



TESIS - BM185407

***RISK ASSESMENT PADA PEMELIHARAAN GEDUNG
APARTEMEN XYZ DENGAN METODE FUZZY-FMEA***

**ACHMAD REZA
09211850013031**

**Dosen Pembimbing
Prof. Iwan Vanany S.T, M.T, Ph.D**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
FAKULTAS DESAIN KREATIF DAN BISNIS DIGITAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Achmad Reza

NRP: 09211850013031

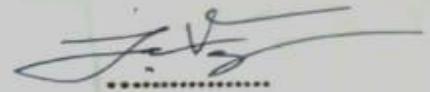
Tanggal Ujian: 9 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

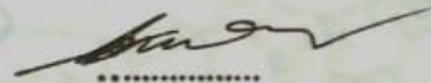
1. Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D
NIP: 197109271999031002



.....

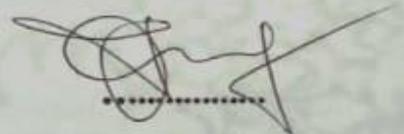
Penguji:

1. Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP
NIP: 196912311994121076



.....

2. Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc(Eng)
NIP: 196506301990031002



.....

**Kepala Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital**



Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP
NIP: 196912311994121076

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RISK ASSESMENT PADA PEMELIHARAAN GEDUNG APARTEMEN XYZ DENGAN METODE FUZZY-FMEA

Nama Mahasiswa : Achmad Reza
NRP Mahasiswa : 09211850013031
Pembimbing : Prof. Iwan Vanany S.T, M.T, Ph.D

ABSTRAK

Didalam setiap proses pemeliharaan gedung selalu ada banyak risiko yang timbul seperti kerusakan pada aspek *civil, mechanical, electrical, and plumbing* yang merupakan komponen dari gedung. Pemeliharaan pada gedung apartemen XYZ telah dilakukan guna upaya mengurangi frekuensi risiko-risiko yang ada. Akan tetapi dalam kenyataannya langkah manajemen risiko belum diterapkan menjadi suatu sistem pemeliharaan gedung. Tahapan awal dari manajemen risiko adalah identifikasi risiko dimana dilakukan observasi langsung terhadap setiap komponen gedung dan mendefinisikan dampak yang ditimbulkan dari tiap-tiap risiko yang ada. Setelah mengumpulkan risiko-risiko yang ada kemudian risiko tersebut di klasifikasikan berdasarkan jenis risiko terhadap aspek yang ada pada komponen gedung.

Setelah tahap identifikasi risiko, kemudian dilanjutkan dengan tahap penilaian risiko (*risk Assesment*) pada tiap-tiap risiko yang ada. Pada penelitian ini digunakan metode *Fuzzy-FMEA (Failure mode and Effect analysis)* untuk menentukan nilai dari tiap-tiap risiko. Didapatkan nilai *RPN (Risk Priority Number)* sebagai hasil dari tahap *risk assesment*. Nilai *RPN* yang didapatkan kemudian dijadikan acuan untuk menentukan risiko yang bersifat kritis yang artinya memiliki dampak yang cukup signifikan bagi proses pemeliharaan gedung apartemen XYZ. Pada penelitian ini didapatkan risiko paling kritis kerusakan marmer dengan nilai *FRPN* 64,7 dan diperoleh 7 *basic event* yaitu: Tidak ada SOP pekerjaan, tidak ada training, kurang sehat, pengaruh obat-obatan, tidak ada pengecekan saat serah terima, tidak ada checklist rutin, dan angin kencang. Dari *basic event* di atas penulis menetapkan 6 rekomendasi yang menjawab masing-masing *basic event* yang ada.

Kata kunci: *Risk Assesment, Fuzzy-FMEA, Pemeliharaan, Risk Priority Number*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RISK ASSESMENT OF APARTMENT BUILDING XYZ USING FUZZY-FMEA METHOD

Stuendent's Name : Achmad Reza
Student's ID : 09211850013031
Supervisor : Prof. Iwan Vanany S.T, M.T, Ph.D

ABSTRACT

In every building maintenance process there are always many risks that arise such as damage on subcriteria civil, mechanical, electrical, and plumbing aspects which are components of the building. Maintenance at XYZ apartment buildings has been carried out in an effort to reduce the frequency of existing risks. But in reality the risk management step hasn't implemented into a building maintenance system. The initial stage of risk management is the identification of risks where is the direct observations are made on each component of the building and defines the impact caused by each of the existing risks. After collecting the risks, the risks are classified based on the type of risk to the aspects in the building component.

After the risk identification stage, then came to the risk assessment stage for each existing risk. In this research the Fuzzy-FMEA (Failure mode and Effect analysis) method is used to determine the value of each risk. The RPN (Risk Priority Number) value is obtained as a result of the risk assessment phase. The RPN value obtained is then used as a reference to determine critical risks, which means it has a significant impact on the process of maintaining XYZ apartment buildings. In this study, the most critical risk is marble damage was obtained with a FRPN value 64.7 and obtained seven basic events, that is: there is no standar procedure for work, there is no training, lack of health, drugs influence, there is no checking at handover, never routine checklist, and strong winds. From the basic event above, the author sets six recommendations that answer each of the basic events.

Keyword : Risk Assesment, Fuzzy-FMEA, Risk Priority Number, Maintenance

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis kepada Allah SWT, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam menyusun laporan tesis ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tesis yang berjudul : **RISK ASSESSMENT PADA PEMELIHARAAN GEDUNG APARTEMEN XYZ DENGAN METODE FUZZY-FMEA.**

Tesis ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam program studi Manajemen Industri, Magister Manajemen Teknologi ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Iwan Vanany S.T, M.T, Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar memotivasi dan membimbing penulis untuk menyelesaikan tesis ini dan telah membimbing serta memotivasi penulis selama berkuliah di Departemen Magister Manajemen Teknologi ITS Surabaya.
2. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan., M.Eng., Ph.D., CSCP selaku Kepala Departemen Magister Manajemen Teknologi ITS Surabaya yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan kepada penulis.
3. Bapak Dr.Techn.Ir R.V. Hari Ginardi, M.Sc. selaku Kepala Program studi Manajemen Industri MMT-ITS Surabaya yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak Gogor Arif S.T, M.MT yang telah membimbing penulis selama berkuliah di Departemen Magister Manajemen Teknologi ITS Surabaya.
5. Segenap keluarga penulis yang telah memberikan dukungan penuh serta doa terhadap penyelesaian tesis ini.
6. Saudari Rifqy Nadia Ulfah yang telah menemani dan memberikan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.

7. Seluruh rekan MI professional 2018 yang telah memberi banyak dukungan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
8. Pak Abidin, Pak Diar, dan Bu Iren dari divisi engineering One East Residence yang telah membantu penulis melakukan pengumpulan data penelitian.
9. Penjaga warung pucang dan kahuripan yang telah menyediakan asupan yang membuat penulis dapat terjaga dan menyelesaikan penelitian ini.
10. Seluruh rekan dari Departemen Building Management One East Residence yang telah memberikan semangat hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran untuk penulis diterima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 21 Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	17
1.1. Latar Belakang Penelitian	17
1.2. Rumusan Masalah	19
1.3. Tujuan Penelitian	20
1.4. Manfaat Penelitian	20
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	20
1.6. Sistematika Penulisan	21
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	23
2.1. Risiko dan Ketidakpastian	23
2.2. Tipe-Tipe Risiko	24
2.3. Proses Manajemen Risiko	25
2.4. Pengertian Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	26
2.5. <i>Kurva Laju Kegagalan</i>	29
2.6. <i>Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)</i>	30
2.7. Logika Fuzzy	31
2.8. Fault Tree Analysis (FTA)	33
2.9. Fuzzy-FMEA	38
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1. Studi Literatur	39
3.2. Pengumpulan Data	39
3.3. Identifikasi Risiko	42
3.4. Penilaian Risiko	43
3.5. Analisis Risiko	43
3.6. Rencana Mitigasi Risiko	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	53
4.1. Hasil Pengolahan Data	53

4.2. Perhitungan nilai RPN (Risk Priority Number).....	65
BAB V ANALISIS HASIL.....	77
5.1. Analisa Risiko Kritis.....	77
5.2. Mitigasi Risiko C6 Kerusakan Marmer	78
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1. Kesimpulan dan Rekomendasi.....	83
6.2. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram antara kejadian kerusakan dengan <i>lost revenue</i>	19
Gambar 2.1	Kategori Risiko.....	24
Gambar 2.2	Kurva Siklus Hidup Mesin atau Peralatan (bathup curve).....	29
Gambar 3.1	Flowchart pengumpulan data.....	41
Gambar 3.2	Flowchart pengumpulan data wawancara engineer.....	41
Gambar 3.3	Daily Report Gedung apartemen XYZ untuk Engineering Division.....	42
Gambar 3.4	Identifikasi risiko gedung apartemen XYZ.....	43
Gambar 3.5	Flowchart fuzzy sistem.....	44
Gambar 3.6	Input variabel severity.....	47
Gambar 3.7	Input variabel occurrence.....	47
Gambar 3.8	Input variabel detection.....	48
Gambar 3.9	Output variabel FRPN.....	48
Gambar 3.10	Flow chart metode FTA dalam penelitian ini.....	50
Gambar 3.11	Tahapan-tahapan penelitian.....	52
Gambar 4.1	Nilai civil occurrence untuk risk event.....	54
Gambar 4.2	Nilai MEP occurrence untuk risk event.....	54
Gambar 4.3	Nilai civil severity untuk risk event.....	56
Gambar 4.4	Nilai MEP severity untuk risk event.....	57
Gambar 4.5	Nilai civil detection untuk risk event.....	59
Gambar 4.6	Nilai MEP detection untuk risk event.....	60
Gambar 4.7	Nilai RPN bagian civil metode FMEA.....	65
Gambar 4.8	Nilai RPN bagian MEP metode FMEA.....	65
Gambar 4.9	Perancangan fuzzy pengukuran nilai severity.....	67
Gambar 4.10	Rule viewer pengukuran nilai parameter severity.....	68
Gambar 4.11	Perancangan fuzzy pengukuran nilai detection.....	70
Gambar 4.12	Proses rule editor pada software MatLab.....	72
Gambar 4.13	Panel input parameter untuk perhitungan FRPN.....	73
Gambar 4.9	Nilai FRPN bagian civil metode fuzzy-FMEA.....	75
Gambar 4.10	Nilai FRPN bagian MEP metode fuzzy-FMEA.....	75
Gambar 5.1	Perbandingan grafik nilai rata-rata civil dan MEP.....	77
Gambar 5.2.	Logic Expression kerusakan marmer.....	79

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Rata-rata umur dan banyak kejadian kerusakan.....	18
Tabel 2.1	Tingkat Ketidakpastian.....	23
Tabel 3.1	Tabel Failure modes and effect analysis gedung apartemen XYZ.....	44
Tabel 3.2	Perubahan nilai Parameter Civil Risk.....	46
Tabel 3.3	Parameter Frekuensi.....	46
Tabel 3.4	Parameter Severity.....	46
Tabel 3.5	Parameter Detection.....	47
Tabel 3.6	Tabel aturan fuzzy.....	48
Tabel 4.1	Nilai Occurrence untuk risk event.....	53
Tabel 4.2	Hasil pengamatan risk event untuk pengukuran nilai severity.....	55
Tabel 4.3	Level of detection table.....	58
Tabel 4.4	Nilai Detection untuk risk event.....	58
Tabel 4.5	Nilai skala occurrence untuk risk event.....	61
Tabel 4.6	Nilai skala severity untuk risk event.....	62
Tabel 4.7	Nilai skala detection untuk risk event.....	63
Tabel 4.8	Nilai perhitungan RPN metode FMEA klasik.....	64
Tabel 4.9	Input dan hasil pengukuran fuzzy nilai parameter severity.....	69
Tabel 4.10	Input dan hasil pengukuran fuzzy nilai parameter detection.....	71
Tabel 4.11	Nilai hasil perhitungan FRPN dengan metode Fuzzy-FMEA.....	74
Tabel 5.1	Nilai rata-rata untuk bidang Civil dan MEP.....	77
Tabel 5.2	Urutan peringkat risiko pada bidang civil.....	78
Tabel 5.3	Rekomendasi dari tiap event	80

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Pengelolaan pada gedung khususnya pada gedung apartemen memerlukan sebuah system yang baik. Sistem yang baik digunakan untuk meminimalisir terjadinya risiko karena pada tiap kegiatan operasional maupun produksi pasti memiliki resiko. Risiko merupakan sebuah peluang terjadinya sesuatu hal yang memiliki atau menimbulkan dampak pada tujuan yang diukur dalam hal probabilitas dan konsekuensi (AS/NZS Standard 4360,1995). Sebuah perusahaan atau pengelola gedung yang menerapkan tindakan risk assessment akan memiliki tingkat kesadaran dan kesiapan dalam menghadapi kemungkinan terjadinya risiko yang potensial serta mampu memperkirakan rencana penanganannya. Manajemen risiko pada sebuah gedung apartemen merupakan suatu system pengelolaan risiko yang dihadapi oleh pihak pengelola gedung secara komprehensif untuk tujuan utama yaitu meningkatkan nilai dari perusahaan tersebut (Hanafi, 2006). Didalam sebuah gedung khususnya gedung apartemen terdapat banyak ketidakpastian terjadinya suatu risiko yang dimana menurut Vaughan (1997: 9), ketidakpastian adalah sebuah kondisi pikiran yang dipenuhi akan keraguan. Karena hal itu sebuah perusahaan atau pengelola gedung harus menerapkan manajemen risiko menjadi suatu sistem untuk mewujudkan proses bisnis yang efisien dan optimal sehingga mampu memberikan nilai lebih bagi perusahaan atau gedung yang dikelola.

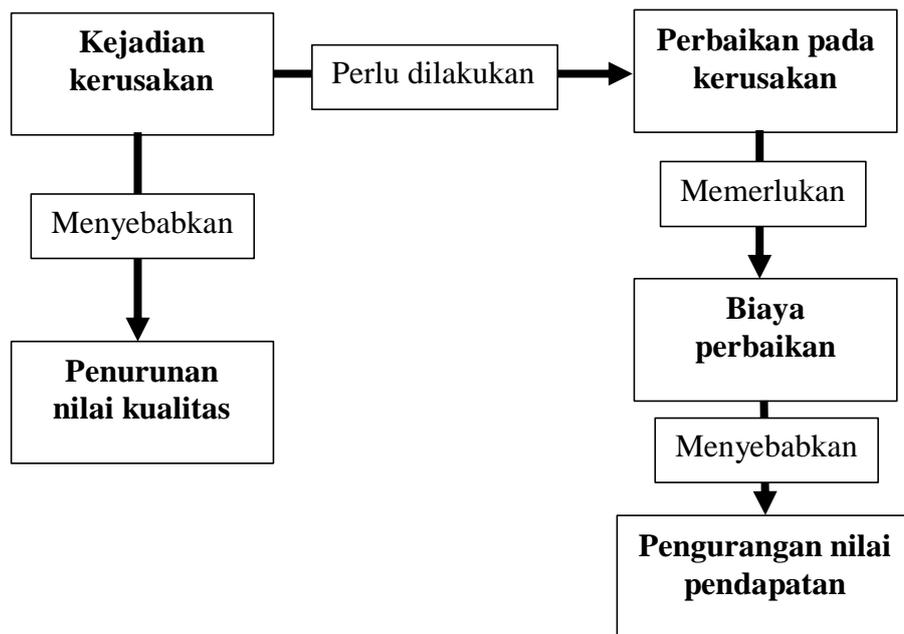
Gedung apartemen XYZ merupakan gedung yang dikelola oleh perusahaan FGH yang telah memiliki pengalaman dibidang pengelolaan gedung dengan baik. Akan tetapi untuk manajemen risiko masih belum benar-benar diterapkan menjadi suatu sistem didalam ketika mengelola gedung apartemen XYZ. Pada kenyataannya terdapat banyak risiko yang timbul ketika gedung apartemen XYZ beroperasi. Risiko operasional muncul dikarenakan proses pemeliharaan yang kurang baik. Artinya belum ada suatu pembagian risiko yang bersifat kritis dan tidak. Saat sudah ditemukan risiko yang bersifat kritis maka pihak pengelola gedung seharusnya melakukan mitigasi risiko guna mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh risiko tersebut. Risiko yang terdapat didalam pemeliharaan gedung apartemen XYZ seperti kerusakan yang terjadi pada tembok, parquet, kebocoran pipa, dan risiko kerusakan lainnya yang dapat timbul. Sudah menjadi tugas dari pihak pengelola gedung untuk meminimalisir risiko-risiko yang terjadi supaya mampu meningkatkan nilai kualitas dari gedung tersebut dan juga mengurangi dampak berupa biaya dan waktu untuk melakukan perbaikan. Risiko yang ada merupakan risiko yang tidak wajar karena seharusnya dalam kurun waktu operasional gedung

yang baru berjalan tiga tahun, seharusnya risiko tersebut tidak ada. Tabel dibawah ini menjelaskan kondisi saat ini dan umur seharusnya sebuah kerusakan pada bangunan. Data dibawah ini adalah bentuk kerusakan yang terjadi dihitung pada periode 1 juni 2019 sampai dengan 30 desember 2019.

Tabel 1.1. Umur rata-rata dan jumlah kejadian kerusakan

No	Bentuk kerusakan	Jumlah kejadian	Umur rata-rata
1	Dinding Retak	88 titik	15 tahun
2	Parquet Lepas/Retak	22 titik	10 tahun
3	Pintu utama rusak	57 titik	5 tahun
4	Plafon retak	58 titik	10 tahun

Dalam kenyataannya pihak pengelola gedung sudah melakukan berbagai upaya seperti melakukan pemeliharaan rutin untuk tiap-tiap perangkat gedung. Akan tetapi hal ini tidak memberikan dampak yang signifikan untuk meminimalisir risiko yang timbul. Pihak pengelola gedung harus melakukan upaya mitigasi risiko untuk benar-benar fokus dalam kegiatan meminimalisir risiko seperti dinding retak, parquet lepas, kebocoran pipa, dan risiko lainnya agar ditemukan dan dilakukan penilaian risiko sebelum membuat rencana mitigasi risiko. Selain itu identifikasi risiko juga bertujuan untuk menemukan risiko yang belum timbul akan tetapi berpotensi menjadi risiko didalam pemeliharaan gedung apartemen XYZ. Hal itu diharapkan dapat mampu meningkatkan kesadaran dan kesiapan pengelola gedung dalam mengelola sebuah risiko baru yang timbul. Risiko yang timbul juga berpengaruh terhadap meningkatnya komplain dari penghuni dan tamu. Hubungan antara risiko yang terjadi dengan kehilangan pendapatan bagi perusahaan digambarkan pada diagram dibawah ini.



Gambar 1.1 Diagram keterkaitan antara kejadian kerusakan dengan *lost revenue*

FMEA (*Failure mode and effect analysis*) adalah suatu metode yang sering digunakan untuk mengidentifikasi komponen penyebab risiko dan mencegah permasalahan itu terjadi berulang kali (Mcdermott dan Beauregard, 1996). Didalam penelitian ini peneliti menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang digabungkan dengan fuzzy untuk proses *risk assesment*. Metode Fuzzy-FMEA akan menghitung Nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan membuat peringkat dari risiko-risiko yang ada. Metode Fuzzy digunakan karena terdapat angka ketidakpastian atau keraguan dari severity yang ada. *Severity* yang ada berbeda setiap kejadian. Fuzzy dapat menganalisa ketidakpastian tersebut untuk kemudian menghasilkan *output* berupa nilai FRPN. Kemudian risiko yang memiliki sifat kritis atau memiliki dampak yang cukup besar dalam proses pemeliharaan gedung akan dibuat atau diusulkan rencana mitigasi risiko yang merupakan tindakan pencegahan sebelum terjadinya risiko.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari penelitian ini terdapat suatu permasalahan yaitu bagaimana mengidentifikasi sebuah risiko, melakukan penilaian pada tiap-tiap risiko, serta menyusun rencana mitigasi risiko yang dapat terjadi pada gedung apartemen XYZ dari hasil analisa perhitungan RPN tertinggi dengan menggunakan metode fuzzy untuk menganalisa nilai parameter *severity* yang berbeda di setiap kejadian kerusakan yang terjadi.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Mengidentifikasi risiko-risiko yang ada pada proses operasional di gedung apartemen XYZ
2. Melakukan penilaian risiko dengan menggunakan metode *fuzzy-FMEA*.
3. Memberikan rekomendasi tindakan mitigasi risiko yang dianggap kritis untuk mengurangi dampak dari risiko tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menjadi rekomendasi bagi pengelola gedung dalam memprioritaskan risiko yang ada pada gedung apartemen XYZ.
2. Dapat menjadi sumber acuan bagi pengelola gedung untuk melakukan tindakan mitigasi risiko yang ada pada gedung apartemen XYZ.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini terdiri atas batasan dan asumsi selama dilakukannya penelitian:

Batasan yang digunakan didalam penelitian ini yaitu:

1. Observasi serta pengambilan data dilakukan pada proses operasional gedung di gedung apartemen XYZ.
2. Risiko yang diamati merupakan resiko yang dapat menjadi kerugian bagi pengelola gedung di gedung apartemen XYZ.

Asumsi yang ada dan digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Tidak terdapat perubahan kebijakan dari pengelola gedung di gedung apartemen XYZ saat penelitian berlangsung.
2. Proses operasional berjalan dengan normal saat penelitian berlangsung.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini disajikan definisi dan terminologi mengenai *Risk assessment* serta metode yang digunakan dalam penelitian ini seperti *FMEA*, *Fuzzy-FMEA*, dan penjelasan terkait Mitigasi risiko.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini disajikan jenis penelitian, metode pengumpulan data, metode FMEA untuk melakukan identifikasi risiko, metode Fuzzy-FMEA untuk penilaian risiko dan metode pelaksanaan mitigasi risiko terhadap risiko yang ada pada proses operasional gedung di gedung apartemen XYZ.

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini disajikan hasil pengamatan peneliti mengenai parameter-parameter yang ada dan perhitungan skala serta perhitungan nilai RPN pada masing-masing *risk event* yang ada di dalam gedung apartemen XYZ.

BAB 5 ANALISIS HASIL

Dalam bab ini disajikan hasil perhitungan rata-rata dari nilai hasil pengukuran parameter dan nilai RPN pada *risk event* yang ada. Selain itu didalam bab ini juga disajikan hasil analisis menggunakan *fault tree analysis* pada risiko yang paling kritis didalam gedung apartemen XYZ.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Didalam bab ini disajikan hasil kesimpulan dari penelitian ini beserta saran bagi pengembangan kasus dan penelitian lanjutan dari hasil penelitian yang ada.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Risiko dan Ketidakpastian

Risiko merupakan kata yang mungkin sangat sering kita dengar dalam kehidupan sehari-hari seperti pada saat kita berolahraga, terdapat risiko cedera. Kata risiko memiliki konotasi negatif. Jadi yang dimaksud dengan risiko adalah suatu kejadian yang dapat menimbulkan kerugian. Selain arti diatas, risiko juga dapat diartikan sebagai sebuah hasil dari kejadian yang menyimpang dari hasil yang diharapkan. Penyimpangan dapat diukur didalam ilmu statistika menggunakan deviasi standar. Risiko juga dapat diukur menggunakan probabilitas. Misalnya, Peralatan yang tidak di lakukan pemeliharaan rutin lebih cepat rusak dibandingkan dengan peralatan yang sama tetapi dilakukan pemeliharaan rutin. Artinya probabilitas kerusakan pada peralatan yang tidak dilakukan pemeliharaan rutin lebih cepat rusak dibandingkan dengan peralatan yang dilakukan pemeliharaan rutin. Pemeliharaan rutin artinya juga menjadi suatu upaya untuk mengurangi tingkat probabilitas dari terjadinya risiko tersebut.

Risiko muncul karena risiko berkaitan erat dengan kondisi ketidakpastian. Misalnya sebuah peralatan yang dibuat sama dengan material dan spesifikasi yang sama dapat memiliki jarak waktu terhadap kerusakkan yang berbeda. Pada pemeliharaan gedung muncul banyak sekali kondisi ketidakpastian seperti dinding dengan ketebalan yang sama di tiap unit kamarnya dapat memiliki probabilitas keretakan yang berbeda. Sama juga seperti sesuatu hal yang bersifat kebetulan atau *gambling*. Tingkatan ketidakpastian dapat dilihat seperti tabel di bawah ini.

