan masyarakat begitu rendah, penerapan pemeriksaan uji K3 juga rendah, kualitas dan kuantitas pegawai pengawas baik pegawai ketenagakerjaan maupun pengawas K3 juga rendah, tugas dan fungsi pegawai pengawas sejak otonomi daerah tidak begitu maksimal.

Beberapa aspek dalam dunia nyata banyak terdapat hubungan proses *input-output* yang tidak selalu pasti (*input* tidak tepat) ataupun lebih bersifat tidak pasti. Salah satu cara untuk mengatasi ketidakpastian atau ketidaktepatan pengetahuan kita adalah dengan menggunakan *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* menggunakan konsep kebenaran secara bergradasi dan sangat berbeda dengan logika klasik yang menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan sebagai ya/ tidak. Logika *Fuzzy* menggunakan nilai keanggotaan bergradasi antara 0 sampai 1.

Berbagai teori di dalam perkembangan *fuzzy logic* menunjukkan bahwa pada dasarnya *fuzzy logic* dapat memodelkan berbagai sistem. Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan metode logika *fuzzy*, antara lain: konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti, sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat dan *logika fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks. Melihat semua faktor diatas, maka dilakukan penelitian yang menggunakan metode *logika fuzzy* dalam menghitung dan menganalisa hasil data sehingga mendapatkan nilai yang lebih optimal dan akurat.

2. DASAR TEORI

Proyek konstruksi adalah jenis pekerjaan yang memiliki beban kerja fisik yang tinggi. Pekerja pada proyek konstruksi cenderung menggunakan kekuatan fisiknya dalam melakukan pekerjaan, seperti pekerja

konstruksi bagian batu, pekerja konstruksi bagian kayu, pekerja konstruksi bagian galian, pekerja konstruksi bagian pembesian, pekerja konstruksi bagian baja, dan lain sebagainya, sehingga beban kerja yang diberikan pada pekerja perlu disesuaikan dengan kemampuan fisik pekerja (Tarwaka, 2014:104).

Industri konstruksi bersifat unik, dinamis dan kompleks. Pelaksanaan proyek konstruksi tidak pernah sama antara satu proyek dengan yang lain, terdapat banyak ketidakpastian dan melibatkan berbagai macam sumberdaya dengan lokasi kerja di tempat terbuka (Soeharto, 1995). Dalam suatu proyek konstruksi terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan yaitu waktu, biaya dan mutu (Kerzner, 2006). Pada umumnya, mutu konstruksi merupakan elemen dasar yang harus dijaga untuk senantiasa sesuai dengan perencanaan. Namun demikian, pada kenyataannya sering terjadi pembengkakan biaya sekaligus keterlambatan waktu pelaksanaan (Praboyo, 1999). Dengan demikian, seringkali efisiensi dan efektivitas kerja yang diharapkan tidak tercapai. Hal itu mengakibatkan pengembang akan kehilangan nilai kompetitif dan peluang pasar (Li, 2001). Adapun pihak-pihak yang terkait dalam pelaksanaan proyek konstruksi antara lain:

1. Pemilik
2. Perencana (Konsultan)
3. Pelaksana (Kontraktor)
4. Pengawas (Konsultan)
5. Penyandang dana
6. Pemerintah (Regulasi)
7. Pemakai bangunan
8. Masyarakat:
 - a. Asosiasi
 - b. Masyarakat umum

Jasa konstruksi merupakan jasa pelayanan:

1. Perencanaan Konstruksi
2. Pelaksanaan Konstruksi
3. Pengawasan Konstruksi
4. Atau gabungan dari dua atau tiga pelayanan

Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*, teori *fuzzy* ini dikemukakan oleh Zadeh pada tahun 1965 dari *University of California*. Zadeh memodifikasi teori himpunan menjadi himpunan yang setiap anggotanya mempunyai derajat keanggotaan antara 0 sampai dengan 1. Himpunan ini disebut himpunan *fuzzy* (kabur). Pada prinsipnya himpunan *fuzzy* adalah perluasan dari himpunan *crisp*, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu ke dalam dua kategori, anggota dan bukan anggota. Dalam himpunan tegas, terdapat batas yang tegas antara unsur-unsur yang merupakan anggota dan unsur-unsur yang tidak merupakan anggota dari suatu himpunan. Didalam kenyataannya tidak semua himpunan yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari terdefinisi secara demikian, misalnya himpunan

mahasiswa pandai, himpunan orang yang tinggi, dan lain-lain. Teori himpunan *fuzzy* memberikan sarana untuk mempresentasikan ketidakpastian dan merupakan alat yang sangat tepat untuk pemodelan ketidakpastian yang berhubungan dengan kesamaran, ketidakpastian dan kekurangan informasi mengenai elemen tertentu dari problem yang dihadapi. Kekuatan yang mendasari teori himpunan *fuzzy* adalah menggunakan variabel linguistik daripada variabel kuantitatif untuk mempresentasikan konsep yang tidak presisi.



Gambar 2.6 Diagram Block Logika Fuzzy

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh internal dan eksternal terhadap kecelakaan pekerja pekerjaan konstruksi serta mengurangi angka kecelakaan pekerja dan tercapainya *zero accident* dalam lingkungan pekerjaan proyek konstruksi.

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 kuisisioner. Data yang didapat dari penyebaran kuisisioner dianalisa dan diolah sehingga mendapatkan angka yang dicari dari hasil pembahasan. Dengan adanya penulisan ini dengan metode yang digunakan dan tercapainya tujuan penulisan, maka disusun kerangka penelitian sehingga dapat diperoleh hasil sesuai tujuan penelitian

DATA PENELITIAN

Sesuai dengan tujuan penelitian maka disusun variabel penelitian dimana pada penelitian ini terdiri atas dua komponen yaitu faktor internal sebagai penyebab kecelakaan dan faktor eksternal sebagai penyebab kecelakaan. Berdasarkan pada kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu sebagaimana tercantum pada bab sebelumnya, maka diidentifikasi bahwa faktor internal yang menjadi penyebab terjadinya kecelakaan dapat diwakili oleh kelelahan pekerja. Sedangkan untuk faktor eksternal adalah ketinggian jatuh pada konstruksi gedung, jarak terhadap titik bahaya bagi pekerja konstruksi, dan penggunaan jenis atau kombinasi jumlah peralatan keselamatan yang diterapkan. Variabel-variabel yang diidentifikasi ini akan dianalisis seberapa besar peluangnya/ kemungkinannya menjadi penyebab kecelakaan bagi pekerja melalui kuisisioner yang

disebarkan kepada responden yang ditetapkan. Hasil identifikasi variabel-variabel penelitian seperti tercantum pada (tabel 3.1)

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

	Identifikasi faktor penyebab kecelakaan	
	Faktor Internal	Faktor Eksternal
Variabel penelitian	Kelelahan pekerja	Ketinggian jatuh vertikal
		Jarak bahaya horizontal
		Penggunaan <i>Guardrail</i>
		Penggunaan <i>Fall arrest</i>