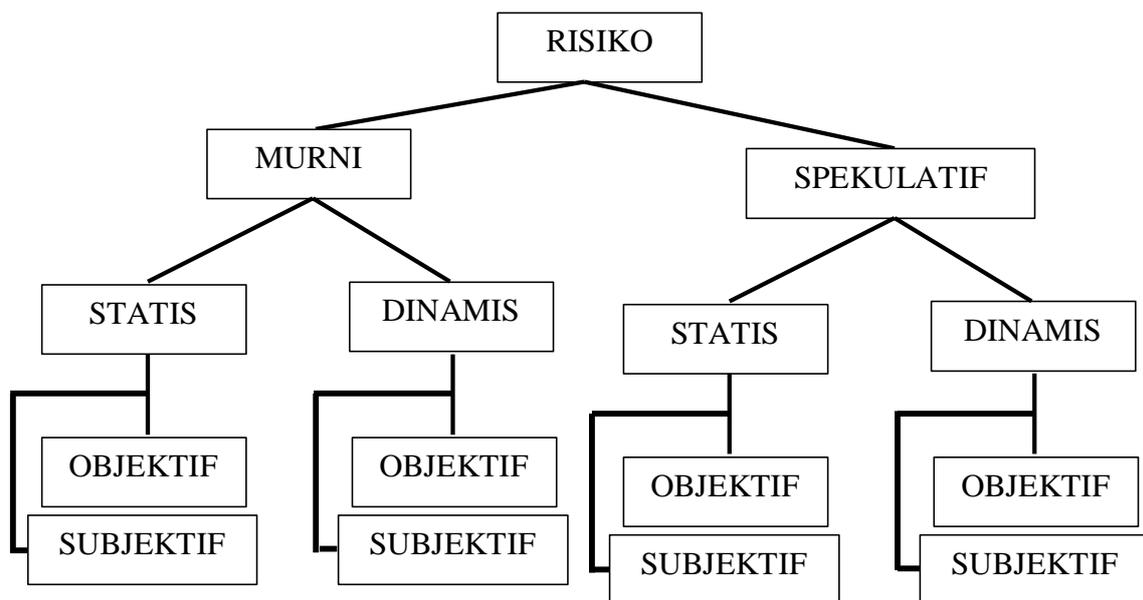
Tabel 2.1. Tingkat ketidakpastian

Tingkat Ketidakpastian	Karakteristik	Contoh
Pasti	Hasil bisa di prediksi dengan pasti	Hukum Alam
Ketidakpastian Objektif	Hasil bisa di identifikasi dan probabilitasnya diketahui	Permainan kartu
Ketidakpastian Subjektif	Hasil bisa di identifikasi tapi probabilitas tidak diketahui	Kebakaran, kecelakaan
Sangat tidak pasti	Hasil tidak bisa di identifikasi dan probabilitas tidak diketahui	Eksplorasi angkasa

Pada tingkatan pertama, kondisi sangat bisa di prediksi seperti bumi mengelilingi matahari selama 1 tahun. Kondisi alam lainnya yang sudah diketahui tingkat kepastiannya masuk dalam tingkatan pertama. Tingkat kedua dimana ketidakpastian objektif, semisal saat bermain dadu kita memiliki 6 kemungkinan yang berbeda. Kita tidak mengetahui pasti akan mendapat angka berapa akan tetapi kita mengetahui probabilitas untuk masing-masing angka adalah 1/6. Pada tingkat berikutnya yaitu ketidakpastian subjektif, misalnya saat mengendarai sepeda motor kita memiliki probabilitas mengalami kecelakaan dan seberapa parah dampak dari kecelakaan itu. Akan sangat sulit untuk menjawab probabilitas dan tingkat keparahan dari kasus diatas. Kemudian tingkatan terakhir yang dimana kita sama sekali tidak mengetahui hasil yang akan didapatkan seperti eksplorasi luar angkasa.

2.2 Tipe-Tipe Risiko

Risiko dapat dikelompokkan kedalam dua tipe yaitu risiko murni dan risiko spekulatif, risiko subjektif dan risiko objektif, serta risiko dinamis dan risiko statis. Pemetaannya dapat dilihat seperti bagan di bawah ini.



Gambar 2.1. Kategori Risiko

Risiko dapat dikelompokkan menjadi risiko murni dan risiko spekulatif, berikut penjelasannya :

1. Risiko Murni adalah dimana dampak dari risiko itu sendiri bersifat negatif atau merugikan tanpa adanya kemungkinan mendapatkan keuntungan dari risiko tersebut. Beberapa contoh seperti kebakaran atau kecelakaan kerja dan semacamnya.
2. Risiko Spekulatif adalah risiko dimana kita bisa mendapatkan dampak positif atau dampak negatif. Contohnya seperti saat kita menjadi pemegang saham, risiko yang kita dapatkan bisa berupa keuntungan (nilai saham naik) atau kerugian (nilai saham turun). Risiko spekulatif sering disebut juga risiko bisnis.

Selain kelompok murni dan spekulatif, risiko juga dapat dibagi antara risiko dinamis dan risiko statis.

1. Risiko dinamis muncul karena adanya perubahan pada suatu kondisi tertentu seperti perubahan teknologi yang dapat berpengaruh terhadap dampak risiko yang akan dihadapi untuk suatu pekerjaan yang sama dimasa mendatang.
2. Risiko statis ada dikarenakan keseimbangan dari suatu kondisi yang memang tidak berubah dari waktu ke waktu seperti misal risiko dari tersambar petir akan selalu sama dari waktu ke waktu.

Risiko juga dapat dikelompokkan menjadi risiko objektif dan subjektif. Berikut penjelasannya.

1. Risiko objektif adalah risiko yang didapatkan melalui observasi langsung untuk mendapatkan parameter yang bersifat objektif.
2. Risiko subjektif adalah risiko yang diperoleh dari suatu persepsi seseorang terhadap suatu kegiatan atau kasus tertentu.

2.3 Proses Manajemen Risiko

Didalam sebuah organisasi atau perusahaan perlu dilakukan adanya manajemen resiko sebagai suatu sistem. Dalam situasi nyata ada beberapa risiko yang mengakibatkan sebuah organisasi atau perusahaan mengalami kehancuran. Dari hal tersebut kita mengetahui bahwa penting halnya dalam suatu perusahaan melakukan proses manajemen risiko. Perusahaan yang tidak siap dalam memajemen risiko yang ada dapat mengalami dampak kerugian yang cukup signifikan. Akan tetapi perusahaan yang baik dalam memajemen resiko dapat mengoptimalkan risiko dan sengaja mengambil risiko tertentu karena melihat potensi

keuntungan di balik risiko tersebut. Manajemen risiko pada dasarnya memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut ini : identifikasi risiko, Penilaian risiko, dan mitigasi risiko.

1. Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko adalah kegiatan untuk mengidentifikasi serta mengklasifikasikan risiko-risiko yang ada didalam suatu perusahaan. Didalam proses identifikasi risiko akan banyak risiko yang ditemukan didalam perusahaan dan hal tersebut harus dikelompokkan berdasarkan ciri dari risiko atau jenis kegiatan dari risiko tersebut.

1. Penilaian Risiko (Risk Assesment)

Tahapan berikutnya adalah penilaian risiko dimana pada tahapan ini sangat penting untuk mengetahui seberapa kritis risiko tersebut berdasarkan penilaian dari tingkat keparahan dampak dan probabilitas terjadinya risiko tersebut. Sebuah perusahaan harus mendefinisikan tingkat risiko agar dapat melakukan tahapan berikutnya dengan baik.

2. Mitigasi Risiko

Pada tahapan ini perusahaan melakukan upaya untuk perbaikan dengan tujuan mengurangi tingkat keparahan dampak dari suatu risiko dan menurunkan probabilitas terjadinya suatu risiko tersebut. Salah satu upaya yang biasa dilakukan oleh perusahaan adalah melakukan pemeliharaan pada masing-masing komponen dari proses bisnis yang ada.

2.4 Pengertian Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan adalah seluruh aktifitas yang dilakukan dengan tujuan guna mempertahankan kondisi sebuah peralatan atau sebuah item, ataupun mengembalikannya ke kondisi tertentu (Dhillon, 2006). Terdapat juga dalam buku yang ditulis oleh Ansori dan Mustajab (2013) yang memberi penekanan inti definisi dari pemeliharaan atau maintenance adalah sebuah aktifitas yang dikerjakan untuk menjaga kualitas dari sebuah mesin atau peralatan supaya dapat berfungsi seperti kondisi awal dari mesin tersebut.

Menurut Mobley (2008) terdapat beberapa keuntungan yang didapat dengan melakukan pemeliharaan dengan baik dan benar sebagai salah satu strategi perusahaan, seperti :

1. Menurunkan tingkat biaya dari suatu pemeliharaan (pembelian suku cadang dan biaya overtime)

2. Membuat sebuah peralatan memiliki stabilitas proses yang baik
3. Memperpanjang umur pakai (life time) dari sebuah peralatan dan mesin
4. Memberikan tingkat keamanan dan keselamatan yang tinggi bagi karyawan atau operator
5. Mengurangi dampak kerusakan bagi lingkungan sekitar

Strategi dari pemeliharaan pada sebuah mesin dapat berbeda-beda antara satu mesin dengan mesin yang lainnya. Perbedaan itu dapat dikategorikan atau diklasifikasikan menurut beberapa kategori kondisi dari sebuah mesin. Hal tersebut dapat berimbas pada implementasi pemeliharaan pada sebuah mesin dapat menjadi lebih efektif. Klasifikasi dari kondisi sebuah mesin yang menjadi sasaran sistem pemeliharaan menurut Scheffer dan Girdhar (2004) dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

1. Kategori kritis

Mesin atau peralatan yang masuk dalam kategori ini adalah sebuah mesin yang memiliki dampak yang sangat signifikan ketika mengalami kegagalan dan dapat membahayakan lingkungan sekitar juga menghambat seluruh kegiatan operasional. Didalam kategori ini sebuah mesin yang dilakukan pemeliharaan dengan baik dan tepat waktu dapat memiliki dampak bagi sebuah perusahaan berupa peningkatan efisiensi hingga penghematan energi.

2. Kategori Umum

Mesin atau peralatan yang masuk dalam kategori ini adalah sebuah mesin yang tidak memiliki dampak bagi lingkungan sekitar ketika mengalami kegagalan serta tidak memberikan dampak yang signifikan bagi kegiatan operasional pada sebuah perusahaan. Mesin atau peralatan yang ada didalam kategori ini juga memiliki cadangan guna menggantikan fungsinya pada sebuah kegiatan operasional.

3. Kategori Esensial

Mesin atau peralatan yang masuk dalam kategori ini adalah sebuah mesin yang memiliki potensi membahayakan lingkungan sekitar akan tetapi pemeliharaan pada mesin ini tidak memerlukan waktu yang lama dan biaya yang terlalu tinggi ketika mengalami kegagalan. Mesin pada kategori ini sangat memerlukan perawatan berkala.

Tujuan utama dari sebuah pemeliharaan pada mesin atau peralatan adalah sebagai berikut :

1. Kualitas dari sebuah mesin akan dapat memenuhi kebutuhan dari kegiatan operasional sebuah perusahaan.
2. Membantu mengurangi penyimpangan kegagalan diluar batas dan menjaga aset dari sebuah perusahaan.
3. Mengurangi tingkat biaya maintenance yang dikeluarkan oleh perusahaan.
4. Memberikan tingkat keamanan dan keselamatan yang tinggi bagi karyawan atau operator yang menggunakan mesin tersebut.
5. Mengurangi downtime yang dapat berimbas pada kualitas dari operasional sebuah perusahaan.

Sistem dari sebuah maintenance menurut Bengtsson (2004) dapat diklasifikasikan menjadi dua garis besar yaitu :

1. Corrective maintenance

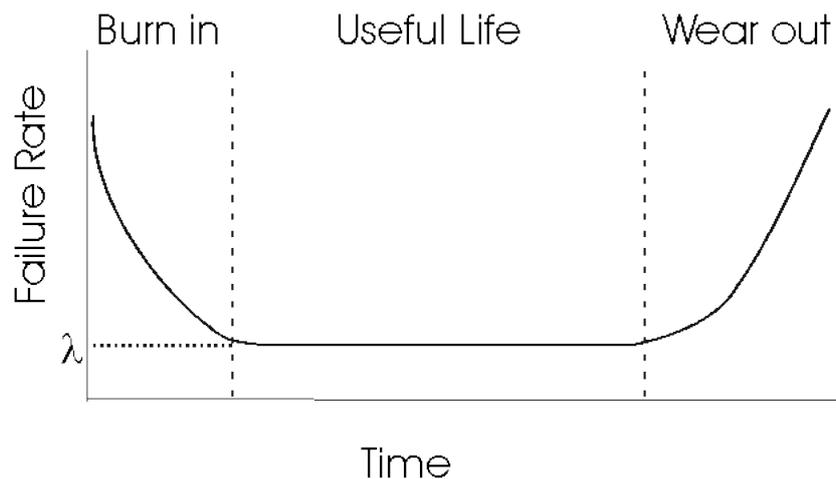
Corrective maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan ketika suatu mesin atau peralatan mengalami kegagalan. Suatu pemeliharaan yang dilakukan setelah mengenali kerusakan yang terjadi dan memiliki tujuan untuk mengembalikan ke kondisi semula. Tipe pemeliharaan ini dibagi menjadi dua yaitu pemeliharaan korektif langsung dan pemeliharaan korektif tertunda. Pemeliharaan korektif langsung dilakukan apabila mesin tersebut dapat mengganggu keseluruhan operasional di perusahaan.

2. Preventive Maintenance

Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam jangka waktu (interval) yang sudah ditentukan dalam perencanaan jadwal bulanan atau tahunan dengan tujuan mengurangi tingkat kegagalan atau degradasi fungsi dari sebuah mesin. Bengtsson menjelaskan bahwa preventive maintenance menggunakan teknik peramalan yang berdasarkan dari data hasil pengawasan secara langsung untuk memperkirakan kondisi mesin dimasa mendatang.

2.5. Kurva Laju Kegagalan

Pada bagian ini menjelaskan terkait kurva yang menunjukkan pola laju kegagalan sesaat yang bersifat umum bagi setiap mesin atau peralatan. Kurva ini dikenal dengan istilah kurva bak mandi (bathup curve) karena bentuk kurvanya. Sistem yang mempunyai fungsi laju kegagalan ini akan mengalami penurunan laju kerusakan pada awal siklus penggunaannya, kemudian akan mendekati laju konstan saat berada pada siklus pemakaiannya (usia pakai), lalu mengalami peningkatan laju kegagalan pada masa melewati usia pakai dari sebuah mesin tersebut. Kurva bak mandi (bathup curve) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2. Kurva Siklus Hidup Mesin atau Peralatan (bathup curve)

Kurva diatas terbagi atas 3 fase, yaitu

1. Fase Burn-in

Fase ini terdiri atas periode 0 hingga t_1 . Kurva akan menunjukkan laju kegagalan menurun dengan bertambahnya waktu pemakaian dari sebuah mesin atau peralatan. Laju seperti ini dapat disebut dengan istilah Decreasing Failure Rate (DFR). Pada laju kegagalan ini umumnya diakibatkan oleh kesalahan ketika manufacturing sebuah mesin atau peralatan yang kurang sempurna sehingga menghasilkan kualitas yang rendah.

2. Fase Useful-Life

Fase ini terjadi antara periode t_1 dan t_2 . Laju kegagalan pada fase ini cenderung konstan dan memiliki istilah Constant Failure Rate (CFR). Pada fase ini kegagalan yang terjadi bersifat acak, yang artinya dapat terjadi akibat dari kondisi lingkungan atau kesalahan pemakaian dari operator.

3. Fase Wear-Out

Fase ini terjadi setelah periode t_2 . Laju kegagalan akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu pemakaian. Fase dapat disebut juga fase Increasing Failure Rate (IFR). Pada fase ini kegagalan disebabkan oleh hal-hal yang terjadi saat suatu mesin atau peralatan melewati usia pakainya seperti keausan peralatan, kelelahan, dan korosi.

2.6. *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mencari, mengidentifikasi, serta mengklasifikasikan sebuah kegagalan dari suatu mesin atau peralatan. FMEA pada penelitian ini digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat keparahan dampak dari suatu kejadian kegagalan sebuah mesin atau peralatan yang ada di sebuah perusahaan. Parameter yang ada didalam suatu metode FMEA ada 3 yaitu tingkat keparahan (severity), Tingkat kejadian (Occurance), dan metode deteksi (Detection). Kemudian hasil deteksi dari kedua parameter tersebut akan menghasilkan nilai Risk Priority Number (RPN) yang akan dijelaskan dibawah ini. FMEA merupakan salah satu alat dari six sigma yang digunakan untuk mengidentifikasi sumber atau penyebab dari suatu masalah kualitas. FMEA dapat dilakukan dengan cara :

- a. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan sebuah produk serta dampaknya. Dalam penelitian ini produk yang dimaksud adalah gedung apartemen XYZ yang memiliki beberapa unit kamar serta dampak yang terjadi berupa kerusakan pada unit yang cukup bervariasi mulai dari bidang civil, mechanical, electrical, dan plumbing.
- b. Mengidentifikasi tindakan yang dapat dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi kegagalan suatu produk.
- c. Mencatat setiap kejadian pada proses yang terjadi. Proses yang dimaksud dalam penelitian ini adalah proses pemeliharaan gedung apartemen XYZ.

Berikut dibawah ini adalah elemen-elemen dari proses metode FMEA :

1. Tingkat Keparahan (*Severity*)

Severity adalah penilaian terhadap suatu kejadian kegagalan tersebut memiliki tingkat keseriusan dampak yang tinggi atau rendah. Artinya setiap kegagalan akan di nilai berdasarkan efek dan dampak yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut.

2. Tingkat Kejadian (*Occurance*)

Occurence adalah sebuah kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan pada mesin atau peralatan yang digunakan selama waktu tertentu. *Occurance* merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi terjadinya kegagalan yang telah diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi pada suatu interval waktu tertentu.

3. Metode Deteksi (*Detection*)

Nilai *Detection* didapatkan dari pengukuran terhadap tingkat kemampuan mengendalikan atau mengontrol sebuah kegagalan yang dapat terjadi pada interval waktu tertentu.

4. *Risk Priority Number* (RPN)

Nilai ini merupakan hasil dari perkalian antara 3 parameter yang ada didalam metode FMEA. Nilai ini digunakan untuk menentukan prioritas dari sebuah penanganan kegagalan untuk sebuah mesin atau peralatan yang ada. Nilai ini akan membentuk sebuah ranking dari kegagalan-kegagalan yang dapat terjadi pada sebuah mesin atau peralatan dalam interval waktu tertentu.

2.7. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan sebuah cara yang tepat untuk memetakan kolom input ke dalam kolom output. Bagi sebuah sistem yang rumit, logika fuzzy dapat sangat membantu dalam penggunaannya. Fuzzy menjawab permasalahan yang memiliki tingkat kesulitan yang tinggi permodelan matematisnya. Logika fuzzy sangat baik digunakan untuk memberikan respon dari informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu.

Menurut teori terdapat 5 tahapan dari perancangan logika fuzzy seperti dibawah ini.



Sistem fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari Berkelay pada tahun 1965. Sistem fuzzy merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamis. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tak pasti.

Ada beberapa metode untuk merepresentasikan hasil logika fuzzy yaitu metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi direpresentasikan himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan monoton. Output hasil inferensi masing-masing aturan adalah z , berupa himpunan biasa (*crisp*) yang ditetapkan berdasarkan predikatnya. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya. (Sri Kusumadewi, 2002:108)

Pada metode Mamdani, aplikasi fungsi implikasi menggunakan *MIN*, sedang komposisi aturan menggunakan metode *MAX*. Metode Mamdani dikenal juga dengan metode *MAX-MIN*. Inferensi output yang dihasilkan berupa bilangan fuzzy maka harus ditentukan suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output. Proses ini dikenal dengan defuzzifikasi.

Input dari proses Defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output.

Ada beberapa metoda yang dipakai dalam defuzzifikasi:

a. Metode Centroid.

Pada metode ini penetapan nilai *crisp* dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

b. Metode Bisektor.

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan seperti dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy.

c. Metode Means of Maximum (MOM).

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode Smallest of Maksimum (SOM).

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.8. Fault Tree Analysis (FTA)

2.8.1 Pengertian *Fault Tree Analysis*

Fault tree analysis adalah salah satu teknik yang dapat diandalkan, dimana kegagalan yang tidak diinginkan, diatur dengan cara menarik kesimpulan dan dipaparkan dengan gambar. FTA adalah salah satu diagram satu arah dan menghubungkan informasi yang dikembangkan dalam analisa cara kegagalan dan akibatnya (*failure mode and effect analysis*, FMEA) (Ebeling, 1997).

Hasil dari pengaturan ini merupakan satu struktur yang mirip pohon, yang disajikan dalam bentuk grafis dari satu logika Boolean yang dihubungkan dengan kegagalan sistem luar biasa dinamakan “kejadian TOP”, dan dapat berkembang ke kegagalan dasar yang dinamakan “kejadian mula”.

Sebagai contoh, kejadian TOP dapat menjadi kejadian dari reaktor secara sistem untuk bekerja, sewaktu terjadi penyimpangan dengan kejadian mula sebagai kegagalan dari masing-masing komponen secara sistem.

Pada mulanya, dengan kejadian TOP dan menuju ke kejadian mula, konstruksi “*fault tree*” adalah salah satu yang dapat digunakan untuk menarik kesimpulan.

Nilai dari “*fault tree*” adalah :

- Mengarahkan analisa guna menyelidiki dengan seksama kegagalan-kegagalan.
- Menunjukkan aspek dari sistem yang penting buat kegagalan yang diperhatikan.
- Menyediakan bantuan grafis guna memberi gambaran pada mereka di dalam manajemen sistem yang dialihkan dari sistem perubahan desain.
- Menyediakan pilihan guna sistem analisa yang terpercaya kualitatif dan kuantitatif.
- Menyediakan satu gambaran ke dalam sifat sistem.

2.8.2 Fungsi FTA (*fault Tree Analysis*)

Fault tree analysis ialah diagram yang digunakan untuk mendeteksi adanya gejala supaya mengetahui akar penyebab suatu masalah, dimulai dari kejadian puncak TOP (puncak).

2.8.3 Langkah-langkah Utama FTA

Langkah-langkah utama adalah sebagai berikut :

1. Definisi dari sistem, TOP *event* (kecelakaan potensial), dan batasan masalah.
2. Pembuatan FTA (*fault tree analysis*).
3. Identifikasi kemungkinan.
4. Analisis Kualitatif.
5. Analisis Kuantitatif.
6. Pelaporan (*report*).

2.8.4 Simbol FTA (*Fault Tree Analysis*)

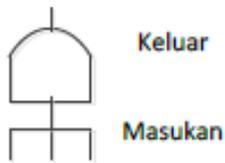
Ada dua macam bangunan balok yaitu : simbol pintu dan simbol kejadian.

1. Simbol Pintu (*gate symbol*)

Simbol pintu menghubungkan kejadian-kejadian sesuai dengan hubungannya yang menyangkut sebab.

Satu pintu dapat mempunyai satu atau lebih kejadian masuk tetapi hanya ada satu kejadian ke luar. Simbol pintu tersebut yang menjadi perhatian, dan keterangan singkat dari arti adalah sebagai berikut:

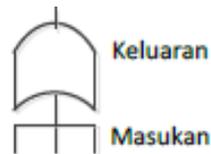
- Pintu “DAN”



Pintu “DAN” adalah operasi antar seksi dari set-set; yaitu satu kejadian ke luar terjadi, jika dan hanya jika semua masukan terjadi.

Keluar Masukan

- Pintu “ATAU”



Pintu “ATAU” adalah kesatuan operasi dari set-set; yaitu kejadian ke luar terjadi, jika satu atau lebih dari masukan terjadi.