PURPOSIVE SAMPLING

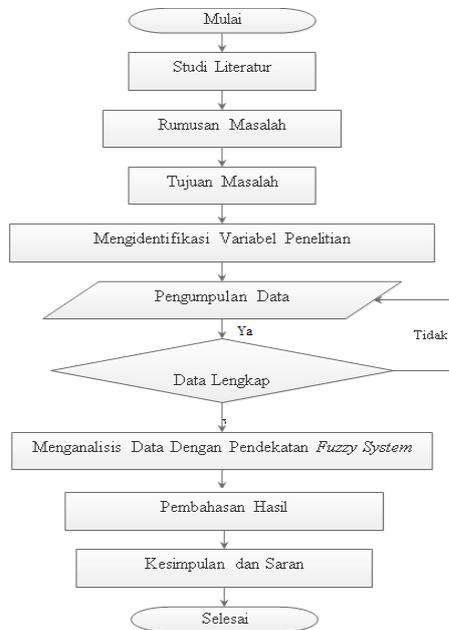
Purposive sampling adalah salah satu teknik *non random sampling* dengan cara menentukan pengambilan sampel dengan cara menetapkan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian sehingga diharapkan dapat menjawab permasalahan penelitian. Berdasarkan penjelasan *purposive sampling* tersebut, ada dua hal yang sangat penting dalam menggunakan teknik *sampling* tersebut, yaitu *non random sampling* dan menetapkan ciri khusus sesuai tujuan penelitian oleh peneliti itu sendiri. *Non random sampling* adalah teknik *sampling* yang tidak memberikan kesempatan yang sama pada setiap anggota populasi untuk dijadikan sampel penelitian. Sedangkan ciri khusus sengaja dibuat oleh peneliti agar sampel yang diambil nantinya dapat memenuhi kriteria-kriteria yang mendukung dan sesuai dengan penelitian.

ANALISIS DATA

Hasil pengumpulan data yang diperoleh dari penyebaran kuisisioner dan wawancara selanjutnya disusun dalam bentuk rekapitulasi data hasil penelitian untuk memudahkan proses analisis. Untuk memperoleh hasil penelitian berupa tingkat kecelakaan yang mungkin terjadi akibat pengaruh faktor internal dan eksternal, maka pengolahan data dikerjakan dengan bantuan program *Matlab R2017b* metode *fuzzy logic for windows*, dimana untuk pengolahan data dengan pendekatan *fuzzy* 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 kecelakaan yang terjadi.

DIAGRAM ALIR / FLOW CHART



Gambar 3.1 Diagram Alir

4. PEMBAHASAN

Rekapitulasi Data

Salah satu penyebab kecelakaan kerja adalah kondisi kelelahan yang dialami oleh pekerja konstruksi ketika melaksanakan pekerjaannya. Pada (tabel 4.1) penilaian yang menunjukkan prosentase terhadap peningkatan bahaya kecelakaan yang terjadi karena kondisi kelelahan pekerja berdasarkan hasil kuisioner.

4.1.1 TINGKAT BAHAYA PEKERJA BERDASARKAN KONDISI KELELAHAN

Menurut pengetahuan dan pengalaman responden melalui kuisioner, pada (tabel 4.2) disajikan penilaian rentang angka/ *crisp (range)* hubungan antara elevasi ketinggian jatuh dari tempat kerja terhadap tingkat keparahan (*injury level*) yang dialami oleh pekerja konstruksi.

	TL	LR	L	SL	TDB
RESPONDEN 1	0%	20%	50%	80%	100%
RESPONDEN 2	0%	25%	50%	70%	80%
RESPONDEN 3	0%	20%	50%	70%	90%
RESPONDEN 4	0%	25%	50%	75%	100%
RESPONDEN 5	0%	10%	60%	80%	100%
RESPONDEN 6	5%	20%	50%	65%	75%
RESPONDEN 7	0%	15%	45%	70%	100%
RESPONDEN 8	5%	20%	50%	70%	100%
RESPONDEN 9	0%	15%	60%	80%	100%
RESPONDEN 10	10%	25%	35%	70%	80%
RESPONDEN 11	5%	20%	25%	50%	75%
RANGE	0%-10%	10%-25%	25%-60%	50%-80%	75%-100%