Keluaran Masukan

- Pintu “TRANSFER”



Simbol pintu “TRANSFER” menyediakan satu alat guna mencegah pengulangan bagian dari “*fault tree*”. Pintu “*transfer out*” mewakili semua cabang yang mengukutinya, digambarkan dengan simbol, katakanlah 1 dan menunjukkan bahwa cabang telah diulangi di tempat lain. Pintu, “*transfer-in*” mewakili cabang (dalam hal ini 1) yang telah digambarkan di tempat lain, dan daripada menggambar lagi adalah cukup dengan masukan pada titik tersebut. 19

Transfer Keluaran Transfer Masukan

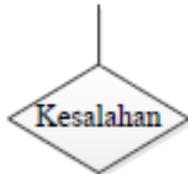
2. Simbol Kejadian (*event symbol*)

- “Lingkaran”



Lingkaran mewakili satu kejadian kesalahan dasar yang tidak memerlukan pemeriksaan lebih lanjut, karena kemungkinan kejadian semacam itu berasal dari data empiris atau analisa fisik satu kegagalan.

- “Belah ketupat”



Belah ketupat mewakili kejadian kesalahan yaitu yang diduga mendasar dalam satu “*fault tree*” Kejadian ini dapat dibagi lebih lanjut untuk menunjukkan bagaimana ia diakibatkan oleh kegagalan dasar, tetapi tidak dikembangkan, baik karena kurangnya makna dalam kesalahan semacam itu atau karena kurangnya detail yang cukup untuk mengembangkannya.

Kesalahan

- “segi empat panjang”



Segi empat panjang mewakili suatu kejadian sebagai hasil dari kombinasi dari macam kejadian yang duraikan di atas melalui masukan dari pintu yang sesuai. 20

Langkah akhir adalah menentukan tiap pernyataan kata dalam pohon batas frekuensi (misal : kejadian/tahun) dan di mana terkait kesamaan keadaan dalam hal ini lamanya (misal : jumlah jam rata-rata tiap kejadian). Bila terjadi interaksi yang sangat berpengaruh antara operator dengan fasilitas peralatan, maka diperlukan kemungkinan rata-rata mengenai tindakan yang gagal dari operator tersebut.

Jika data (angka) dari tiap kejadian telah digabungkan, maka angka diolah dengan mulai memberi masukan pertama pada tiap cabang dari pohon dan diteruskan ke masukan akhir. Kejadian masukan melalui satu pintu “ATAU” hanya dijumlah.

2.8.5 Nilai dari FTA

- Mengarahkan analisa guna menyelidiki dengan seksama kegagalan-kegagalan.
- Menunjukkan aspek dari sistem yang penting buat kegagalan yang diperhatikan.
- Menyediakan bantuan grafis guna memberi gambaran pada sistem manajemen yang dialihkan dari sistem perubahan desain.
- Menyediakan pilihan guna sistem analisa yang terpercaya secara kualitatif dan kuantitatif.
- Menyediakan satu gambaran ke dalam sifat sistem.

2.8.6 Analisa Pohon Kesalahan (*Fault Tree Analysis*)

Sebuah pohon kesalahan adalah sebuah tool grafis yang melakukan pencatatan semua mode kesalahan dari sebuah sistem yang rumit menjadi kombinasi logika, hubungan sederhana gerbang AND dan OR. Kesalahan-kesalahan yang dimaksud disini adalah kesalahan komponen. Data yang baik dapat dipakai sebagai dasar kesalahan (kegagalan) dari seluruh komponen-komponen kritis, sedangkan analisis pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis/FTA*) dapat membangkitkan kesalahan-kesalahan dasar yang telah diduga sebelumnya pada keseluruhan sistem.

Teknik FTA pada teknik industri digunakan dengan cara membuat sebuah pohon yang menggambarkan hubungan sebab akibat antara vektor penyerang dengan kesalahan sistem. Aplikasi dari tindak balas diharapkan akan memangkas cabang-cabang dari pohon kesalahan sehingga seluruh akibat dapat dibandingkan. FTA didasarkan pada asumsi kembar, kegagalan komponen secara random sesuai dengan hasil statistik dan pada level terendah pohon kesalahan, kesalahan komponen tidak tergantung dengan yang lainnya.

2.8.7 Solusi FTA

Solusi FTA bisa dikerjakan dengan dua cara yaitu dengan :

- Program komputer (pendekatan probabilistik menggunakan simulasi numerik). Hasil yang diharapkan dari program ini adalah menentukan minimal cut-set (analisis kualitatif), dan frekuensi kejadian puncak (analisis kuantitatif).
- Perhitungan sederhana menggunakan diagram FTA dengan cara manual, sedangkan untuk sistem yang besar dan kompleks membutuhkan tenaga dan waktu yang banyak.

Output yang akan diperoleh dari proses FTA adalah peluang munculnya kejadian yang paling kritis tersebut dan memperoleh akar permasalahannya serta penyebab terjadinya kejadian tersebut. Akar permasalahan tersebut kemudian digunakan untuk memperoleh urutan prioritas solusi dari permasalahan yang ada.

2.9. Fuzzy-FMEA

Di dalam literatur, ada banyak aplikasi dari Fuzzy-FMEA. Guimaraes dan Lapa (2004) menggunakan Fuzzy-FMEA untuk menganalisis sistem kontrol volume dan kimia dalam sebuah plant tenaga nuklir. Mereka menerapkan sistem inferensi fuzzy untuk mengevaluasi fuzzy RPN yang didapatkan menggunakan contoh sederhana. Xu et al (2002) mengembangkan teknik fuzzy-FMEA untuk sistem turbo cas untuk sebuah mesin diesel. Dalam penelitian ini kegagalan atau kerusakan yang terjadi dianggap sebagai sebuah risiko dan dieksplorasi menggunakan variabel linguistic. Sharma et al (2005) mengusulkan pendekatan FMEA untuk memprioritaskan mode kegagalan untuk sistem hidrolis. Di dalam pendekatannya, parameter input di representasikan sebagai sebagai anggota himpunan dari sistem fuzzy dan dievaluasi melalui aturan-aturan inferensi dari fuzzy. Keskin dan Ozkan (2009) memperkenalkan metode yang disebut sebagai teori adaptif fuzzy untuk mengevaluasi nilai PRN di FMEA. Teori ini digunakan untuk suatu kelompok kegagalan dari sebuah sistem. Teori pendekatan ini membahas kelemahan yang ada pada FMEA klasik. Mereka juga menerapkan proses fuzzifikasi dengan bantuan perangkat lunak MATLAB 2007. Wang et al (2009) juga menggunakan fuzzy FMEA untuk memberikan peringkat bagi nilai RPN dari hasil evaluasi faktor risiko S, O, dan D sebagai variabel input sistem fuzzy tersebut.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang digunakan, mulai dari tahapan-tahapan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, hingga teknik-teknik yang digunakan untuk menganalisis data. Metode penelitian adalah sebuah cara dan prosedur ilmiah yang diterapkan untuk melaksanakan penelitian.

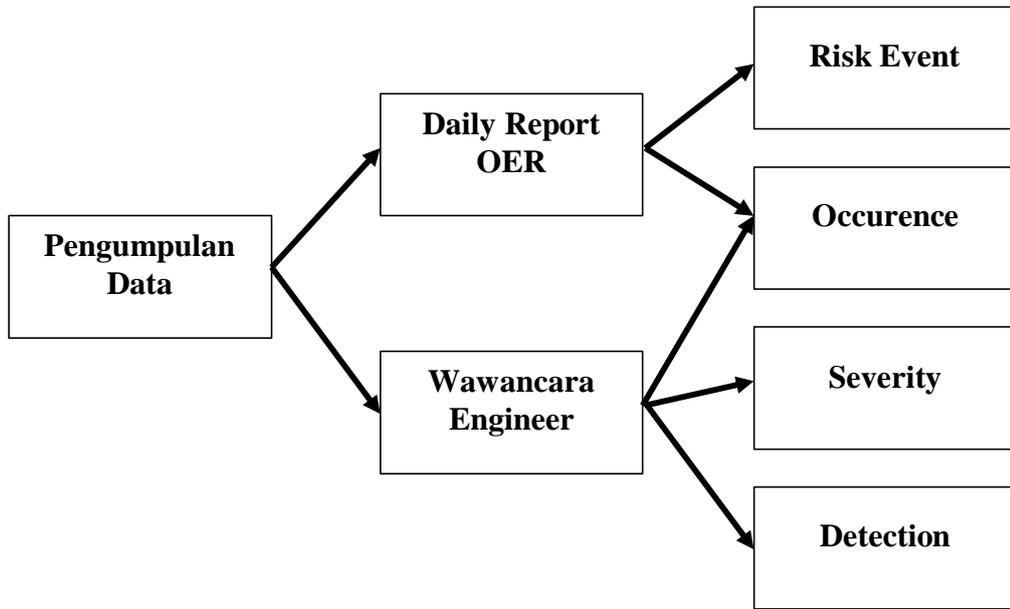
3.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan sebuah kegiatan yang dilakukan untuk mencari pedoman atau referensi yang dibutuhkan untuk menunjang dasar dari penelitian ini. Metode yang digunakan atau diterapkan dalam penelitian ini juga didapat atau direkomendasikan berdasarkan hasil dari studi literatur yang dilakukan. Studi literatur akan dilakukan pada tahap awal hingga akhir penelitian.

Pada penelitian ini penulis melakukan studi literatur dengan tujuan mencari kemungkinan risiko yang ada pada gedung bertingkat berdasarkan jurnal penelitian terdahulu. Studi literatur juga digunakan penulis untuk menentukan skala nilai dari severity, occurrence, dan detection yang lebih tepat untuk penelitian ini. Penulis mencari sumber referensi dari website science direct dan google scholar.

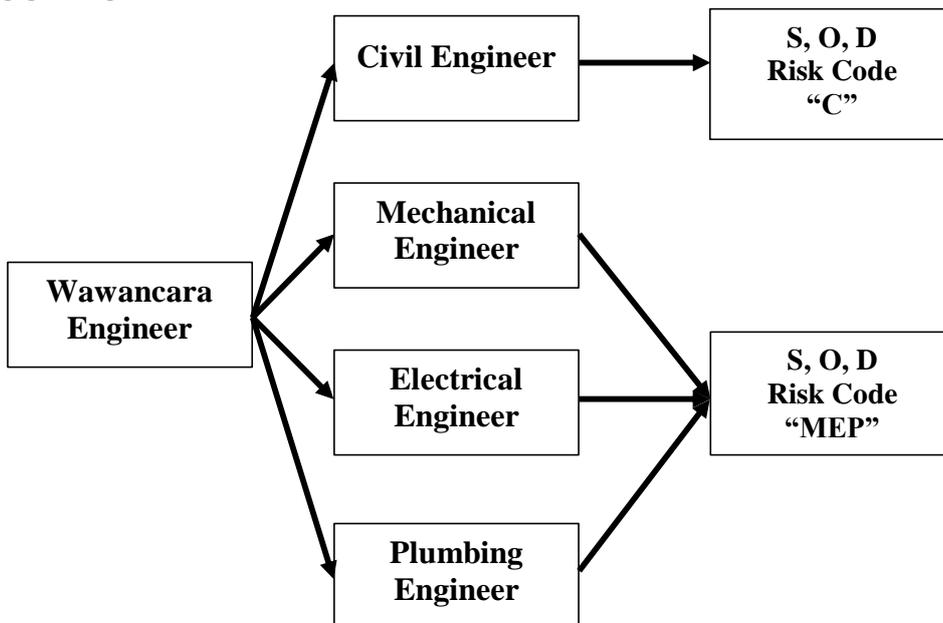
3.2. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan cara pengambilan data primer dari laporan harian operasional gedung apartemen XYZ. Dalam penentuan biaya dan rekomendasi dari pemeliharaan alat serta data kegagalan yang terjadi dikumpulkan dengan cara wawancara terhadap teknisi dan supervisor divisi engineering di gedung apartemen XYZ.



Gambar 3.1. Flowchart pengumpulan data

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data risk event terlebih dahulu melalui pengumpulan dan analisa daily report dari gedung apartemen XYZ. Setelah mendapatkan macam-macam risiko setelah itu mengumpulkan data severity, occurrence, dan detection melalui tahapan wawancara dengan Engineer yang bekerja di gedung apartemen XYZ. Wawancara dibagi menjadi empat bagian karena terdapat empat macam bagian dari divisi Engineering gedung XYZ.



Gambar 3.2. Flowchart pengumpulan data wawancara engineer

Wawancara dilakukan dengan menitik beratkan pengalaman dari engineering tersebut dalam menemukan risiko kegagalan yang ada dan apa saja yang dibutuhkan untuk menangani

risiko tersebut. Dari data material dan jasa yang dibutuhkan, maka penulis dapat mengklasifikasikan tingkat keparahan dari suatu risiko yang dapat terjadi di gedung apartemen XYZ. Untuk data Occurrence dari risk event didapat dari daily report gedung ABC yang diubah bentuk menjadi rangkuman ringkas seperti dibawah ini.

Berikut contoh Daily Report yang ada digedung ABC untuk divisi Engineering.

ENGINEERING DEPT.
A. Preventive Maintenance
- PM panel PDTR strata dan service
- PM panel Capacitor Bank strata dan service
- PM panel PDTM
- PM panel koridor dan tenant lantai 15
- PM panel koridor dan tenant lantai 21
B. Routine Activity
- Control area skypool dan rooftop
- menyalakan FCU & AHU lantai G & UG
- Control all equipment and utility
- Control area skypool dan rooftop
- Control all area after flicker
- Saving energy sistem penerangan dan sistem pendingin di beberapa area
- Bongkar island pembatas jalan arah Ram turun B2
- pembuatan Kanopi untuk atap pompa bosster rooftop
C. Handling Complaint & Request
- Perbaikan Kebocoran di Unit 6F (Drain AC Buntu)
- Repair AC Sq Mart
- Cleaning AC FCU KULTUR HOUSE
D. Technician Incharge
- Shift 1: Junaidi, heri, diar, candra, irfan, abidin
- Shift 2: Marhen, towi, chollid
- Shift 3: Agung, Eko

Gambar 3.3. Daily Report Gedung apartemen XYZ untuk Engineering Division

Dari data daily report diatas kemudian dicatat apa saja risiko yang ada lalu diklasifikasikan kedalam empat macam tipe risiko dan mencatat risiko yang berulang kedalam table FMEA untuk kemudian dilakukan tahap identifikasi risiko.

3.3. Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko adalah upaya untuk menghimpun risiko yang ada didalam proses operasional gedung apartemen XYZ serta mengklasifikasikan risiko tersebut menjadi kelompok-kelompok *risk event*. Kelompok dari risk event dibagi menjadi 4 macam yaitu civil, mechanical, electrical, dan plumbing. Identifikasi risiko ini didasarkan oleh suatu objek dan pekerjaan perbaikan yang dilakukan. Subjek dari tiap macam risiko juga berbeda berdasarkan spesialis dari masing-masing engineer di tiap bagian yang ada di gedung apartemen XYZ. Berikut contoh identifikasi risiko yang ada didalam penelitian ini :

Tabel 3.1. Identifikasi Risiko di gedung apartemen XYZ

Kode Risiko		Kejadian Risiko
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah
	C2	Perbaikan Pintu
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut
	C4	Dinding retak
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai
	M2	Instalasi listrik nge trip
	M3	Lampu padam
	M4	FD Buntu (Repair)
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS

Berdasarkan tabel identifikasi risiko diatas maka dapat dilakukan penilaian risiko untuk tiap-tiap bagian bukan secara keseluruhan. Jadi untuk risiko yang bersifat kritis atau memiliki nilai RPN yang tinggi bukan diambil secara peringkat keseluruhan akan tetapi peringkat nilai RPN untuk tiap bagian atau macam dari risiko tersebut. Setelah dilakukan identifikasi dan klasifikasi secara tepat lalu dilanjutkan dengan tahapan penilaian risiko dari masing-masing risiko untuk tiap macam risiko.

3.4. Penilaian Risiko

Penilaian risiko dilakukan untuk mendapatkan nilai *RPN (Risk Priority Number)* berdasarkan tiga aspek yaitu *severity (S)*, *occurance (O)*, dan *detection (D)*. Pemberian nilai pada setiap aspek didasari oleh data *daily report*, biaya perbaikan yang dikeluarkan untuk sebuah risiko, dan waktu serta tingkat kesulitan pengerjaan perbaikan atau penanganan dari risiko tersebut. Biaya perbaikan didapat dari kebijakan pengelola gedung sedangkan waktu dan tingkat kesulitan perbaikan didapatkan dari *in depth interview* dengan teknisi yang bekerja dibawah pengelola gedung.

Tabel 3.2. *Failure modes and effect analysis* gedung apartemen XYZ

Risk Code	Risk Event	Frekuensi (O)	Waktu (D)	Biaya (S)	RPN
Civil	C1	Plafon Retak			
	C2	Pintu utama rusak/gagal sistem			
	C3	Parquet rusak/retak/lendutan			
	C4	Dinding Retak			
MEP	M1	AC rusak/freon/kebocoran			
	M2	Instalasi listrik ngetrip			
	M3	Lampu utama mati			
	M4	FD Buntu/mampet			
	M5	Kerusakan inslatasi landing valve			
	M6	Wastafel buntu/mampet/retak			
	M7	Saluran closet buntu/ u trap rusak			
	M8	Kekurangan daya instalasi listrik			
	M9	Kebocoran pipa sprinkler			
	M10	Kerusakan smoke/heat detector			

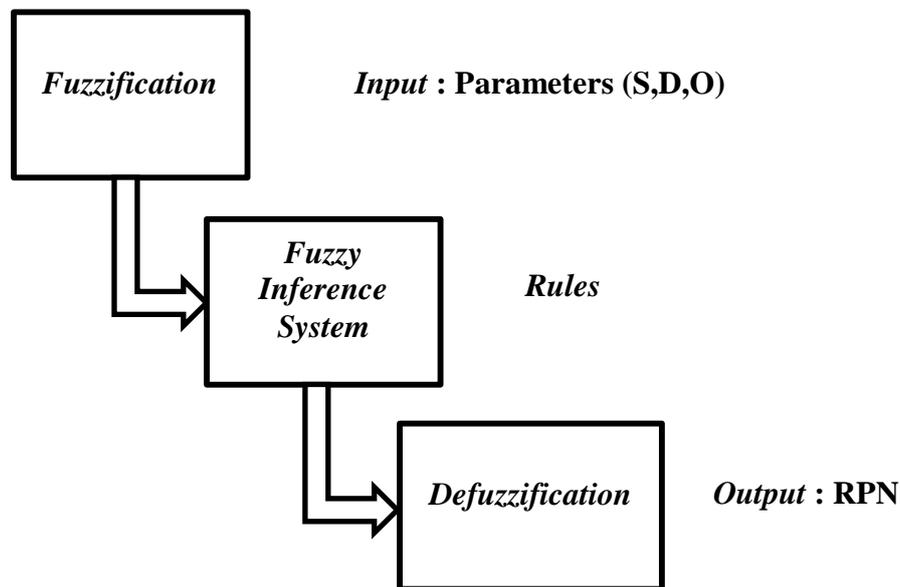
Berdasarkan tabel diatas nilai dari frekuensi (O) hasil pencatatan *daily report* yang ada di gedung apartemen XYZ. Data waktu pengendalian (D) didapatkan dari hasil interview engineer di gedung apartemen XYZ. Data biaya mewakili tingkat keparahan dari suatu risiko yang didapatkan dari Rencana anggaran biaya yang diajukan oleh pihak engineer untuk melakukan perbaikan. Kemudian dari ketiga data yang digunakan untuk proses analisa risiko menggunakan metode Fuzzy-FMEA untuk mendapatkan kondisi risiko yang kritis berdasarkan peringkat nilai RPN dari masing-masing risiko.

3.5. Analisis Risiko

Analisa risiko dilakukan untuk mendapatkan risiko yang bersifat kritis. Artinya risiko tersebut memiliki dampak yang besar bagi proses operasional gedung apartemen XYZ dan juga

memerlukan biaya besar untuk penanganannya. Risiko yang bersifat kritis kemudian perlu dilakukan tindakan mitigasi untuk mencegah atau meminimalisir dampak risiko tersebut.

Pada penelitian ini analisis risiko menggunakan metode fuzzy-FMEA yang merupakan sebuah metode untuk menganalisa sebuah risiko dan menentukan tingkat kritis dari suatu risiko. Berikut tahapan yang dilakukan dalam melakukan analisis risiko menggunakan metode Fuzzy-FMEA.



Gambar 3.5. Flowchart dari sistem fuzzy

Penggunaan logika fuzzy pada proses pengolahan dan analisa data karena risiko-risiko yang ada bersifat kualitatif karena pada masing-masing kejadiannya, nilai biaya yang dikeluarkan juga belum pasti. Karena keraguan ini maka dibutuhkan logika fuzzy yang dipadukan dengan metode FMEA. Selain biaya, waktu pengerjaan dan pendeteksian dari risiko juga tidak akurat karena hanya berdasarkan dari pengalaman pekerja yang didapat dalam proses in depth interview.

Pada proses awal perancangan Fuzzy-FMEA penulis harus menentukan nilai skala dari tiap kejadian yang digunakan untuk mengukur tingkat kritis dari suatu risiko. Proses fuzzifikasi pada penelitian ini dilakukan untuk ketiga parameter yaitu severity, occurrence, dan detection dari masing-masing macam risiko yang ada.

Langkah pertama yang dilakukan adalah merubah nilai reality dari severity, occurrence, dan detection dari tiap-tiap macam risiko menjadi nilai parameter yang akan dijadikan input logika fuzzy.