Tabel 4.1 Rekapitulasi Data Hasil Variabel Kelelahan

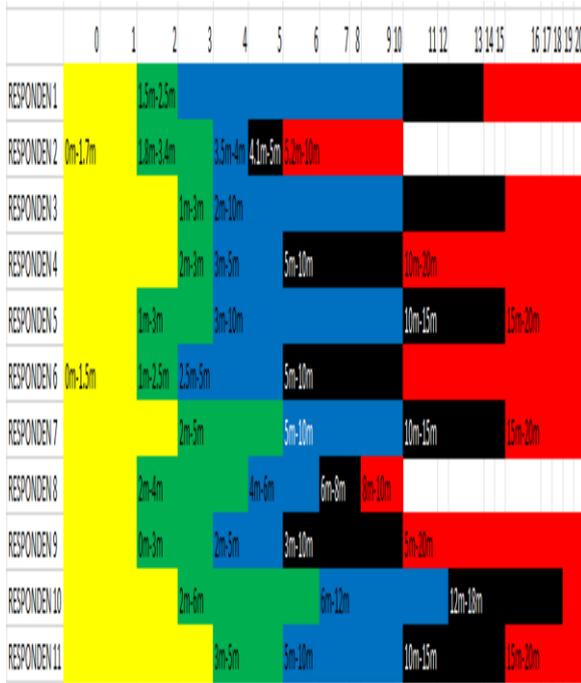
Keterangan :

- TL = kondisi pekerja (tidak lelah)
- LR = kondisi pekerja (lelah ringan)
- L = kondisi pekerja (lelah)
- SL = kondisi pekerja (sangat lelah)
- TDB = kondisi pekerja (tidak dapat beraktifitas)

4.1.2 TINGKAT BAHAYA PEKERJA TERHADAP KONDISI ELEVASI KETINGGIAN

Menurut pengetahuan dan pengalaman responden melalui kuisioner, pada (tabel 4.2) disajikan penilaian rentang angka/ *crisp (range)* hubungan antara elevasi ketinggian jatuh dari tempat kerja terhadap tingkat keparahan (*injury level*) yang dialami oleh pekerja konstruksi.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Data variabel jarak tinggi jatuh vertikal



Keterangan :

- Kuning = Ketinggian yang dapat mengindikasikan cedera ringan
- Hijau = Ketinggian yang dapat mengindikasikan cedera sedang
- Biru = Ketinggian yang dapat mengindikasikan cedera serius
- Hitam = Ketinggian yang dapat mengindikasikan cedera parah
- Merah = Ketinggian yang dapat mengindikasikan cedera mematikan

4.1.3 TINGKAT BAHAYA PEKERJA TERHADAP KONDISI JARAK BAHAYA

Menurut pengetahuan dan pengalaman responden melalui kuisioner, pada (tabel 4.3) disajikan penilaian rentang angka (*range*) hubungan antara jarak pekerja pada *hazard area* terhadap tingkat keparahan bahaya (*injury level*) jatuh yang dialami oleh pekerja konstruksi.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Variabel Jarak Titik Bahaya Horizontal

RESPONDEN 1	0m-0.75m	0.75m-1.25m	1.25m-1.5m	1.8m-3m
RESPONDEN 2	0m-0.3m	0m-0.8m	0.8m-1.5m	1.5m-3m
RESPONDEN 3	0m-0.3m	0.3m-1m	1m-1.5m	1.5m-3m
RESPONDEN 4	0m-0.5m	0.5m-1.5m	1.5m-2m	2m-3m
RESPONDEN 5	0m-0.5m	0.5m-2m	2m-2.5m	2m-3m
RESPONDEN 6	0m-0.5m	0.5m-1.5m	1.5m-2m	2m-3m
RESPONDEN 7	0m-0.5m	0.5-1m	1m-2m	2m-3m
RESPONDEN 8	0m-1m	1m-2m	2m-3m	
RESPONDEN 9	0m-0.5m	0m-1m	0.5m-2m	1.5m-3m
RESPONDEN 10	0m-0.5m	0.5m-1m	1m-2m	2m-3m
RESPONDEN 11	0m-0.5m	0.5m-1m	1m-2m	2m-3m

Keterangan :

- Merah = jarak horizontal mengindikasikan sangat dekat terhadap bahaya
- Biru = jarak horizontal mengindikasikan dekat terhadap bahaya
- Hijau = jarak horizontal mengindikasikan sedang terhadap bahaya
- Kuning = jarak horizontal mengindikasikan jauh terhadap bahaya