Tabel 3.2. Perubahan nilai Parameter Civil Risk

No	Risk Event	Frekuensi (O)	Formulasi	Rank Frekuensi
1	Plafon Retak	20	INTERPOLASI	
2	Pintu utama rusak	4		
3	Parquet rusak	13		
4	Dinding retak	30		

No	Risk Event	Biaya (S)	Formulasi	Rank Biaya
1	Plafon Retak	250000	INTERPOLASI	
2	Pintu utama rusak	500000		
3	Parquet rusak	150000		
4	Dinding retak	350000		

No	Risk Event	Waktu (O)	Formulasi	Rank Biaya
1	Plafon Retak	120	INTERPOLASI	
2	Pintu utama rusak	240		
3	Parquet rusak	90		
4	Dinding retak	180		

Tabel 3.3. Parameter Frekuensi

Frequency Parameter					
Rank	1	2	3	4	5
Value	Event possible but extremely unlikely	Event very unlikely	Event unlikely	Event likely	Current event
Linguistic Term	VL	L	M	H	VH

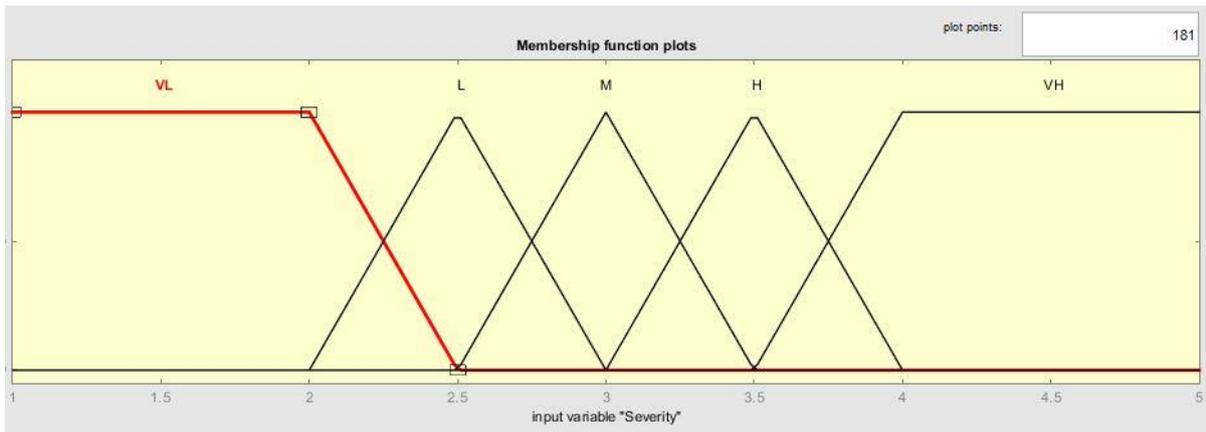
Tabel 3.4. Parameter Severity

Severity Parameter					
Rank	1	2	3	4	5
Value	Moderate	Serious	Important	Catastrophic	Disastrous
Linguistic Term	VL	L	M	H	VH

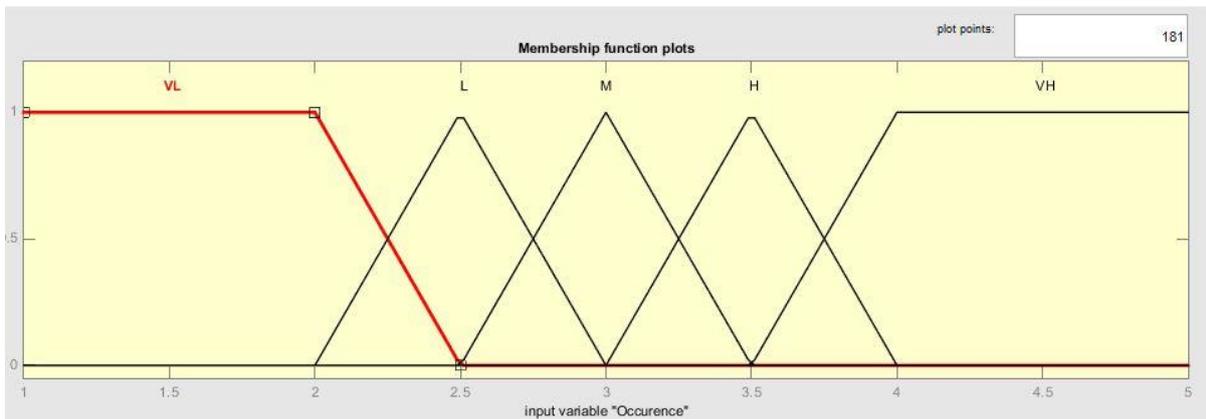
Tabel 3.5 Parameter Deteksi

Detectability Parameter				
Rank	1	2	3	4
Value	Easy detectable	Little sign	No sign	Expertise
Linguistic Term	VL	L	M	H

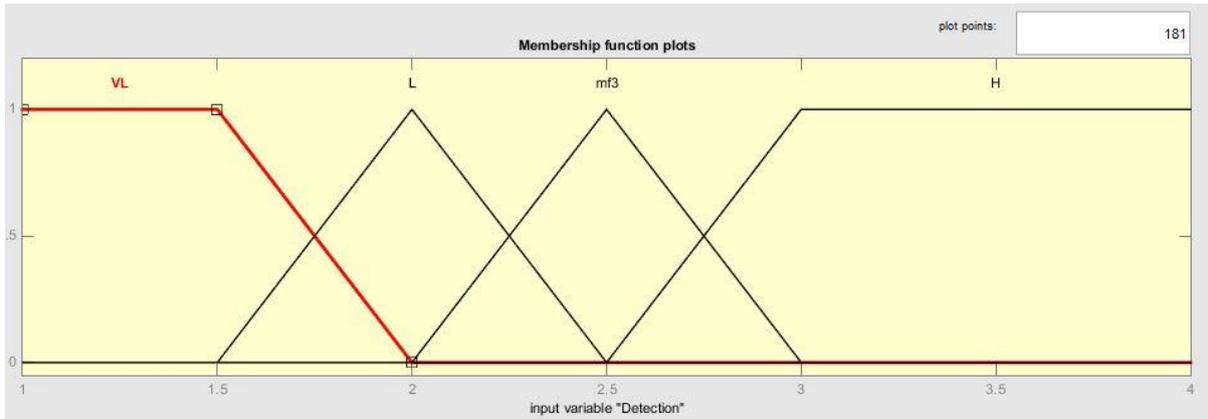
Setelah merubah nilai yang ada ke dalam skala dari nilai input fuzzy setelah itu dilakukan fuzzyfikasi.



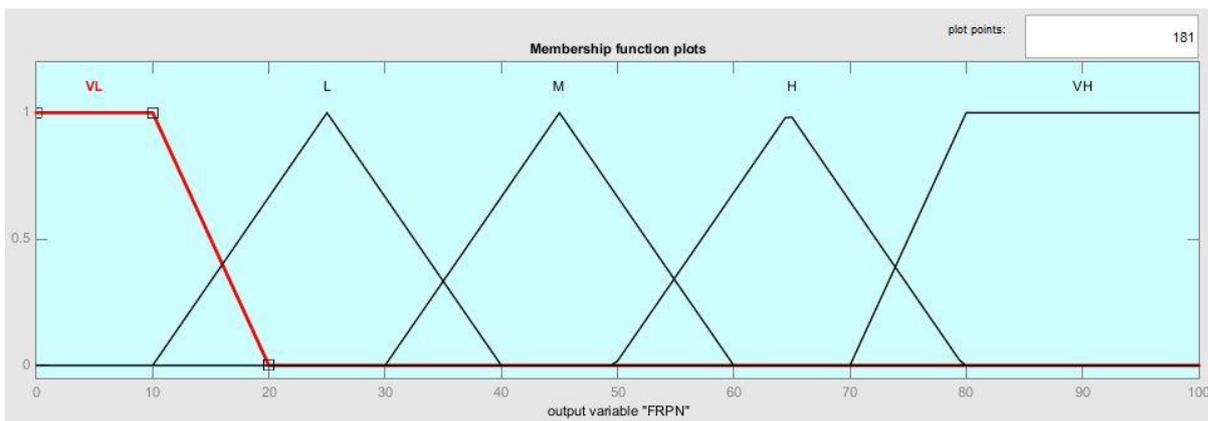
Gambar 3.6. Input variabel severity



Gambar 3.7. Input variabel Occurence



Gambar 3.8. Input variabel detection



Gambar 3.9. Output variabel FRPN

Setelah menetapkan area input untuk masing-masing variabel yang ada maka tahap berikutnya adalah pembuatan aturan fuzzy, seperti berikut.

Tabel 3.6. Tabel aturan fuzzy

RPN		D=VL				
		VL	L	M	H	VH
S	VL	VL	VL	VL	VL	VL
	L	VL	VL	VL	L	L
	M	VL	L	M	M	M
	H	L	M	M	M	H
	VH	L	M	M	H	H

D=L	
-----	--

RPN		F				
		VL	L	M	H	VH
S	VL	VL	VL	L	L	L
	L	L	L	M	M	M
	M	L	M	M	M	H
	H	M	M	H	H	H
	VH	M	H	H	H	H

D=M						
RPN		F				
		VL	L	M	H	VH
S	VL	L	L	L	M	M
	L	L	L	M	M	M
	M	L	M	M	H	H
	H	M	M	H	H	H
	VH	M	H	H	H	VH

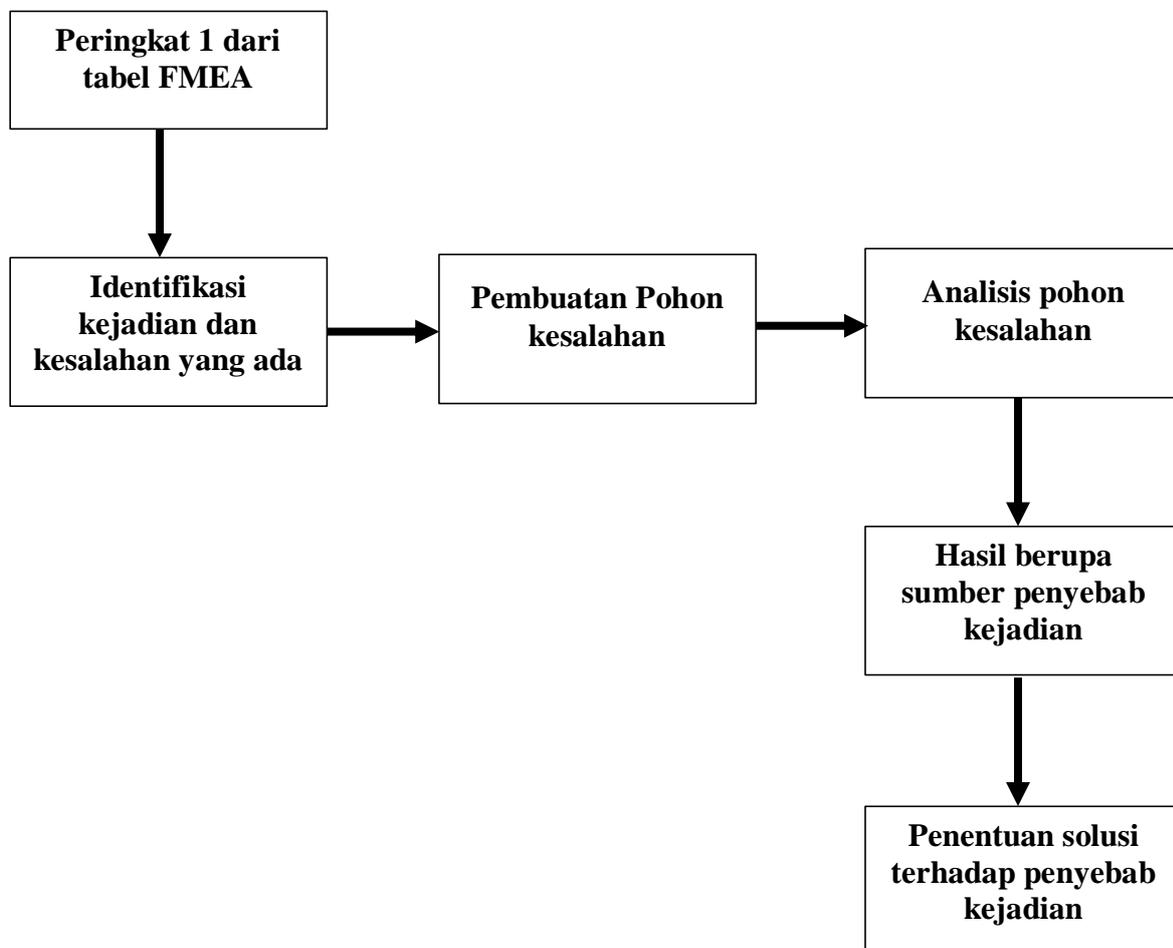
D=H						
RPN		F				
		VL	L	M	H	VH
S	VL	L	L	M	M	M
	L	L	M	M	M	M
	M	M	M	H	H	H
	H	M	H	H	VH	VH
	VH	H	H	VH	VH	VH

Tabel aturan yang dibuat untuk mengeluarkan hasil dari plot FRPN dari input parameter-parameter yang ada, setelah itu dilakukan proses defuzzifikasi dan penentuan peringkat dari nilai FRPN tertinggi yang berarti memiliki sifat risiko kritis. Setelah mendapat risiko kritis, lalu dilakukan tahan mitigasi risiko untuk risiko tersebut.

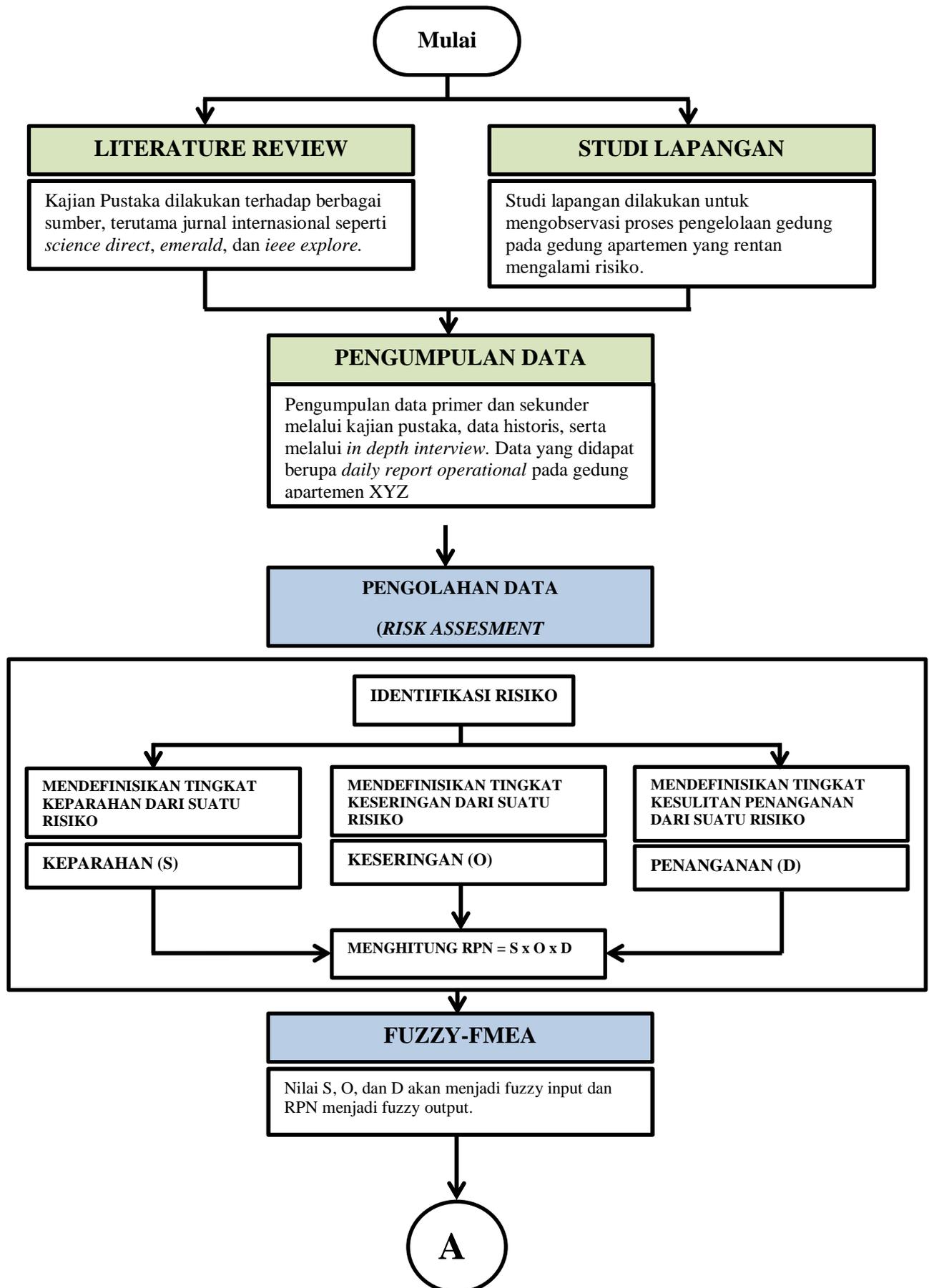
3.6. Rencana Mitigasi Risiko

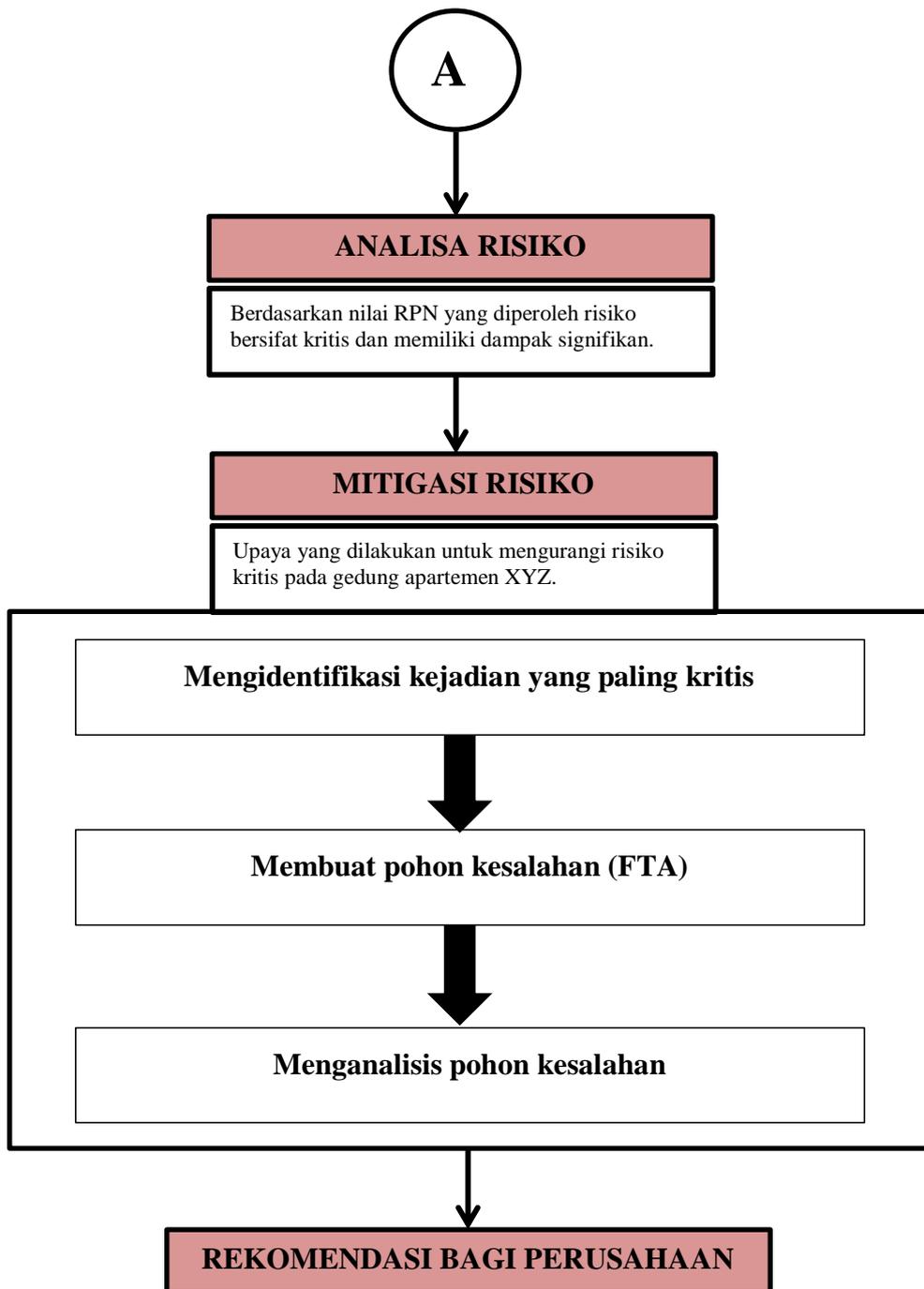
Rencana mitigasi risiko perlu dibuat sebagai rekomendasi kepada pihak pengelola gedung untuk dilakukan. Mitigasi risiko bertujuan untuk mengurangi dampak dari suatu risiko. Rencana mitigasi risiko didalam penelitian ini bertujuan untuk mengurangi frekuensi terjadinya suatu risiko yang dapat menimbulkan kerugian bagi pihak pengelola gedung. Didalam penelitian ini Rencana Mitigasi risiko akan didapat dari pembuatan Fault Tree Analysis (FTA).

Setelah dapat peringkat tertinggi atau yang paling kritis dari sebuah risiko atau kejadian yang ada lalu di buat kan pohon kesalahan dari risiko tersebut untuk kemudian dianalisa sehingga menghasilkan output berupa solusi penyelesaian dari risiko tersebut. Diagram alir dari tahap ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.10. Flowchart metode FTA





Gambar 3.11. Tahapan-tahapan penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengolahan Data

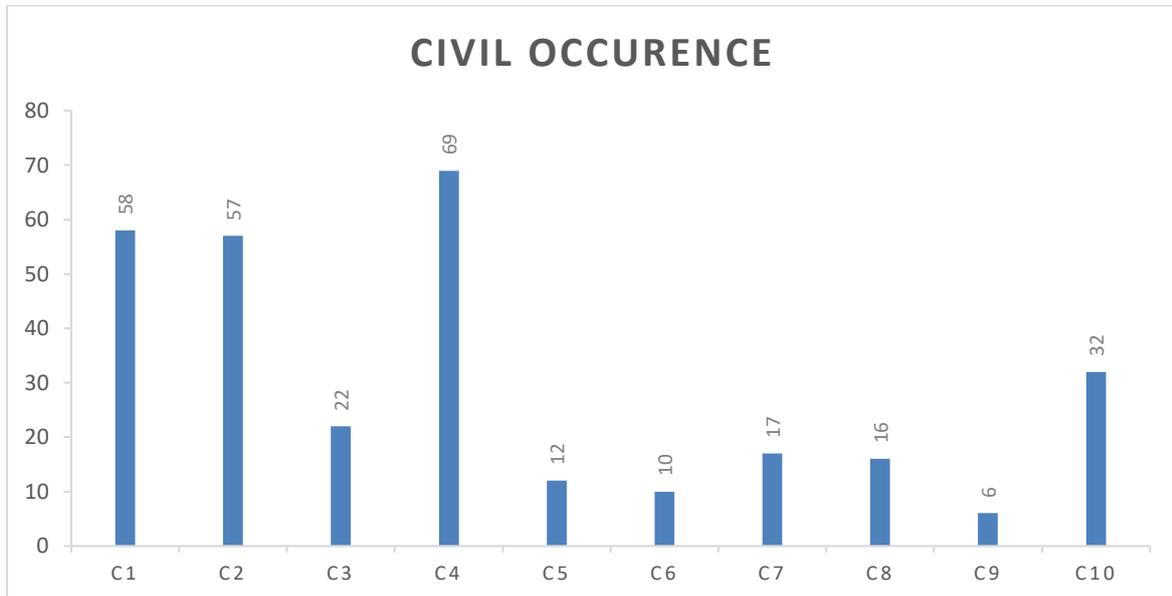
4.1.1. Pengukuran data

Data yang didapat dari *daily report* yang ada di departemen *engineering* kemudian di bagi menjadi 2 macam yaitu *Civil* dan *MEP* untuk selanjutnya dilakukan perhitungan data kejadian dan juga macam-macam risiko kejadian (*risk event*) yang ditangani.

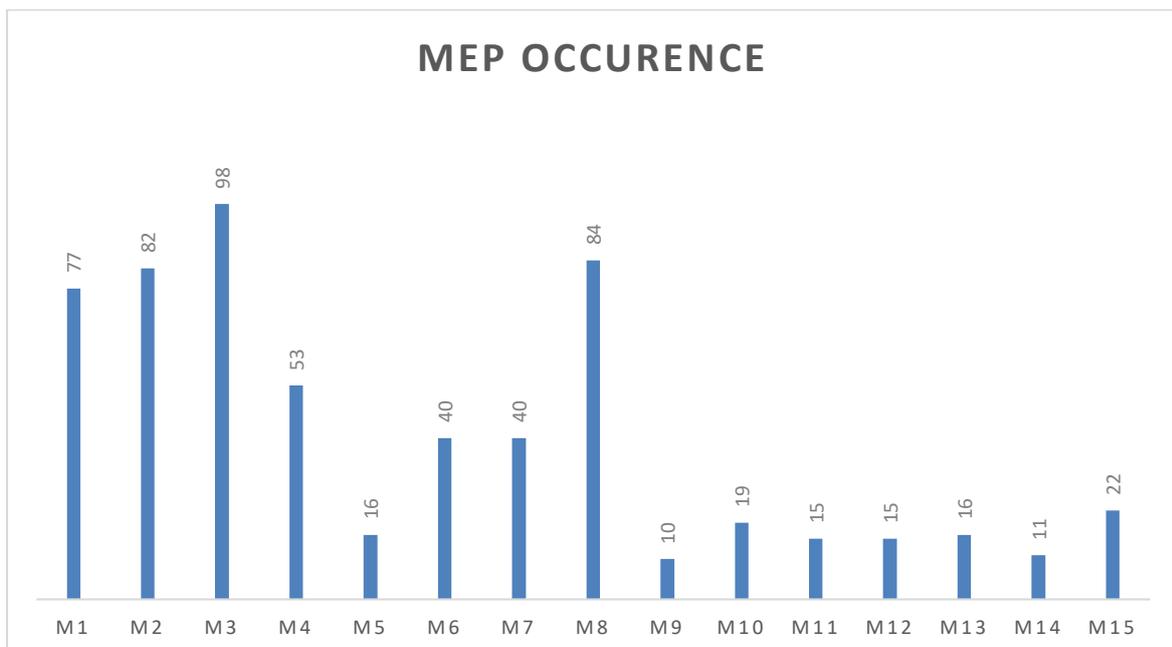
Tabel 4.1. Nilai Occurrence untuk Risk Event di Gedung apartemen XYZ

Kode Risiko	Kejadian Risiko	Occurrence						Total Kejadian
		Periode						
		1 Jun sd 11 Jul	12 Jul sd 5 Agus	6 Agus sd 5 Sept	6 Sept sd 6 Nov	7 Nov sd 30 Des		
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	23	13	7	10	5	58
	C2	Kerusakan Pintu utama	16	12	11	6	12	57
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	2	3	3	9	5	22
	C4	Dinding retak	24	16	10	10	9	69
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	4	4	1	2	1	12
	C6	Marmer pecah/retak	2	1	3	2	2	10
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	2	2	5	1	7	17
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	6	7	1	2	0	16
	C9	Frame balkon rusak	0	2	2	0	2	6
	C10	Batu alam pecah/retak	4	13	2	6	7	32
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	24	18	11	10	14	77
	M2	Instalasi listrik nge trip	21	14	17	19	11	82
	M3	Lampu padam	21	23	11	21	22	98
	M4	FD Buntu (Repair)	13	8	10	13	9	53
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	1	9	2	2	2	16
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	15	5	4	9	7	40
	M7	Closet/Urinoir rusak	8	8	9	7	8	40
	M8	Filter AC kotor	27	13	18	12	14	84
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	2	1	3	2	2	10
	M10	Kerusakan area skypool	5	9	2	1	2	19
	M11	Grease trap buntu/rusak	8	1	4	2	0	15
	M12	AHU/FCU bermasalah	3	6	3	3	0	15
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	6	4	3	2	1	16
	M14	Exhaust fan/blower rusak	4	2	1	2	2	11
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	7	2	5	2	6	22

Hasil perhitungan data diatas merupakan total jumlah kejadian risiko yang ada di gedung XYZ selama durasi 6 bulan. Kemudian dari data total kejadian diatas dirubah dalam skala tertentu untuk kemudian menjadi input dari sistem fuzzy. Selain digunakan sebagai input, data diatas juga menjadi data yang digunakan untuk perhitungan nilai RPN untuk FMEA klasik.