4.1.4 TINGKAT BAHAYA BERDASARKAN PENGGUNAAN ALAT KESELAMATAN

Secara umum, sebagai tindakan pencegahan kecelakaan kerja di lokasi proyek, dapat digunakan peralatan keselamatan terhadap daerah bahaya (*hazard area*) sebagai pencegahan dari terjadinya kecelakaan kerja. Pada (tabel 4.4) dan (tabel 4.5) disajikan penilaian prosentase pengurangan bahaya kecelakaan yang terjadi berdasarkan pengetahuan dan pengalaman responden terhadap penggunaan alat keselamatan.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Pengurangan Bahaya Kecelakaan Dengan Satu Jenis Peralatan Keselamatan

	TST	T	TT
RESPONDEN 1	75%	50%	0%
RESPONDEN 2	40%	20%	5%
RESPONDEN 3	70%	60%	0%
RESPONDEN 4	95%	75%	5%
RESPONDEN 5	75%	60%	5%
RESPONDEN 6	60%	50%	0%
RESPONDEN 7	70%	60%	25%
RESPONDEN 8	80%	50%	7%
RESPONDEN 9	70%	60%	0%
RESPONDEN 10	85%	75%	20%
RESPONDEN 11	75%	50%	25%
RANGE	40%-95%	20%-75%	0%-25%
NILAI TENGAH	72%	55%	8%

Keterangan :

- TST = Terpasang Sesuai *Standart*
- T = Terpasang
- TT = Tidak Terpasang

Tabel 4.5 Rekapitulasi Data Pengurangan Bahaya Kecelakaan Dengan Lebih Satu Jenis Peralatan Keselamatan

Keterangan :

- TST = Terpasang Sesuai *Standart*
- T = Terpasang

	TST	T	TT
RESPONDEN 1	80%	60%	10%
RESPONDEN 2	90%	80%	25%
RESPONDEN 3	80%	70%	15%
RESPONDEN 4	90%	60%	20%
RESPONDEN 5	100%	80%	25%
RESPONDEN 6	75%	60%	10%
RESPONDEN 7	80%	70%	10%
RESPONDEN 8	95%	75%	5%
RESPONDEN 9	80%	70%	10%
RESPONDEN 10	65%	45%	5%
RESPONDEN 11	85%	60%	10%
RANGE	65%-100%	45%-80%	5%-25%
NILAI TENGAH	84%	66%	13%

TT = Tidak Terpasang

Sebagaimana pada rekapitulasi data variabel sebelumnya, nilai *range* dihitung pada masing-masing kategori berdasarkan pada nilai terendah dan tertinggi pada masing-masing hasil penilaian responden. Pada variabel ini juga dihitung nilai tengah dari masing-masing *range*. Hal ini digunakan untuk melihat pengaruh penggunaan jumlah peralatan keselamatan terhadap pengurangan bahaya kecelakaan yang dapat terjadi. Pada (tabel 4.4)

menunjukkan prosentase nilai pengaruh penggunaan satu jenis alat keselamatan terhadap pengurangan bahaya kecelakaan sebesar Terpasang Sesuai *Standart* = 72% Terpasang = 55% Tidak terpasang = 8%. Pada (tabel 4.5) menunjukkan prosentase nilai pengaruh penggunaan lebih dari satu jenis alat keselamatan terhadap pengurangan bahaya kecelakaan sebesar Terpasang Sesuai *Standart* = 84% Terpasang = 66% Tidak terpasang = 13%.