Gambar 4.1. Nilai Civil Occurence untuk Risk event di Gedung apartemen XYZ



Gambar 4.2. Nilai MEP Occurence untuk Risk event di Gedung apartemen XYZ

Dari hasil pengukuran diatas dapat dikatakan bahwa kejadian risiko terbanyak untuk bidang Civil adalah risk code C4 yaitu dinding retak dan kejadian risiko terbanyak untuk bidang MEP adalah risk code M3 yaitu instalasi listrik yang bermasalah di area gedung apartemen XYZ. Kejadian ini dihitung setelah kerusakan yang terjadi dilakukan perbaikan.

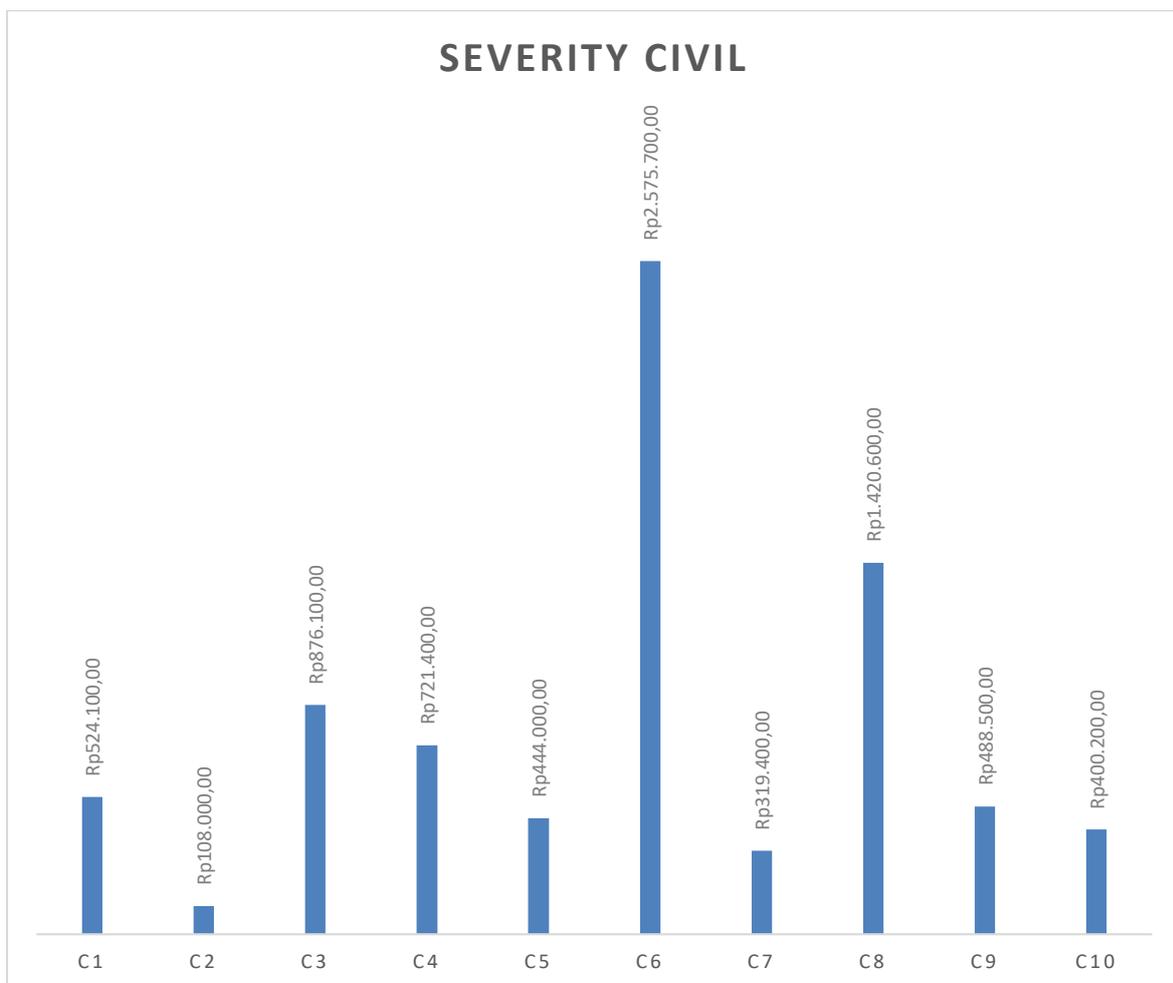
Data *severity* pada penelitian ini didapat dari data kejadian kerusakan yang telah terjadi mengakibatkan kerugian sebesar nilai tertentu yang tertera pada berita acara kejadian kerusakan dan diambil 5 sampel kejadian untuk kemudian di rata-rata menjadi nilai *severity* untuk masing-masing risk event yang ada. Berikut data *severity* dari risiko yang ada didalam gedung apartemen XYZ.

Tabel 4.2. Hasil pengamatan *risk event* untuk nilai pengukuran nilai *severity*

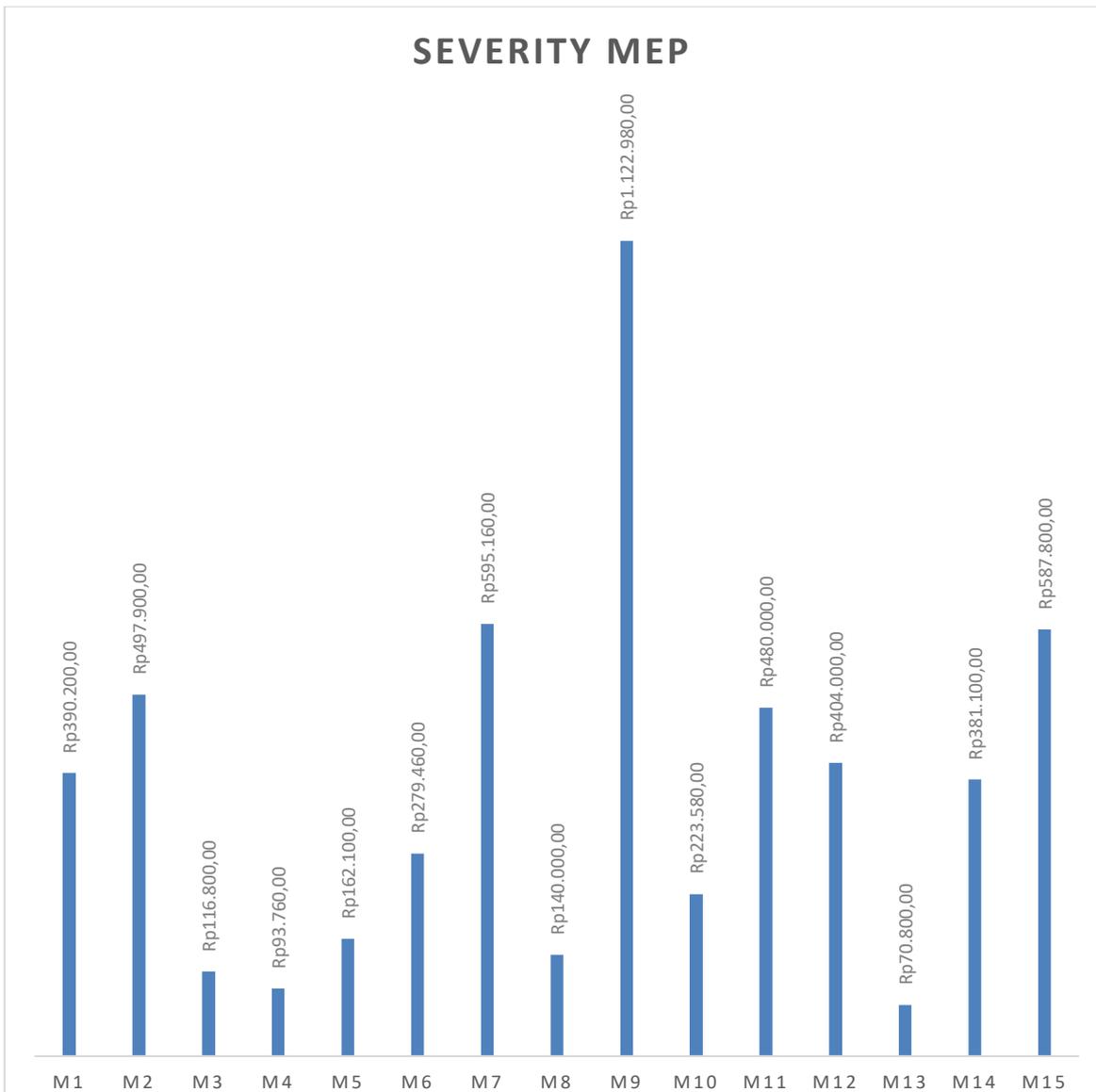
Kejadian Risiko	Hasil Pengamatan					
	Pengamatan 1	Pengamatan 2	Pengamatan 3	Pengamatan 4	Pengamatan 5	Rata-rata
Plafon bocor/retak/pecah	Rp 564.000,00	Rp 625.000,00	Rp 357.000,00	Rp 431.500,00	Rp 643.000,00	Rp 524.100,00
Kerusakan pintu utama	Rp 100.000,00	Rp 110.000,00	Rp 110.000,00	Rp 110.000,00	Rp 110.000,00	Rp 108.000,00
Parquet rusak/lepas/melendut	Rp 1.650.000,00	Rp 1.100.500,00	Rp 475.000,00	Rp 650.000,00	Rp 505.000,00	Rp 876.100,00
Dinding retak	Rp 658.000,00	Rp 724.500,00	Rp 826.000,00	Rp 630.000,00	Rp 768.500,00	Rp 721.400,00
Wallpaper dinding rusak/sobek	Rp 856.000,00	Rp 721.000,00	Rp 165.500,00	Rp 312.000,00	Rp 165.500,00	Rp 444.000,00
Marmar pecah/retak	Rp 4.350.000,00	Rp 1.570.000,00	Rp 658.500,00	Rp 2.850.000,00	Rp 3.450.000,00	Rp 2.575.700,00
Keramik rusak/retak/pecah	Rp 355.000,00	Rp 475.000,00	Rp 180.000,00	Rp 355.000,00	Rp 232.000,00	Rp 319.400,00
Kaca Area Gedung Retak/pecah	Rp 1.252.000,00	Rp 3.504.000,00	Rp 1.252.000,00	Rp 465.000,00	Rp 630.000,00	Rp 1.420.600,00
Frame balkon rusak	Rp 388.000,00	Rp 650.000,00	Rp 725.500,00	Rp 435.000,00	Rp 244.000,00	Rp 488.500,00
Batu alam area jalur kendaraan pecah	Rp 765.000,00	Rp 230.000,00	Rp 460.000,00	Rp 316.000,00	Rp 230.000,00	Rp 400.200,00
Suhu AC tidak sesuai	Rp 297.000,00	Rp 425.000,00	Rp 297.000,00	Rp 635.000,00	Rp 297.000,00	Rp 390.200,00
Instalasi listrik nge trip	Rp 165.000,00	Rp 475.000,00	Rp 1.650.500,00	Rp 110.000,00	Rp 89.000,00	Rp 497.900,00
Lampu padam	Rp 235.000,00	Rp 70.000,00	Rp 70.000,00	Rp 139.000,00	Rp 70.000,00	Rp 116.800,00
FD Buntu (Repair)	Rp 120.000,00	Rp 54.000,00	Rp 92.000,00	Rp 156.000,00	Rp 46.800,00	Rp 93.760,00
Instalasi Elektrikal ke BAS	Rp 123.000,00	Rp 146.000,00	Rp 332.000,00	Rp 86.500,00	Rp 123.000,00	Rp 162.100,00
Wastafel rusak/buntu/bocor	Rp 728.800,00	Rp 212.000,00	Rp 100.000,00	Rp 100.000,00	Rp 256.500,00	Rp 279.460,00
Closet/Urinoir rusak	Rp 250.000,00	Rp 765.000,00	Rp 250.000,00	Rp 250.000,00	Rp 1.460.800,00	Rp 595.160,00
Filter AC kotor	Rp 100.000,00	Rp 200.000,00	Rp 100.000,00	Rp 100.000,00	Rp 200.000,00	Rp 140.000,00
Kekurangan daya instalasi listrik	Rp 766.000,00	Rp 1.280.000,00	Rp 1.008.900,00	Rp 1.280.000,00	Rp 1.280.000,00	Rp 1.122.980,00

Kerusakan area skypool	Rp 150.000,00	Rp 430.000,00	Rp 150.000,00	Rp 150.000,00	Rp 237.900,00	Rp 223.580,00
Grease trap buntu/rusak	Rp 400.000,00	Rp 250.000,00	Rp 400.000,00	Rp 400.000,00	Rp 950.000,00	Rp 480.000,00
AHU/FCU bermasalah	Rp 380.000,00	Rp 500.000,00	Rp 380.000,00	Rp 380.000,00	Rp 380.000,00	Rp 404.000,00
Kebocoran instalasi gas/kompor	Rp 125.000,00	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00	Rp 79.000,00	Rp 70.800,00
Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	Rp 265.500,00	Rp 670.000,00	Rp 150.000,00	Rp 150.000,00	Rp 670.000,00	Rp 381.100,00
Spinkler/Smoke detector/hydrant	Rp 275.000,00	Rp 1.250.000,00	Rp 864.000,00	Rp 275.000,00	Rp 275.000,00	Rp 587.800,00

Terdapat dua komponen nilai yang kemudian dijumlahkan menjadi nilai *severity* yaitu biaya material yang dibutuhkan dan biaya jasa yang diperhitungkan saat terjadinya suatu kejadian kerusakan. Dari total kedua biaya tersebut dinyatakan sebagai parameter nilai untuk menghitung tingkat keparahan (*severity*) yang timbul dari kejadian risiko yang ada.



Gambar 4.3. Nilai Civil Severity untuk Risk event di Gedung apartemen XYZ



Gambar 4.4. Nilai MEP Severity untuk Risk event di Gedung apartemen XYZ

Dari hasil pengukuran diatas dapat dikatakan bahwa nilai dampak risiko terbesar untuk bidang Civil adalah risk code C6 yaitu kerusakan marmer dan kejadian risiko terbanyak untuk bidang MEP adalah risk code M9 yaitu kejadian kekurangan daya listrik yang telah dipetakan di area gedung apartemen XYZ.

Data *detection* dari penelitian ini adalah suatu tingkat probabilitas risiko tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Data *detection* diukur dengan menggunakan *Level of detection* FMEA yang ada dan dibagi menjadi 4 tingkatan yaitu *Absolutely uncertainty*, *Remote*, *Moderate*, dan *Almost certain*.

Tabel 4.3. *Level of detection table*

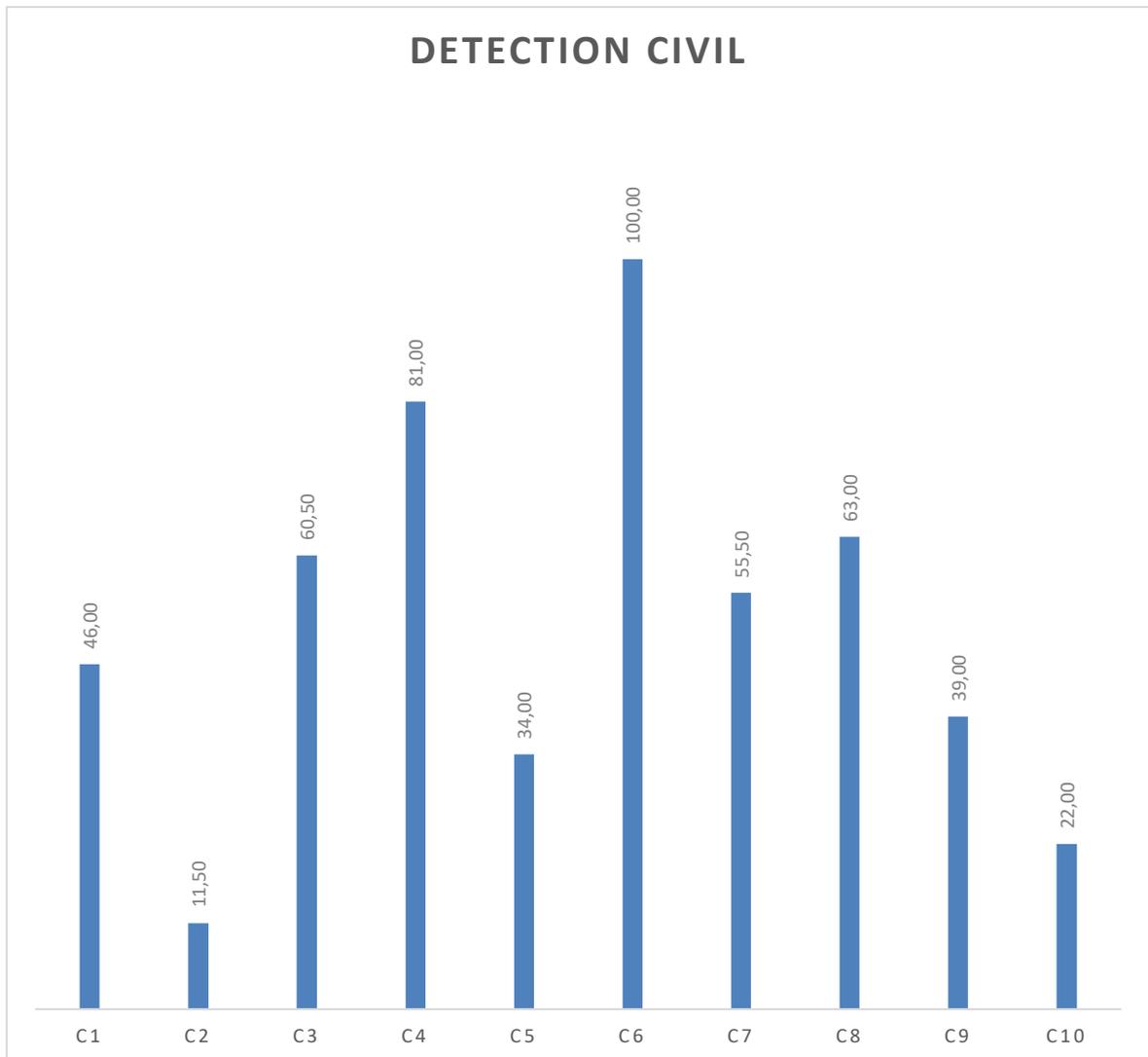
Level	Detection	Criteria	Probability
4	Absolute uncertainty	No design control or no chance of detection	76-100
3	Remote	Remote chance of detection	51-75
2	Moderate	Moderate chance of detection	26-50
1	Almost certain	Almost certain detection	1-25

Tabel 4.4. Nilai *Detection* untuk *Risk Event* di Gedung apartemen XYZ

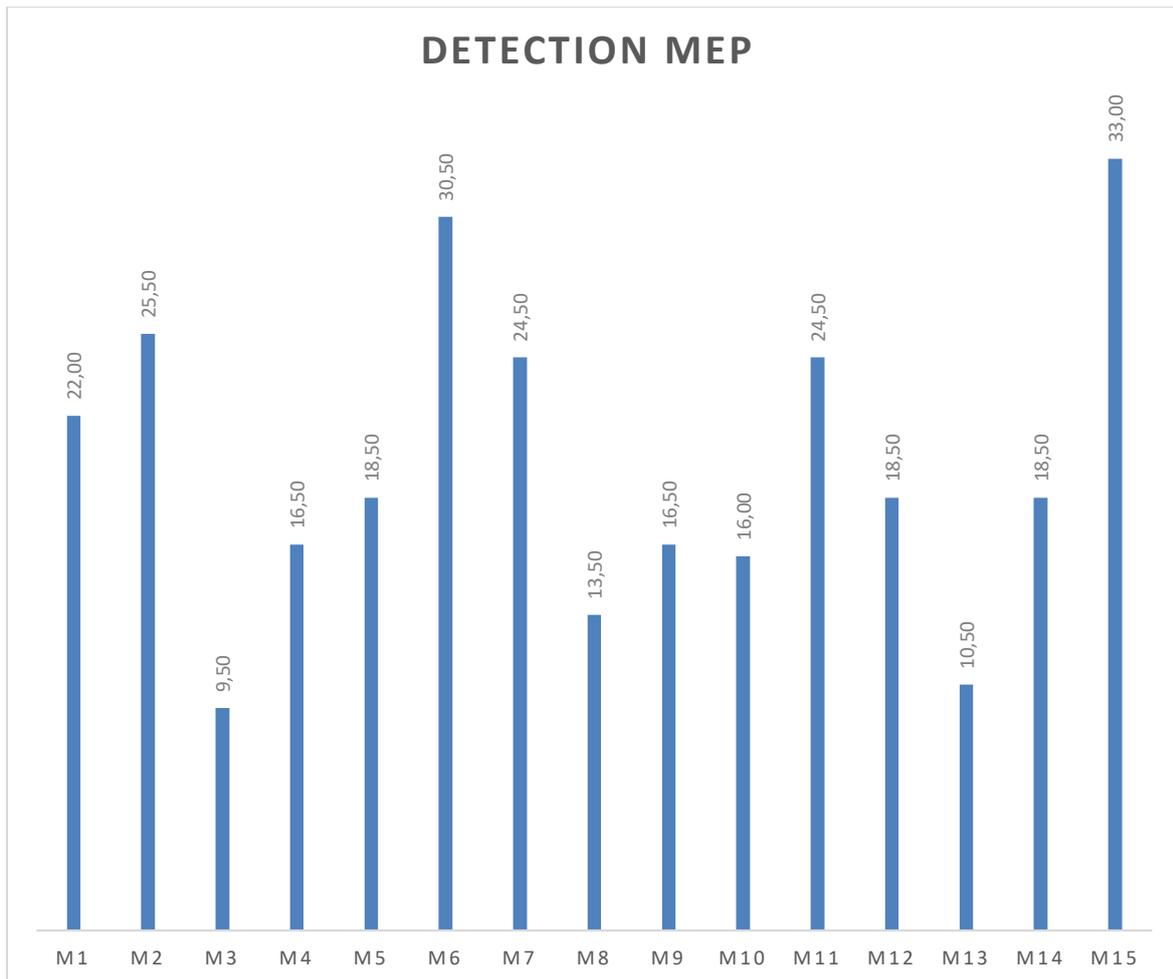
Kode Risiko		Kejadian Risiko	Detection
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	46
	C2	Kerusakan pintu utama	11,5
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	60,5
	C4	Dinding retak	81
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	34
	C6	Marmar pecah/retak	100
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	55,5
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	63
	C9	Frame balkon rusak	39
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	22
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	22
	M2	Instalasi listrik nge trip	25,5
	M3	Lampu padam	9,5
	M4	FD Buntu (Repair)	16,5
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	18,5
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	30,5
	M7	Closet/Urinoir rusak	24,5
	M8	Filter AC kotor	13,5
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	16,5
	M10	Kerusakan area skypool	16
	M11	Grease trap buntu/rusak	24,5
	M12	AHU/FCU bermasalah	18,5
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	10,5
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	18,5
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	33

Data diatas diambil melalui *in depth interview* kepada teknisi yang terlibat melakukan tindakan perbaikan kerusakan. Tingkat kesulitan pekerjaan ditentukan dari tingkat

keterampilan penggunaan peralatan, cara menjangkau lokasi kerusakan, dan faktor keselamatan dari teknisi yang terlibat.



Gambar 4.5. Nilai *Civil Detection* untuk *Risk event* di Gedung apartemen XYZ



Gambar 4.6. Nilai *MEP Detection* untuk *Risk event* di Gedung apartemen XYZ

Dari hasil pengukuran diatas dapat dikatakan bahwa nilai *detection* terbesar untuk bidang *Civil* adalah *risk code* C6 yaitu kerusakan marmer dan kejadian risiko terbanyak untuk bidang *MEP* adalah *risk code* M15 yaitu perbaikan kerusakan pada sistem proteksi kebakaran yang ada di area gedung apartemen XYZ seperti instalasi *sprinkler*, *hydrant*, serta pada *smoke detector*

4.1.2. Pengolahan nilai hasil pengukuran

Nilai hasil pengukuran dihitung menjadi nilai dalam bentuk skala dengan formulasi dengan rumus interpolasi yang akan dijelaskan dan diberikan contoh perhitungan secara manual. Nilai skala tersebut yang kemudian. Berikut formula interpolasi untuk perhitungan nilai skala parameter input untuk fuzzy-FMEA.

$$\frac{Y - Y_0}{Y_1 - Y_0} = \frac{X - X_0}{X_1 - X_0}$$

Y = Nilai Parameter yang Dihitung

Y_0 = Nilai Minimal Parameter

Y_1 = Nilai Maksimal Parameter

X = Nilai Skala Parameter

X_0 = Nilai Skala Minimum

X_1 = Nilai Skala Maksimum

Perhitungan nilai skala dengan menggunakan rumus interpolasi guna mengubah nilai parameter input dari nilai sebenarnya kedalam nilai skala pada luasan input fuzzy yaitu 1 sampai dengan 5 untuk parameter input severity dan occurrence. Sedangkan untuk input nilai detection memiliki nilai skala 1 sampai dengan 4. Berikut contoh perhitungan nilai skala untuk parameter input occurrence kerusakan plafon.

$$\frac{58 - 6}{69 - 6} = \frac{X - 1}{5 - 1}$$

$$X = 4,30$$

Nilai skala untuk input fuzzy-FMEA pada nilai occurrence kerusakan plafon adalah 4,30. Berikut tabel hasil nilai skala untuk masing-masing parameter.

Tabel 4.5. Nilai skala Occurrence untuk Risk Event di Gedung apartemen XYZ

Kode Risiko		Kejadian Risiko	Occurrence	Formulasi	Nilai skala
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	58	I N T E R P O L A S I	4,30
	C2	Kerusakan Pintu utama	57		4,24
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	22		2,02
	C4	Dinding retak	69		5,00
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	12		1,38
	C6	Marmer pecah/retak	10		1,25
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	17		1,70
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	16		1,63
	C9	Frame balkon rusak	6		1,00
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	32		2,65
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	77		4,05
	M2	Instalasi listrik nge trip	82		4,27
	M3	Lampu padam	98		5,00
	M4	FD Buntu (Repair)	53		2,95
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	16		1,27
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	40	2,36	
	M7	Closet/Urinoir rusak	40	2,36	
	M8	Filter AC kotor	84	4,36	
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	10	1,00	
	M10	Kerusakan area skypool	19	1,41	
	M11	Grease trap buntu/rusak	15	1,23	
	M12	AHU/FCU bermasalah	15	1,23	
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompore	16	1,27	
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	11	1,05	
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	22	1,55	

Nilai skala diatas digunakan untuk input parameter occurrence pada fuzzy-FMEA untuk mendapatkan nilai FRPN dari masing-masing risk event yang ada. Nilai skala

maksimal terdapat pada nilai skala dari risk event dinding retak untuk bagian civil dan lampu padam untuk bagian MEP.

Tabel 4.6. Nilai skala Severity untuk Risk Event di Gedung apartemen XYZ

Kode Risiko	Kejadian Risiko	Severity	Formulasi	Nilai Skala	
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	Rp 524.100,00	I N T E R P O L A S I	1,67
	C2	Kerusakan pintu utama	Rp 108.000,00		1,00
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	Rp 876.100,00		2,25
	C4	Dinding retak	Rp 721.400,00		1,99
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	Rp 444.000,00		1,54
	C6	Marmer pecah/retak	Rp 2.575.700,00		5,00
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	Rp 319.400,00		1,34
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	Rp 1.420.600,00		3,13
	C9	Frame balkon rusak	Rp 488.500,00		1,62
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	Rp 400.200,00		1,47
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	Rp 390.200,00		2,21
	M2	Instalasi listrik nge trip	Rp 497.900,00		2,62
	M3	Lampu padam	Rp 116.800,00		1,17
	M4	FD Buntu (Repair)	Rp 93.760,00		1,09
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	Rp 162.100,00		1,35
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	Rp 279.460,00	1,79	
	M7	Closet/Urinoir rusak	Rp 595.160,00	2,99	
	M8	Filter AC kotor	Rp 140.000,00	1,26	
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	Rp 1.122.980,00	5,00	
	M10	Kerusakan area skypool	Rp 223.580,00	1,58	
	M11	Grease trap buntu/rusak	Rp 480.000,00	2,56	
	M12	AHU/FCU bermasalah	Rp 404.000,00	2,27	
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	Rp 70.800,00	1,00	
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	Rp 381.100,00	2,18	
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	Rp 587.800,00	2,97	

Nilai skala diatas digunakan untuk input parameter severity pada fuzzy-FMEA untuk mendapatkan nilai FRPN dari masing-masing risk event yang ada. Nilai skala maksimal terdapat pada nilai skala dari risk event kerusakan marmer untuk bagian civil dan kekurangan daya listrik untuk bagian MEP.

Tabel 4.7. Nilai skala Detection untuk Risk Event di Gedung apartemen XYZ

Kode Risiko		Kejadian Risiko	Detection	Formulasi	Nilai Skala
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	46,00	I N T E R P O L A S I	2,36
	C2	Kerusakan pintu utama	11,50		1,32
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	60,50		2,80
	C4	Dinding retak	81,00		3,42
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	34,00		2,00
	C6	Marmer pecah/retak	100,00		4,00
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	55,50		2,65
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	63,00		2,88
	C9	Frame balkon rusak	39,00		2,15
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	22,00		1,64
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	22,00		1,64
	M2	Instalasi listrik nge trip	25,50		1,74
	M3	Lampu padam	9,50		1,26
	M4	FD Buntu (Repair)	16,50		1,47
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	18,50		1,53
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	30,50	1,89	
	M7	Closet/Urinoir rusak	24,50	1,71	
	M8	Filter AC kotor	13,50	1,38	
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	16,50	1,47	
	M10	Kerusakan area skypool	16,00	1,45	
	M11	Grease trap buntu/rusak	24,50	1,71	
	M12	AHU/FCU bermasalah	18,50	1,53	
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	10,50	1,29	
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	18,50	1,53	
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	33,00	1,97	

Nilai skala hasil perhitungan diatas menjadi nilai parameter yang digunakan untuk perhitungan nilai RPN pada metode FMEA klasik dan input dari analisa nilai RPN dengan metode Fuzzy-FMEA. Analisa pada metode FMEA klasik dengan mengkalikan ketiga parameter yang ada yaitu severity, occurrence, dan detection sedangkan untuk analisa pada metode Fuzzy-FMEA menggunakan aturan yang didapat dari referensi penelitian sebelumnya (Gallab, 2019)

4.2. Perhitungan nilai RPN (Risk Priority Number)

4.2.1. Metode FMEA klasik

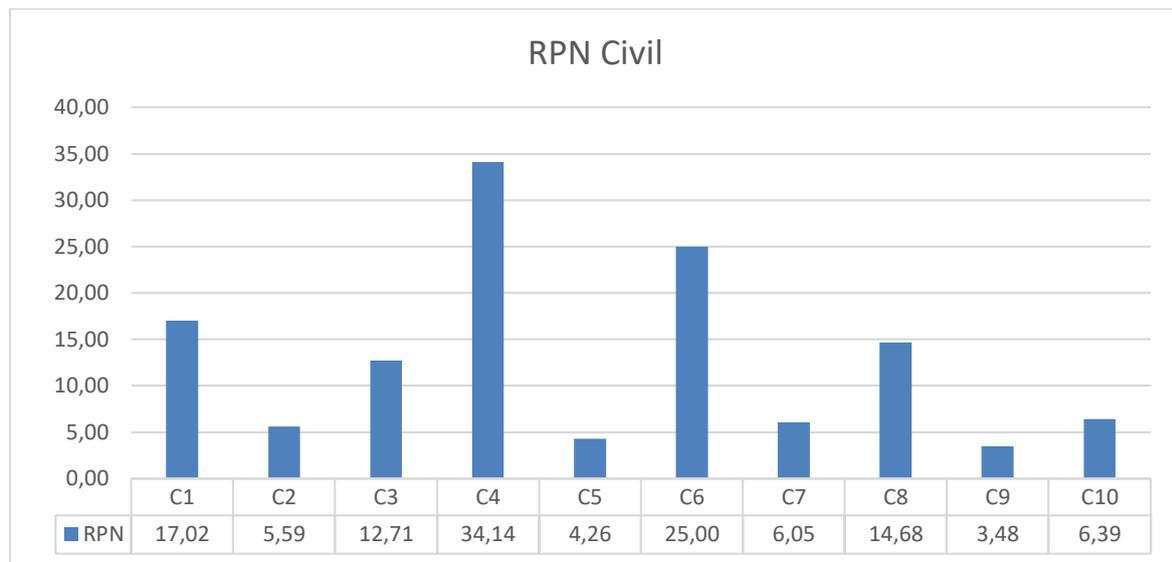
Didalam metode ini dilakukan perhitungan nilai RPN untuk masing-masing risiko yang ada. Perhitungan dilakukan dengan cara mengalikan nilai skala dari tiap-tiap parameter yang digunakan. Berikut hasil perhitungan nilai RPN untuk risiko yang ada di dalam area Gedung apartemen XYZ.

Tabel 4.8. Nilai hasil perhitungan RPN metode FMEA klasik

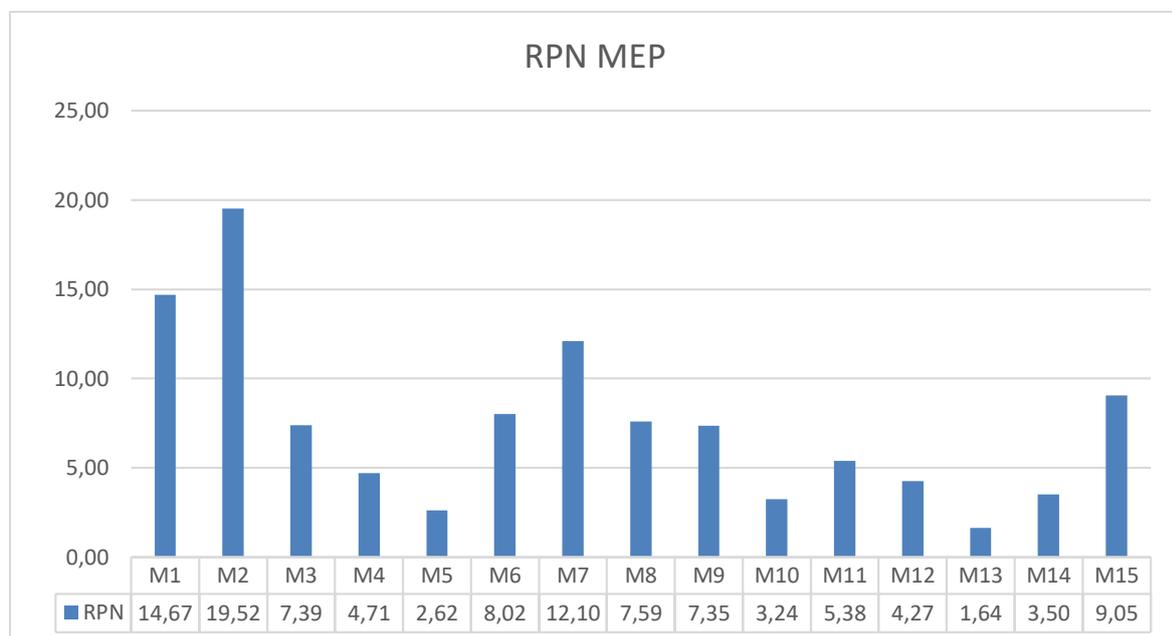
Kode Risiko	Kejadian Risiko	Severity	Occurrence	Detection	FMEA Klasik	
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	1,67	4,30	2,36	17,02
	C2	Kerusakan pintu utama	1,00	4,24	1,32	5,59
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	2,25	2,02	2,80	12,71
	C4	Dinding retak	1,99	5,00	3,42	34,14
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	1,54	1,38	2,00	4,26
	C6	Marmer pecah/retak	5,00	1,25	4,00	25,00
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	1,34	1,70	2,65	6,05
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	3,13	1,63	2,88	14,68
	C9	Frame balkon rusak	1,62	1,00	2,15	3,48
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	1,47	2,65	1,64	6,39
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	2,21	4,05	1,64	14,67
	M2	Instalasi listrik nge trip	2,62	4,27	1,74	19,52
	M3	Lampu padam	1,17	5,00	1,26	7,39
	M4	FD Buntu (Repair)	1,09	2,95	1,47	4,71
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	1,35	1,27	1,53	2,62
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	1,79	2,36	1,89	8,02
	M7	Closet/Urinoir rusak	2,99	2,36	1,71	12,10
	M8	Filter AC kotor	1,26	4,36	1,38	7,59
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	5,00	1,00	1,47	7,35
	M10	Kerusakan area skypool	1,58	1,41	1,45	3,24
	M11	Grease trap buntu/rusak	2,56	1,23	1,71	5,38
	M12	AHU/FCU bermasalah	2,27	1,23	1,53	4,27
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	1,00	1,27	1,29	1,64
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	2,18	1,05	1,53	3,50
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	2,97	1,55	1,97	9,05

Pada tabel diatas nilai hasil RPN FMEA klasik dengan cara mengkalikan ketiga nilai parameter yang ada yaitu severity, occurrence, dan detection. Dapat dikatakan bahwa

dengan menggunakan cara perhitungan FMEA klasik maka ketiga parameter memiliki derajat kepentingan yang sama atau setara.



Gambar 4.7. Nilai RPN bagian Civil metode FMEA



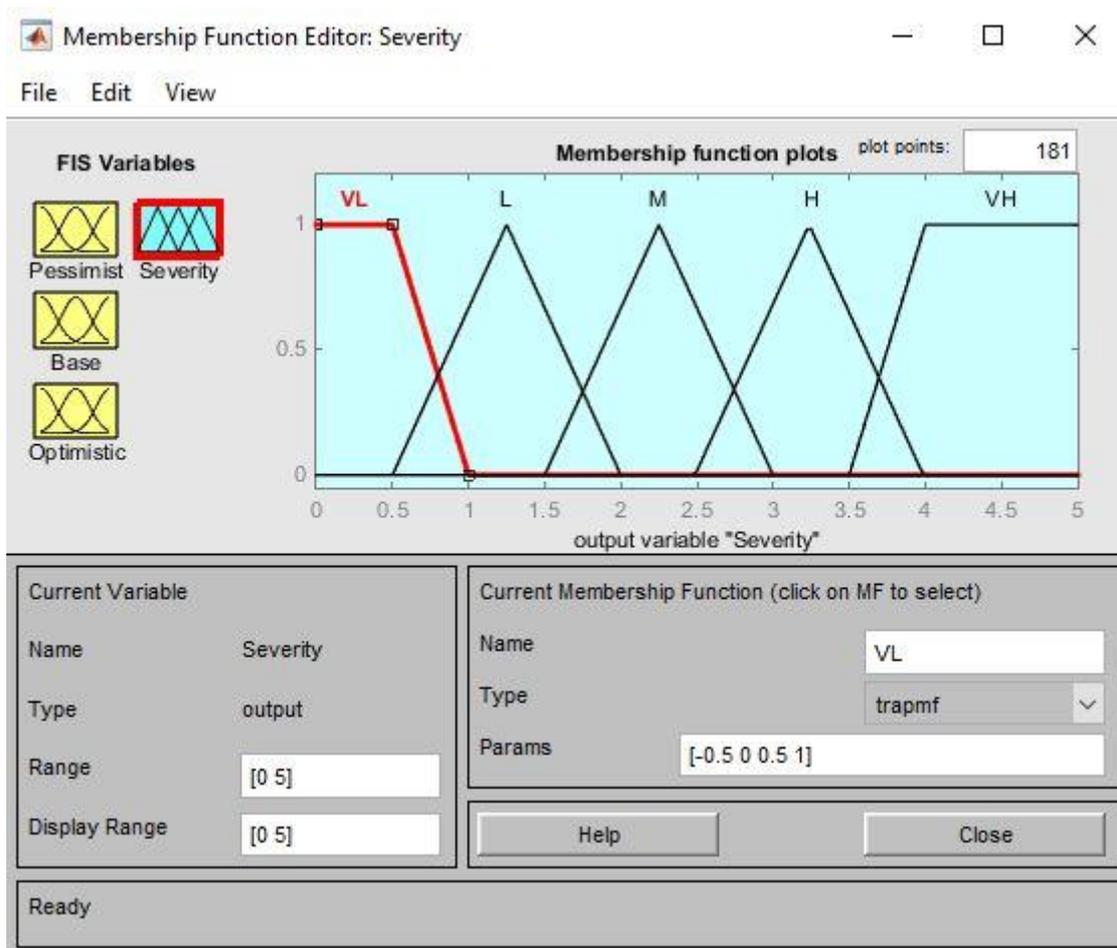
Gambar 4.8. Nilai RPN bagian MEP metode FMEA

Dari grafik diatas nilai hasil perhitungan RPN menggunakan metode FMEA klasik terbesar untuk bidang Civil adalah risk code C4 yaitu dinding retak dan kejadian risiko terbanyak untuk bidang MEP adalah risk code M2 yaitu perbaikan kerusakan pada instalasi listrik yang ada di area Gedung apartemen XYZ. Hasil tersebut dari merupakan pengkalian dari ketiga parameter yang memiliki derajat kepentingan yang setara. Tahap

berikutnya adalah menghitung hasil nilai RPN menggunakan fuzzy logic dimana ketiga parameter memiliki derajat kepentingan yang berbeda dan diatur didalam aturan fuzzy.

4.2.2. Metode Fuzzy-FMEA

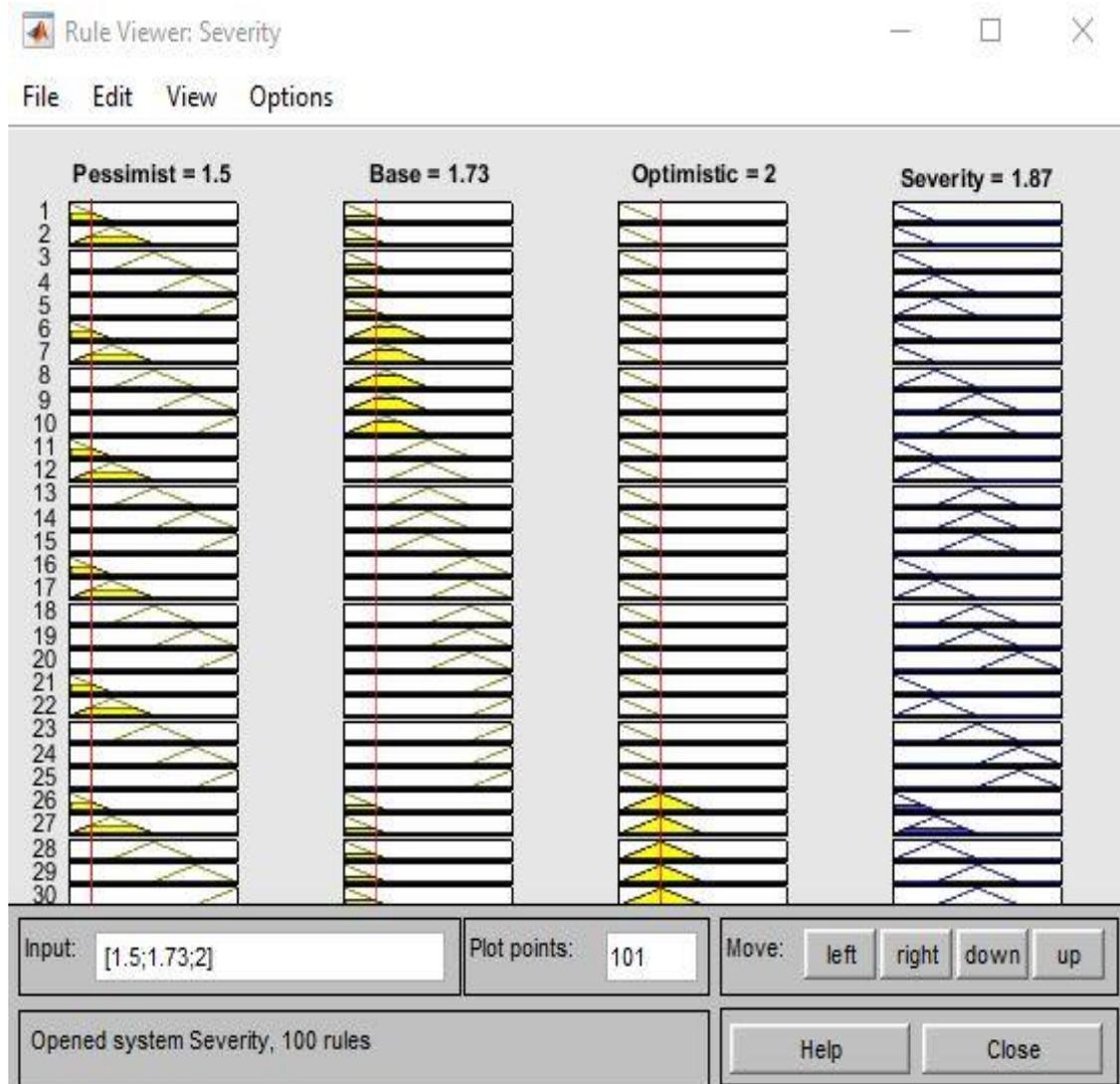
Pada penelitian ini nilai input untuk fuzzy-FMEA bagian parameter severity dan detection terlebih dahulu dihitung dengan menggunakan fuzzy logic untuk dengan input nilai pessimist, nilai rata-rata hasil interview, dan nilai optimistic untuk kemudian diperoleh output berupa nilai severity dan detection yang sesuai dengan kebutuhan penelitian yang telah melalui proses interferensi didalam fuzzy logic. Berikut perancangan untuk perhitungan nilai fuzzy parameter severity dan detection.



Gambar 4.9. Perancangan fuzzy pengukuran nilai severity

Pada gambar perancangan fuzzy severity diatas terdapat 3 nilai input yaitu nilai pessimist dan optimistic yang didapat dari nilai rata-rata yang didapat dari hasil interview di kurang dan tambahkan dengan nilai skala 0,5. Contohnya jika nilai skala rata-rata untuk nilai risk event kerusakan marmer bernilai 1,73 maka nilai pessimist

dan optimistic-nya sebesar 1,23 dan 2,23. Berikut contoh perhitungan dari nilai parameter severity menggunakan fuzzy logic dengan software MatLab.



Gambar 4.10. Rule viewer pengukuran nilai parameter severity

Pada gambar diatas menunjukkan input dari ketiga nilai yang ada yaitu nilai pessimist, nilai rata-rata, dan nilai optimistic. Hasil yang didapat adalah nilai severity yang telah melalui proses interfensi fuzzy. Hal ini dilakukan karena terdapat keraguan dari peneliti akan hasil interview rata-rata kerusakan yang ditimbulkan. Berikut hasil data perhitungan nilai severity untuk masing-masing risk event.