4.1.5 TINGKAT BAHAYA BERDASARKAN PENGGUNAAN JENIS ALAT KESELAMATAN

Untuk melindungi pekerja dari faktor-faktor resiko kecelakaan kerja proyek konstruksi gedung, maka *safety system* perlu diterapkan dengan benar dan tepat. Beberapa jenis peralatan keselamatan biasa digunakan pada pembangunan gedung bertingkat yaitu *guardrail system*, *safety net system*, *fall arrest system*, *warning system*, *hole covering system*. Untuk mengetahui peralatan keselamatan yang dinilai memberi dampak pengurangan tingkat kecelakaan maka dilakukan penilaian penggunaan masing-masing peralatan keselamatan tersebut terhadap pengurangan bahaya kecelakaan yang mungkin terjadi. Pada (tabel 4.6) didapatkan nilai pengurangan bahaya yang terjadi berdasarkan pengetahuan dan pengalaman responden terhadap penggunaan jenis alat *guardrail system*.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Data Pengurangan Bahaya Kecelakaan Menggunakan *Guardrail System*

	TST	T	TT
RESPONDEN 1	75%	50%	10%
RESPONDEN 2	70%	55%	20%
RESPONDEN 3	60%	50%	20%
RESPONDEN 4	80%	50%	5%
RESPONDEN 5	90%	70%	10%
RESPONDEN 6	70%	65%	35%
RESPONDEN 7	50%	40%	10%
RESPONDEN 8	95%	75%	5%
RESPONDEN 9	60%	50%	20%
RESPONDEN 10	45%	35%	25%
RESPONDEN 11	80%	50%	10%
RANGE	45%-95%	35%-75%	5%-35%
NILAI TENGAH	70%	54%	15%

- TST = Terpasang Sesuai *Standart*
- T = Terpasang
- TT = Tidak Terpasang

Selanjutnya pada (tabel 4.8) didapatkan penilaian prosentase pengurangan bahaya yang

terjadi berdasarkan pengetahuan dan pengalaman responden terhadap penggunaan jenis alat keselamatan *fall arrest system*.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Data Pengurangan Bahaya Kecelakaan Menggunakan *Fall Arrest System*

	TST	T	TT
RESPONDEN 1	95%	80%	10%
RESPONDEN 2	90%	75%	20%
RESPONDEN 3	90%	80%	10%
RESPONDEN 4	80%	50%	10%
RESPONDEN 5	100%	80%	10%
RESPONDEN 6	80%	70%	20%
RESPONDEN 7	95%	80%	15%
RESPONDEN 8	95%	75%	5%
RESPONDEN 9	90%	75%	10%
RESPONDEN 10	75%	60%	50%
RESPONDEN 11	90%	60%	0%
RANGE	75%-100%	50%-80%	0%-50%
NILAI TENGAH	89%	71%	15%

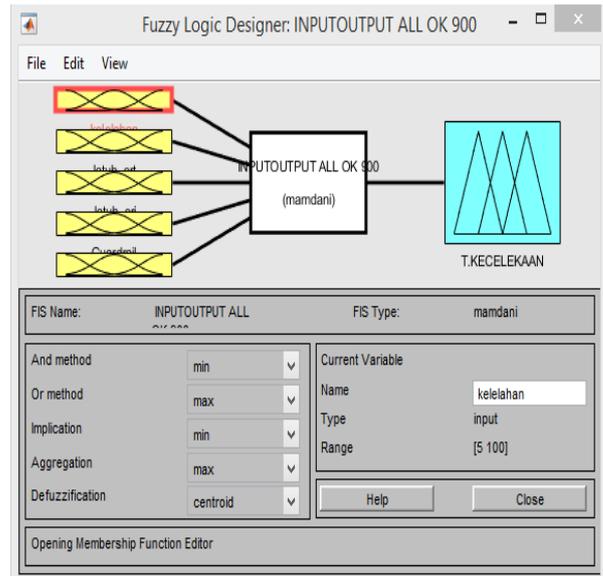
TST = Terpasang Sesuai *Standart*

T = Terpasang

TT = Tidak Terpasang

4.2 ANALISIS DATA DENGAN PENDEKATAN FUZZY

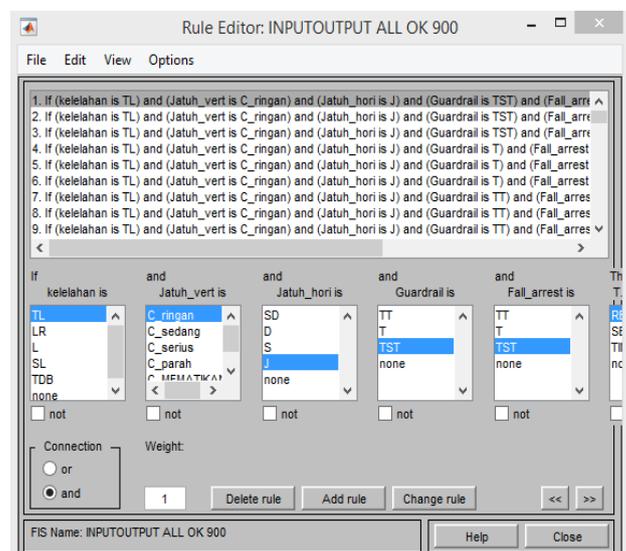
Setelah rekapitulasi data dilakukan, maka data telah siap untuk dianalisis dengan menggunakan pendekatan *fuzzy* dimana pada analisis *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan *toolbox fuzzy* yang terdapat pada bahasa pemrograman *matlab 2017b* untuk memudahkan dan mempercepat proses analisis. Analisis *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy mamdani* yang sangat umum digunakan pada berbagai bidang dan lebih mudah untuk dioperasikan.



Gambar 4.1 Tampilan Analisis Awal *fuzzy system* dengan metode *mamdani*

4.2.1 INFERENCE FUZZY (RULES)

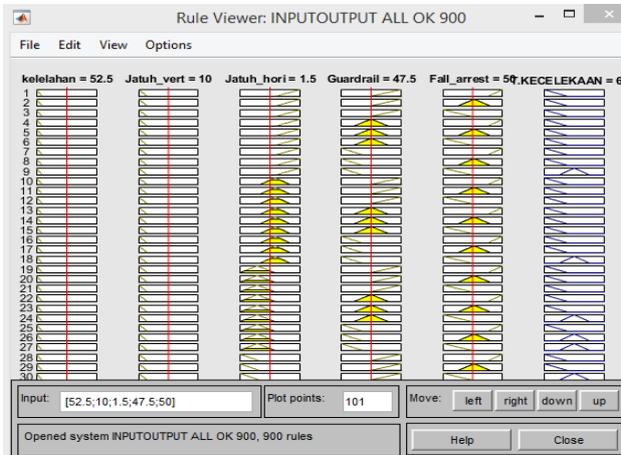
Setelah memasukkan data *input* dan *output fuzzy*, maka selanjutnya adalah inferensi atau pengambilan keputusan yaitu dengan menyusun aturan-aturan *fuzzy* berdasarkan pada *input* dan *output fuzzy* berbentuk JIKA ... DAN ... MAKA (IF ... AND ... THEN). Aturan disusun sesuai dengan jumlah kategori pada masing-masing variabel sehingga terdapat sejumlah 900 aturan yang berasal dari perkalian matriks antara variabel dan kategorinya. Pada tahap ini, mesin inferensi juga bekerja untuk menetapkan *rule* yang terpilih dan defuzzifikasi (mengubah kembali nilai linguistik kembali menjadi nilai angka/ *crisp* pada masing-masing variabel).