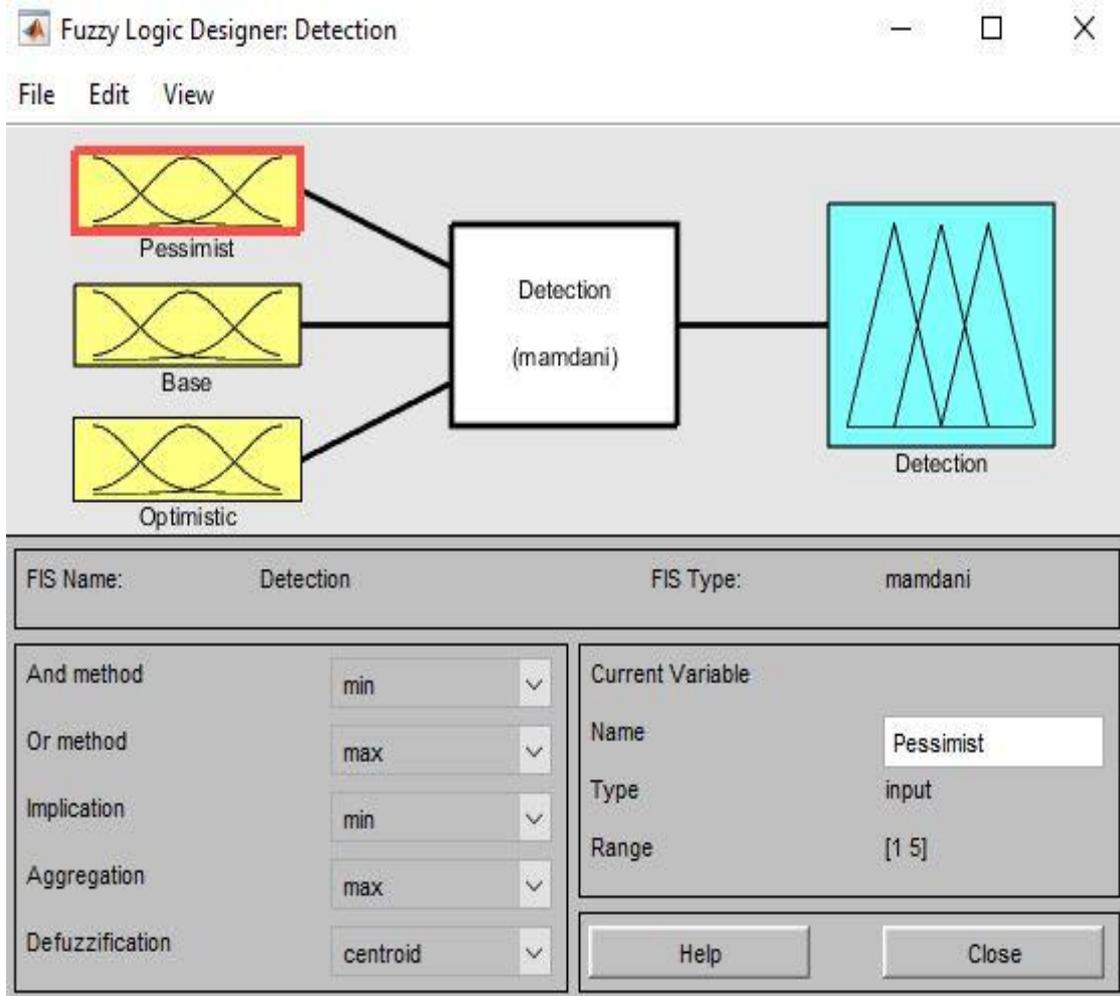
Tabel 4.9. Input dan hasil pengukuran fuzzy nilai parameter severity

Kode Risiko	Kejadian Risiko	Severity					
		Mean	Level	Pessimist	Optimistic	Fuzzy Severity	
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	Rp 524.100,00	1,67	1,17	2,17	1,64
	C2	Kerusakan pintu utama	Rp 108.000,00	1,00	0,50	1,50	1,38
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	Rp 876.100,00	2,25	1,75	2,75	2,25
	C4	Dinding retak	Rp 721.400,00	1,99	1,49	2,49	1,87
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	Rp 444.000,00	1,54	1,04	2,04	1,47
	C6	Marmer pecah/retak	Rp 2.575.700,00	5,00	4,50	5,50	4,62
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	Rp 319.400,00	1,34	0,84	1,84	1,35
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	Rp 1.420.600,00	3,13	2,63	3,63	3,25
	C9	Frame balkon rusak	Rp 488.500,00	1,62	1,12	2,12	1,59
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	Rp 400.200,00	1,47	0,97	1,97	1,37
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	Rp 390.200,00	2,21	1,71	2,71	2,21
	M2	Instalasi listrik nge trip	Rp 497.900,00	2,62	2,12	3,12	2,60
	M3	Lampu padam	Rp 116.800,00	1,17	0,67	1,67	1,35
	M4	FD Buntu (Repair)	Rp 93.760,00	1,09	0,59	1,59	1,36
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	Rp 162.100,00	1,35	0,85	1,85	1,35
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	Rp 279.460,00	1,79	1,29	2,29	1,73
	M7	Closet/Urinoir rusak	Rp 595.160,00	2,99	2,49	3,49	2,98
	M8	Filter AC kotor	Rp 140.000,00	1,26	0,76	1,76	1,34
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	Rp 1.122.980,00	5,00	4,50	5,50	4,62
	M10	Kerusakan area skypool	Rp 223.580,00	1,58	1,08	2,08	1,54
	M11	Grease trap buntu/rusak	Rp 480.000,00	2,56	2,06	3,06	2,55
	M12	AHU/FCU bermasalah	Rp 404.000,00	2,27	1,77	2,77	2,28
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	Rp 70.800,00	1,00	0,50	1,50	1,38
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	Rp 381.100,00	2,18	1,68	2,68	2,18
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	Rp 587.800,00	2,97	2,47	3,47	2,95

Dari hasil data nilai severity diatas kemudian akan digunakan sebagai parameter input fuzzy logic system untuk pengukuran nilai Fuzzy Risk Priority Number. Nilai severity tertinggi pada risk event kerusakan marmer pada bagian civil dan kekurangan daya instalasi listrik untuk bagian MEP dengan nilai severity hasil interferensi fuzzy sebesar 4,62. Nilai mean severity diatas adalah hasil nilai rata-rata dari lima nilai kerugian pada kejadian yang ada.

Parameter kedua yang dilakukan perhitungan dengan fuzzy adalah parameter detection yang nilai rata-ratanya juga didapatkan dari hasil interview dengan teknisi

yang bersangkutan. Terdapat keraguan pada nilai ini yang membuat peneliti melakukan fuzzifikasi pada data yang didapat karena tingkat kesulitan pada suatu risk event dapat berbeda-beda pada setiap kerusakan yang terjadi. Berikut perancangan fuzzy logic untuk parameter detection.



Gambar 4.11. Perancangan fuzzy pengukuran nilai detection

Pada gambar diatas menunjukkan input dari ketiga nilai yang ada yaitu nilai pessimist, nilai rata-rata, dan nilai optimistic. Hasil yang didapat adalah nilai detection yang telah melalui proses interfensi fuzzy. Hal ini dilakukan karena terdapat keraguan dari peneliti akan hasil interview rata-rata probabilitas deteksi sebuah risiko yang ada. Berikut hasil data perhitungan nilai detection untuk masing-masing risk event.

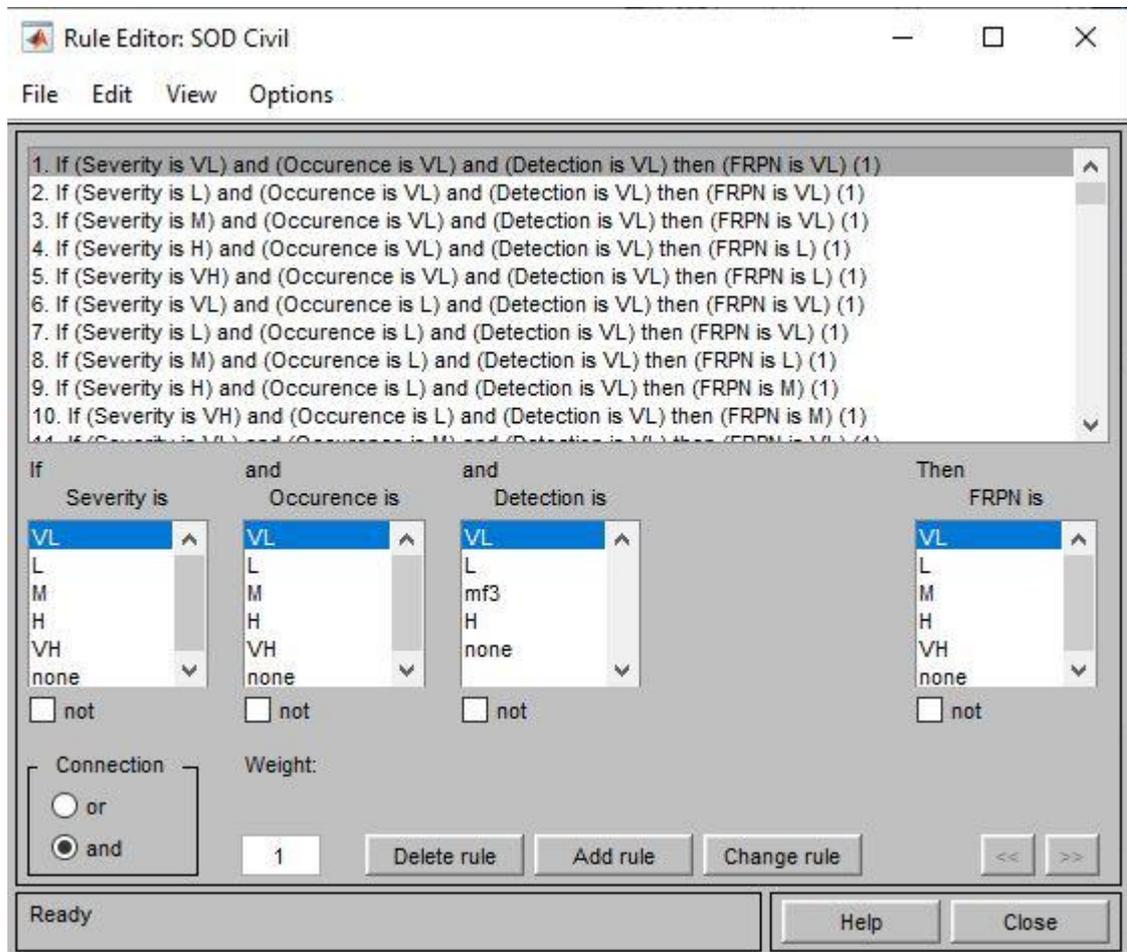
Tabel 4.10. Input dan hasil pengukuran fuzzy nilai parameter detection

Kode Risiko	Kejadian Risiko	Detection			
		Level	Pessimist	Optimistic	Fuzzy Detection

			Probability Undetected				
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	46	2,36	1,86	2,86	2,29
	C2	Kerusakan pintu utama	11,5	1,32	0,82	1,82	1,42
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	60,5	2,80	2,30	3,30	2,88
	C4	Dinding retak	81	3,42	2,92	3,92	3,37
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	34	2,00	1,50	2,50	2,02
	C6	Marmer pecah/retak	100	4,00	3,50	4,50	3,76
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	55,5	2,65	2,15	3,15	2,88
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	63	2,88	2,38	3,38	2,89
	C9	Frame balkon rusak	39	2,15	1,65	2,65	2,15
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	22	1,64	1,14	2,14	1,66
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	22	1,64	1,14	2,14	1,66
	M2	Instalasi listrik nge trip	25,5	1,74	1,24	2,24	1,70
	M3	Lampu padam	9,5	1,26	0,76	1,76	1,29
	M4	FD Buntu (Repair)	16,5	1,47	0,97	1,97	1,57
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	18,5	1,53	1,03	2,03	1,60
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	30,5	1,89	1,39	2,39	1,94
	M7	Closet/Urinoir rusak	24,5	1,71	1,21	2,21	1,69
	M8	Filter AC kotor	13,5	1,38	0,88	1,88	1,52
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	16,5	1,47	0,97	1,97	1,57
	M10	Kerusakan area skypool	16	1,45	0,95	1,95	1,56
	M11	Grease trap buntu/rusak	24,5	1,71	1,21	2,21	1,69
	M12	AHU/FCU bermasalah	18,5	1,53	1,03	2,03	1,60
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	10,5	1,29	0,79	1,79	1,36
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	18,5	1,53	1,03	2,03	1,60
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	33	1,97	1,47	2,47	2,01

Dari hasil data nilai detection diatas kemudian akan digunakan sebagai parameter input fuzzy logic system untuk pengukuran nilai Fuzzy Risk Priority Number. Nilai detection tertinggi pada risk event kerusakan marmer pada bagian civil dan kerusakan komponen fire protection untuk bagian MEP dengan nilai severity hasil interferensi fuzzy sebesar 3,74 dan 1,96.

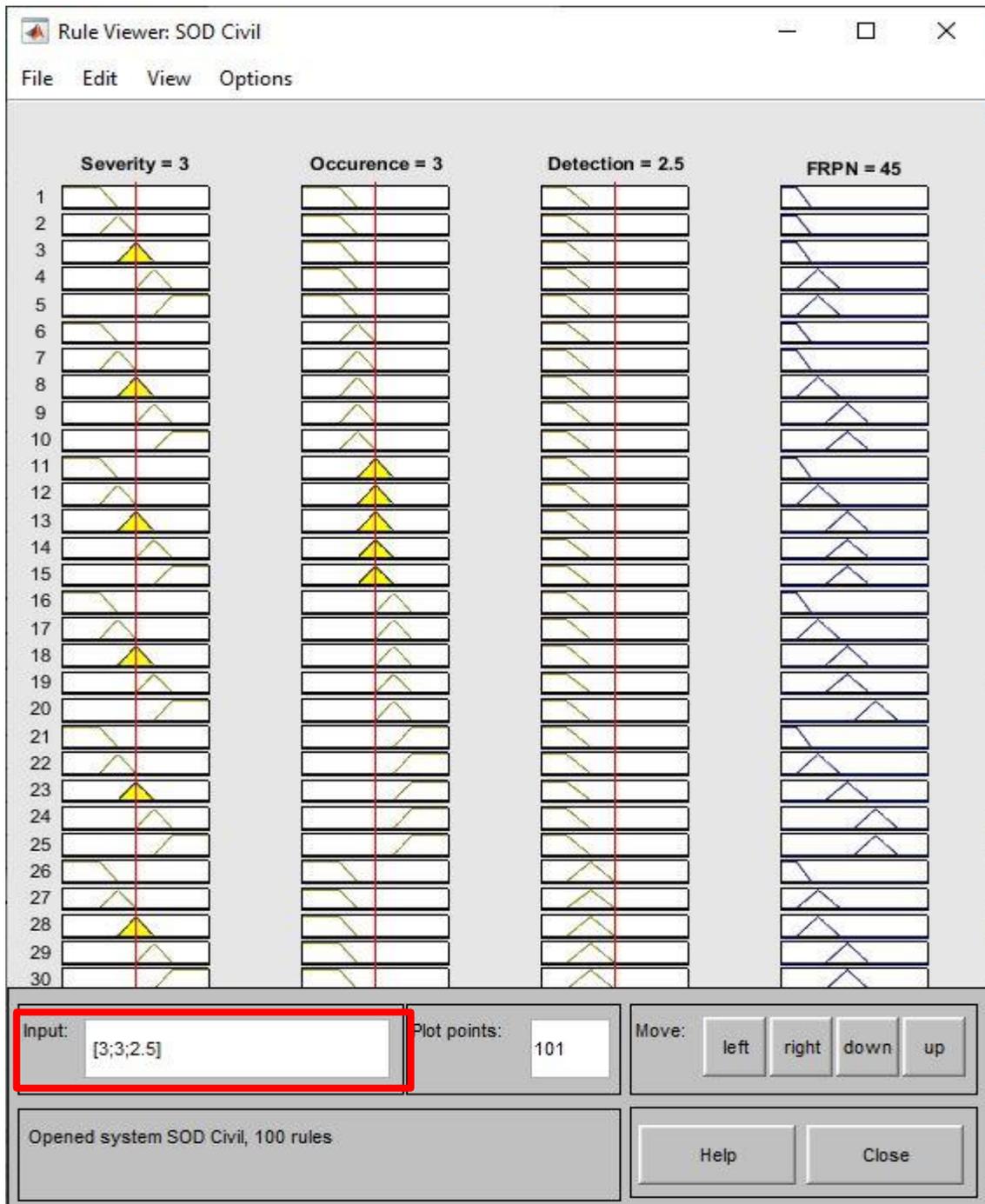
Pada metode ini, nilai parameter dijadikan input dari sistem fuzzy yang telah dirancang dengan adanya aturan dan output berupa FRPN (Fuzzy Risk Priority Number). Aturan yang ada di dalam perancangan fuzzy pada penelitian ini berjumlah 100 aturan. Berikut hasil perhitungan nilai FRPN yang ada di gedung apartemen XYZ.



Gambar 4.12. Proses rule editor pada software MatLab

Pada gambar diatas dilakukan proses pembuatan aturan dasar dari fuzzy-FMEA yang digunakan dalam perhtungan nilai FRPN.terdapat 5 level untuk nilai parameter occurrence dan severity. Sedangkan untuk nilai detection memiliki 4 level.

Tahap selanjutnya setelah pembuatan aturan fuzzy maka input nilai parameter dimasukan kedalam rule viewer yang ada pada software matlab lalu tekan enter untuk mengeluarkan hasil nilai FRPN untuk masing-masing risk event yang ada.



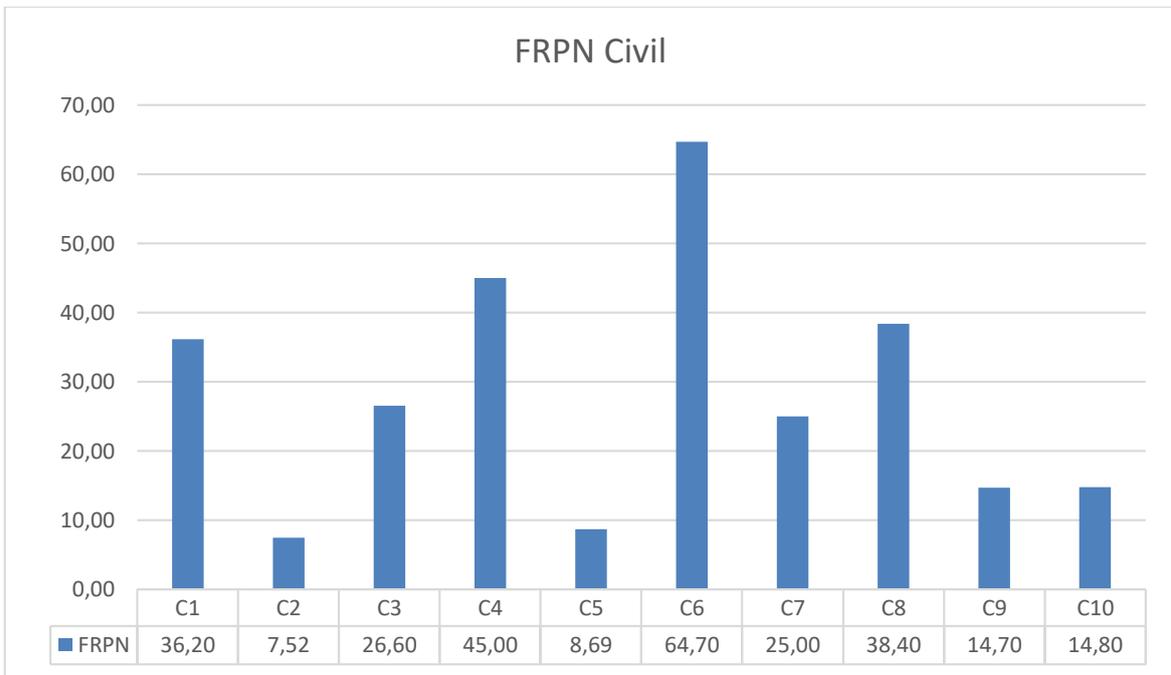
Gambar 4.13. Panel input parameter untuk perhitungan FRPN

Pada tampilan *rule viewer* diatas nilai skala dari masing-masing parameter dimasukan kedalam kolom *input* yang tersedia lalu tekan *enter* untuk menghasilkan nilai FRPN pada kolom dipojok kanan atas gambar. Nilai FRPN tertinggi menggunakan metode fuzzy-FMEA adalah *risk event* Kerusakan marmer. Berikut hasil perhitungan nilai FRPN untuk masing-masing *risk event*.

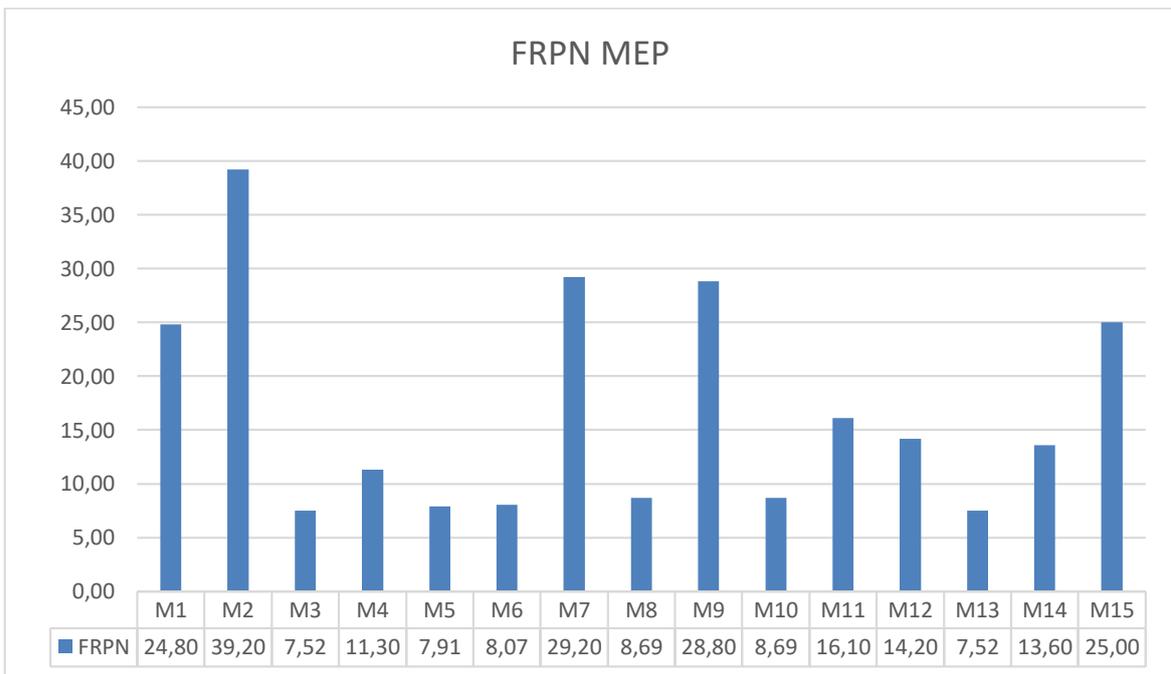
Tabel 4.11. Nilai hasil perhitungan FRPN dengan metode Fuzzy-FMEA.