Gambar 4.2 Inference fuzzy if-and-then rules

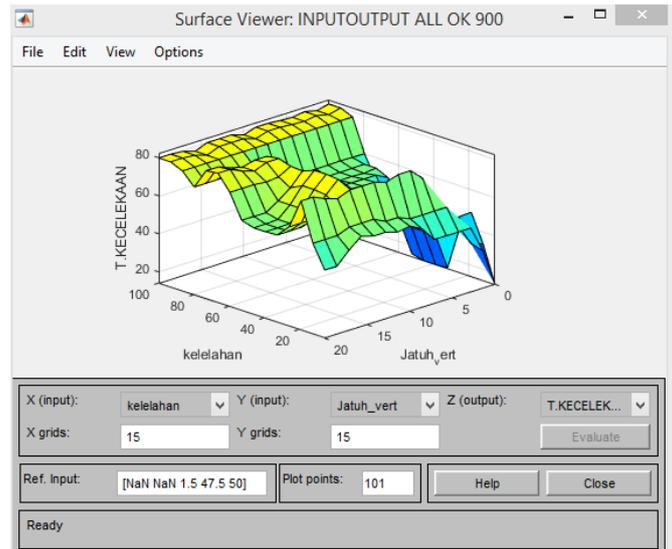
4.2.2 TARGET LUARAN FUZZY

Setelah tahapan *input* data, menentukan *output* untuk mengategorikan tingkat kecelakaan dan menyusun semua aturan kemungkinan terjadinya kecelakaan, maka nilai hasil akhir dari sistem *fuzzy* dilihat dari *rule viewer* pada (gambar 4.9)



Gambar 4.3 Hasil Akhir/ Target Luaran Sistem Fuzzy Pada Rule Viewer

Berdasarkan hasil akhir secara grafis dari *system fuzzy* pada *surface viewer*, hasilnya menunjukkan gambar pemetaan variabel-variabel yang diinginkan sesuai dengan macam *input* yang dimasukkan, selanjutnya mencari nilai tingkat kecelakaan kerja pada konstruksi gedung apabila dimasukkan *input* kondisi internal dalam variabel kelelahan dan kondisi eksternal variabel tingkat bahaya lingkungan proyek dan *safety system*.



Gambar 4.4 Grafik *input* kelelahan dan jatuh vertikal terhadap kecelakaan kerja

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tingkat kecelakaan pekerja dimodelkan sesuai dengan penyebab kecelakaan yaitu kelelahan, tinggi jatuh vertikal, jarak titik bahaya horizontal, peralatan keselamatan berupa *guardrail system* dan *fall arrest system* dengan menggunakan pendekatan *fuzzy logic* dimana hasil model telah terverifikasi/ valid. Hasil model menunjukkan:

Pekerja yang bekerja dengan dengan *input* kelelahan dan tinggi jatuh vertikal menghasilkan tingkat kecelakaan SEDANG.

Pekerja yang bekerja dengan dengan *input* kelelahan dan titik jatuh horizontal menghasilkan tingkat kecelakaan RENDAH.

Pekerja yang bekerja dengan dengan *input* kelelahan dan penggunaan *guardrail system* menghasilkan tingkat kecelakaan RENDAH.

Pekerja yang bekerja dengan dengan *input* kelelahan dan penggunaan *fall arrest system* menghasilkan tingkat kecelakaan SEDANG.

2. Strategi yang harus dilakukan untuk meminimalkan tingkat kecelakaan yang terjadi adalah menjaga pekerja bekerja dalam kondisi baik, posisi aman dari titik bahaya dan menerapkan *safety system* dengan terpasang sesuai *standart*, keputusan ini diambil dari kategori aman 13% menunjukkan perbedaan

nilai tingkat kecelakaan yang signifikan, sehingga memberikan nilai kemungkinan kecelakaan yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Angkat, S. (2008). Analisis Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Bangunan

Christina, W. Y., Djakfar, L., & Thoyib A. (2012). *Pengaruh Budaya Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kinerja Proyek Konstruksi. Jurnal Rekayasa Sipil / Volume 6, No. 1 – 2012 issn 1978 - 5658*

Li, M. d. (2001). *Efektivitas Dan Efisiensi Ketenagakerjaan Pada Proyek Konstruksi*

Munir, R. (2013). *Fuzzy Logic Dengan Menggunakan Matlab*. Bandung

Sari, N. (2015). Manajemen Resiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Pekerja Konstruksi

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

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

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

Za'imatun. (2016). Aplikasi *Fuzzy Logic* Dalam Diagnosa Penyakit Diabetes Mellitus Pada Puskesmas Di Jakarta Timur