Kode Risiko	Kejadian Risiko	Nilai Parameter			Fuzzy	
		S	O	D		
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	1,64	4,3	2,29	36,20
	C2	Kerusakan pintu utama	1,38	4,24	1,42	7,52
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	2,25	2,02	2,88	26,60
	C4	Dinding retak	1,87	5	3,37	45,00
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	1,47	1,38	2,02	8,69
	C6	Marmer pecah/retak	4,62	1,25	3,76	64,70
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	1,35	1,7	2,88	25,00
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	3,25	1,63	2,89	38,40
	C9	Frame balkon rusak	1,59	1	2,15	14,70
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	1,37	2,65	1,66	14,80
MEP	M1	Suhu AC tidak sesuai	2,21	4,05	1,66	24,80
	M2	Instalasi listrik nge trip	2,6	4,27	1,7	39,20
	M3	Lampu padam	1,35	5	1,29	7,52
	M4	FD Buntu (Repair)	1,36	2,95	1,57	11,30
	M5	Instalasi Elektrikal ke BAS	1,35	1,27	1,6	7,91
	M6	Wastafel rusak/buntu/bocor	1,73	2,36	1,94	8,07
	M7	Closet/Urinoir rusak	2,98	2,36	1,69	29,20
	M8	Filter AC kotor	1,34	4,36	1,52	8,69
	M9	Kekurangan daya instalasi listrik	4,62	1	1,57	28,80
	M10	Kerusakan area skypool	1,54	1,41	1,56	8,69
	M11	Grease trap buntu/rusak	2,55	1,23	1,69	16,10
	M12	AHU/FCU bermasalah	2,28	1,23	1,6	14,20
	M13	Kebocoran instalasi gas/kompor	1,38	1,27	1,36	7,52
	M14	Exhaust fan/blower rusak/macet/bunyi	2,18	1,05	1,6	13,60
	M15	Spinkler/Smoke detector/hydrant	2,95	1,55	2,01	25,00

Dari hasil perhitungan fuzzy-RPN diatas kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan nilai yang paling kritis pada *risk event* dan akan dilakukan pembuatan *Fault tree analysis* untuk mendapatkan *basic event* dari *risk event* yang paling kritis.



Gambar 4.14. Nilai FRPN bagian Civil metode Fuzzy-FMEA



Gambar 4.15. Nilai FRPN bagian MEP metode Fuzzy-FMEA

Dari grafik diatas nilai hasil perhitungan FRPN menggunakan metode Fuzzy-FMEA terbesar untuk bidang Civil adalah risk code C6 yaitu marmer pecah/retak dan kejadian risiko terbanyak untuk bidang MEP adalah risk code M2 yaitu perbaikan kerusakan pada instalasi listrik yang ada di area Gedung apartemen XYZ.

Terdapat perbedaan pada hasil dari kedua metode. Perbedaan terletak pada nilai yang terbesar pada bagian Civil yang semula risk code C4 pada metode FMEA klasik menjadi risk code C6 pada metode Fuzzy-FMEA. Hasil analisa pada perbedaan ini disebabkan karena cara perhitungan dari kedua metode yang memiliki perbedaan. Pada FMEA klasik nilai dari masing-masing parameter dikalikan untuk mendapatkan hasil nilai RPN sedangkan pada Fuzzy-FMEA perhitungan dilakukan dengan meletakkan nilai pada plot poin yang telah dirancang untuk kemudian di analisa oleh aturan-aturan fuzzy yang telah dibuat untuk mendapatkan nilai FRPN. Dari hasil perhitungan dengan metode Fuzzy-FMEA maka didapatkan satu risiko yang dinyatakan sebagai risiko kritis untuk kemudian dilakukan tahap mitigasi risiko.

Pada bab ini juga ditambahkan hasil dari dokumentasi penulis yang melakukan observasi lapangan secara langsung atau tidak langsung. Hal ini diharapkan untuk pembaca dapat memahami kondisi yang terjadi di lapangan dan bagaimana teknisi melakukan tindakan perbaikan dari akibat risiko tersebut.

BAB V

ANALISA HASIL

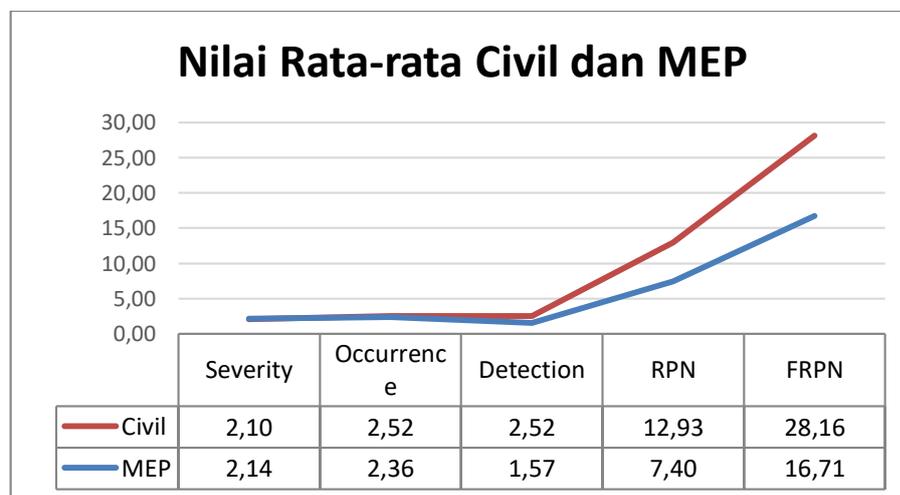
5.1. Analisa Risiko Kritis

Pada penelitian ini data hasil perhitungan nilai FRPN dengan metode fuzzy-FMEA dapat digunakan sebagai nilai acuan yang menyatakan bahwa suatu risiko dapat dinyatakan sebagai risiko kritis apabila memiliki nilai FRPN yang tinggi. Berikut hasil analisa keseluruhan bidang baik Civil maupun MEP untuk memperoleh risiko paling kritis yang harus segera mendapatkan penanggulangan dari pihak gedung apartemen XYZ.

Nilai yang ada pada parameter severity, occurrence, detection, serta nilai risk priority number hasil perhitungan klasik FMEA dan Fuzzy-FMEA dihitung rata-ratanya menurut pembagian risk event civil dan MEP. Hasil dari rata-rata nilai tersebut kemudian disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 5.1. Nilai rata-rata untuk bidang Civil dan MEP.

	Nilai Rata-rata	
	Civil	MEP
Severity	2,10	2,14
Occurrence	2,52	2,36
Detection	2,52	1,57
RPN	12,93	7,40
FRPN	28,16	16,71



Gambar 5.1. Perbandingan grafik nilai rata-rata antara Civil dan MEP

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh hasil bahwa nilai dari bidang Civil lebih tinggi dibandingkan dengan nilai MEP secara keseluruhan. Dapat disimpulkan bahwa risiko paling kritis yang ada pada gedung apartemen XYZ adalah risiko tertinggi yang ada pada bidang Civil. Berikut urutan peringkat yang ada pada risiko di bidang Civil.

Tabel 5.2. Urutan peringkat risiko pada bidang Civil.

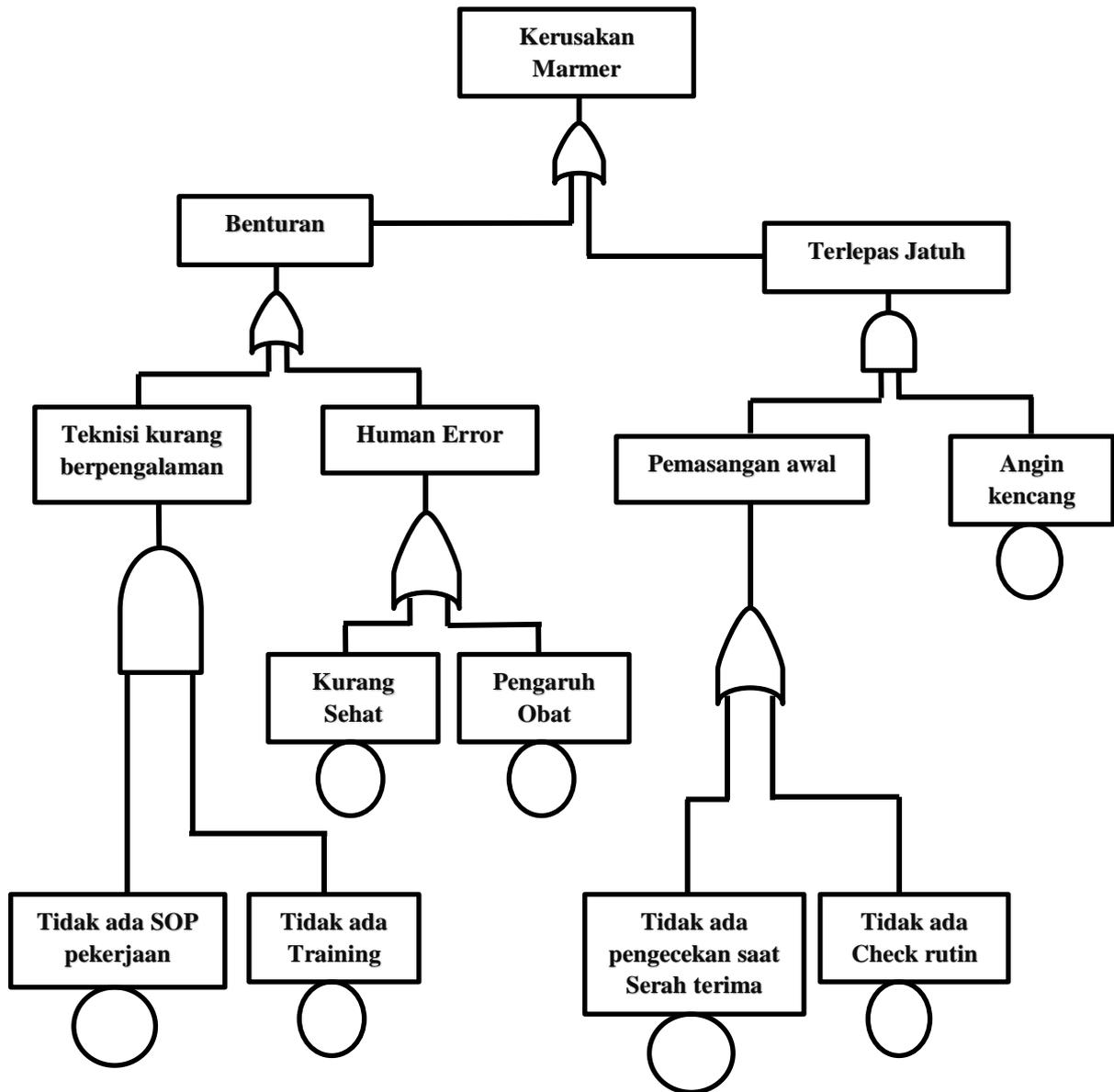
Kode Risiko	Kejadian Risiko	FRPN	Peringkat	
Civil	C1	Plafon bocor/retak/pecah	26,20	5
	C2	Perbaikan Pintu	7,52	10
	C3	Parquet rusak/lepas/melendut	26,60	4
	C4	Dinding retak	45,00	2
	C5	Wallpaper dinding rusak/sobek	8,20	9
	C6	Marmar pecah/retak	64,70	1
	C7	Keramik rusak/retak/pecah	8,41	8
	C8	Kaca Area Gedung Retak/pecah	45,00	3
	C9	Frame balkon rusak	14,10	6
	C10	Batu alam area jalur kendaraan pecah	14,10	7

Pada tabel peringkat risiko civil didapat peringkat tertinggi adalah pada *risk code* C6 yaitu Marmer pecah atau retak dengan nilai FRPN 64,70. Risiko tersebut dinyatakan sebagai risiko kritis yang ada di dalam gedung apartemen XYZ. Untuk itu perlu dilakukan mitigasi risiko untuk mengurangi tingkat kejadian atau keparahan yang ada.

5.2. Mitigasi Risiko C6 Kerusakan Marmer

5.2.1. Pembuatan Fault Tree Analysis Risiko C6

Pembuatan pohon kesalahan berdasarkan dari penyebab setiap kejadian *top event* dan penyebabnya yang beragam seperti kesalahan teknisi hingga kurangnya pengalaman dari *cleaning service*. Terdapat juga penyebab dari faktor alam yaitu angin kencang yang membuat marmer terjatuh dan pecah. Berikut hubungan antar penyebab dan *top event*. *Basic Event* didapatkan dari penyebab kejadian yang tertera didalam laporan berita acara kejadian di gedung apartemen XYZ. Dari *basic event* yang didapat selanjutnya melakukan penentuan hubungan antar *basic event* dalam perancangan pohon kesalahan. Setelah tahap itu analisa dilakukan untuk memperoleh hasil rekomendasi yang sesuai bagi kebutuhan perusahaan.



Gambar 5.2. Logic Expression Kerusakan marmer.

Hubungan antar *basic event* ada dua yaitu antara dan dengan atau. Seperti yang ditunjukkan didalam gambar pohon kesalahan terdapat 2 penghubung antar *basic event* yang memiliki perbedaan bentuk. Seperti kasus Teknisi yang kurang berpengalaman dapat menimbulkan benturan terhadap marmer dan membuat kerusakan pada marmer. Penyebab dasar dari teknisi yang kurang berpengalaman ada 2 yaitu tidak adanya SOP dan tidak ada training khusus terhadap karyawan. Didalam pohon kesalahan diatas kedua penyebab dasar tersebut memiliki hubungan “dan” yang artinya apabila sudah terdapat SOP pekerjaan akan tetapi belum diberikan training bagi pekerja maka kerusakan marmer yang diakibatkan teknisi kurang berpengalaman dapat diatasi. Berbeda dengan kasus “*Human Error*” yang

memiliki 2 penyebab dasar yaitu pekerja dalam kondisi kurang sehat atau dalam pengaruh obat-obatan. Apabila pekerja dinyatakan sudah sehat akan tetapi dengan kondisi dalam pengaruh obat-obatan, kerusakan marmer yang diakibatkan *human error* masih sangat mungkin terjadi.

5.2.2. Analisis FTA

Pada Kerusakan marmer terdapat 6 *cut set* dan 7 *basic event*, dimana kerusakan tersebut disebabkan oleh benturan atau terlepas. *Top event* benturan memiliki 2 *cut set* yaitu Teknisi kurang berpengalaman dikarenakan Tidak ada SOP dan tidak ada training, atau human error dikarenakan kurang sehat dan faktor kejiwaan. Sedangkan *top event* terlepas memiliki 2 *cut set* yaitu angin kencang dan pemasangan awal dikarenakan tidak ada pengecekan saat serah terima atau tidak ada checklist rutin.

Dari data diatas maka penulis dapat membuat tabel *basic event* dan rekomendasi untuk tiap-tiap *basic event* nya. Hal itu diperlukan bagi perusahaan sebagai langkah pencegahan agar tidak terjadi kerusakan tersebut. Berikut tabel dari *basic event* dan rekomendasi yang diberikan.

Tabel 5.3. Rekomendasi dari tiap basic event.

No	Basic Event	Rekomendasi
1	Tidak ada SOP pekerjaan	Pembuatan SOP oleh pihak pengelola gedung dan dilakukan supervisi untuk memastikan SOP dijalankan
2	Tidak ada training	Pihak pengelola gedung menyediakan pelatihan bagi tenaga kerjanya.
3	Kurang sehat atau dalam pengaruh obat-obatan	Supervisi dari pihak pengelola gedung terhadap pekerja ditingkatkan selain dengan form pernyataan yang dibuat.
4	Tidak ada pengecekan saat serah terima	Checklist area secara berlapis (lebih dari satu orang) saat terdapat pemasangan marmer di area unit baru untuk mengurangi risiko <i>defect</i> pekerjaan kontraktor
5	Tidak ada checklist rutin	Pembuatan form checklist serta jadwal checklist berdasarkan prioritas area dan waktu tertentu.

Rekomendasi diatas dapat dilakukan untuk mengurangi risiko kerusakan marmer di area gedung apartemen XYZ. Setelah dilakukan rekomendasi diatas maka dianalisa kembali bagaimana tingkat keseringan terjadi. Setelah itu dilakukan analisa kembali bagaimana rekomendasi tersebut sudah tepat sasaran atau tidak. Hubungan antar penyebab berpengaruh juga terhadap aplikasi rekomendasi di perusahaan. Ketika sebuah hubungan antara penyebab dasar memiliki hubungan “dan” maka perusahaan dapat hanya melakukan salah satu

rekomendasi saja seperti pada kasus tidak ada SOP dan tidak ada training bagi pekerja. Perusahaan dapat memilih salah satu rekomendasi yaitu membuat SOP pekerjaan secara detail atau memberikan pelatihan bagi pekerja. Berbeda dengan hubungan antara *basic event* tidak ada pengecekan saat serah terima dan tidak ada checklist rutin. Perusahaan harus mengaplikasikan kedua rekomendasi tersebut tanpa boleh memilih untuk mengurangi kasus kerusakan marmer yang disebabkan pemasangan awal.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan dan Rekomendasi

Adapun kesimpulan yang ada didalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berdasarkan metode fuzzy-FMEA didapatkan risiko paling kritis dari 25 risiko yang teridentifikasi adalah pada risk code C6 yaitu Kerusakan marmer yang memiliki nilai FRPN 64,7.
2. Berdasarkan metode FTA dari risiko paling kritis didapatkan 7 basic event yaitu: Tidak ada SOP pekerjaan, tidak ada training, kurang sehat, gangguan jiwa, tidak ada pengecekan saat serah terima, tidak ada checklist rutin, dan angina kencang.
3. Dari hasil analisa didapatkan lima rekomendasi bagi perusahaan, yaitu: Pembuatan SOP oleh pihak pengelola gedung dan dilakukan supervisi untuk memastikan SOP dijalankan, pihak pengelola gedung menyediakan pelatihan bagi tenaga kerjanya, supervisi dari pihak pengelola gedung terhadap pekerja ditingkatkan selain dengan form pernyataan yang dibuat, checklist area secara berlapis (lebih dari satu orang) saat terdapat pemasangan marmer di area unit baru untuk mengurangi risiko defect pekerjaan kontraktor, dan pembuatan form checklist serta jadwal checklist berdasarkan prioritas area dan waktu tertentu.

6.2 Saran

Adapun saran yang ada didalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap analisa dan rencana perbaikan / pemberian usulan perbaikan (improvement) dan belum sampai pada tahap implementasi dan Plan-Do-Check-Action (PDCA).
2. Banyak faktor lain seperti bahaya risiko keselamatan dan bahaya risiko kebakaran yang ada didalam gedung apartemen yang dapat dilakukan penilaian dan langkah perbaikan (improvement).
3. Dapat dilakukan perhitungan kembali menggunakan tabel FMEA untuk *basic event* yang ditemukan melalui metode FTA.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Mansur, Rastiti Ratnasari (2015). Analisis risiko mesin bagging scale dengan metode fuzzy failure mode and effect analysis (Fuzzy-FMEA) di area pengantongan pupuk urea PT. Pupuk Sriwidjaja : Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- A. Malinowska (2010). A fuzzy inference-based approach for building damage risk assessment on mining terrains. Department of Mine surveying and Environmental Engineering, AGH University of Science and Technology, Poland.
- Cansu Dagsuyu, Elifcan Gocmen, Mufide Narli, Ali Kokangul (2016). Classical and Fuzzy FMEA Risk Analysis in a Sterilization Unit. Department of Industrial Engineering, Cukurova University.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.09.015>
- Fiorenzo Franceschini, Maurizio Galetto (2001). A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA, International Journal of Production Research, 39:13, 2991-3002. DOI : 10.1080/00207540110056162.
- Guimaraes A.C.F. & Lapa, C.M.F. (2004). Fuzzy FMEA applied to PWR chemical and volume control system. Progress in Nuclear Energy.
- Gunawan Setyadi, Yupie Kusumawati (2015). Mitigasi Risiko Aset dan Komponen Teknologi Informasi Berdasarkan Kerangka Kerja OCTAVE dan FMEA pada Universitas Dian Nuswantoro : Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro.
- Hu-Chen Liu, Jian-Xin You, Qing-Lian Lin, Hui Li (2014). Risk assessment in system FMEA combining fuzzy weighted average with fuzzy decision-making trial and evaluation laboratory, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, DOI: 10.1080/0951192X.2014.900865.
- Jakkula Balajaju , Mandela Govinda Raj, Chivuka Suryanarayana Murthy (2019). Fuzzy-FMEA risk evaluation approach for LHD machine- A case study : Department of Mining Engineering, NITK Surathkal, Karnataka, India
<https://doi.org/10.1016/j.jsm.2019.08.002>
- Kuei-Hu Chang, Ching-Hsue Cheng (2010). A risk assessment methodology using intuitionistic fuzzy set in FMEA. Department of Management Sciences, ROC Military

Academy, Kaohsiung 830, Taiwan. *International Journal of Systems Science*. Vol. 41, No. 12, December 2010, 1457-1471.

Liu X.P, J.L. Niu, K.C.S. Kwok, J.H. Wang, B.Z. Li (2011). Local Characteristics of cross unit contamination around high-rise building due to wind effect: Mean Concentration and infection risk assessment. Department of Building Services Engineering, Hongkong Polytechnic University, Hongkong.

Maryam Gallab, Hafida Bouloiz, Youssef Lamrani Alaoui, Mohamed Tkiouat (2019). Risk Assessment of maintenance activities using fuzzy logic : Industrial Engineering Department, National School of Applied Sciences, ENSA, UIZ, Agadir, Morocco.

Peteris Drukis, Liga Gaile, Leonids Pakrastins (2016). Inspection of Public Buildings Based on Risk Assessment. *Modern Building Materials, Structures and Techniques*, MBMST.

Saiful Mangngrenre, Mulyadi, Alam Pratama, Muhammad Dahlan, Nurhayati Raul, Anis Saleh (2019) Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Saptarshi Mandal, J. Maiti. (2013). Risk Analysis using FMEA: Fuzzy similarity value and possibility theory based approach. Department of Industrial Engineering and Management, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India.

Supriyadi, Ahmad Nalhadi, Abu Rizal (2015). Identifikasi bahaya dan penilaian risiko k3 pada tindakan perawatan & perbaikan menggunakan metode HIRARC (Hazard Identification and Risk Assessment Risk Control) Pada PT. X : Jurusan Teknik Industri, Universitas Serang Raya.

Tsu-Ming Yeh, Long-Yi Chen (2014). Fuzzy-based risk priority number in FMEA for semiconductor water processes. Department of Industrial Engineering and Management, Dayeh University, Changhua, Taiwan. *International Journal of Production Research*, 2014. Vol. 52, No. 2, 539-549.

<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.837984>

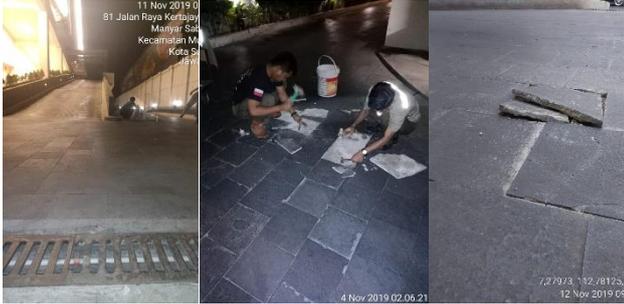
Xiao Wei Zheng, Hong Nan Li, Yeong Bin Yang, Gang Li, Lin-Sheng Huo, Yang Liu (2019). Damage risk assessment of a high-rise building against multihazard of earthquake and strong wind with recorded data. School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing, China.

Xiao-Wei Zheng, Hong-Nan Li, Yeong-Bin Yang, Gang Li, Lin-Sheng Huo, Yang Liu (2019). Damage Risk Assessment of a High-Rise Building Against Multihazard of Earthquake and Strong Wind with Recorded Data. State Lab. Of Coastal and Offshore Engineering, Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning, China.

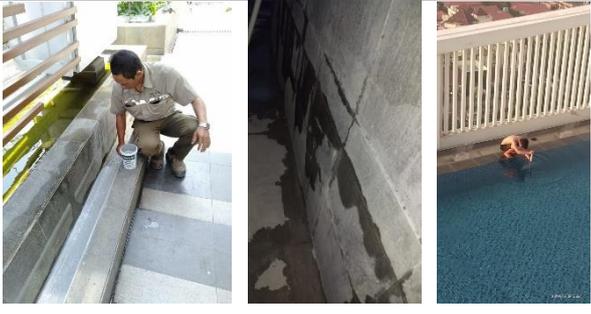
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Risk Code	Kerusakan	Dokumentasi	Penjelasan
C1	Plafon pecah		Perbaiki plafon mulai dari pemotongan sisa pecahan, pemasangan hingga pengecatan ulang
C2	Kerusakan Pintu		Perbaiki pintu kaca dan pintu geser area retail gedung XYZ
C3	Parquet retak		Perbaiki parquet akibat kebocoran precast gedung
C4	Dinding Retak		Perbaiki dinding retak di area unit apartemen XYZ
C5	Wallpaper Dinding		

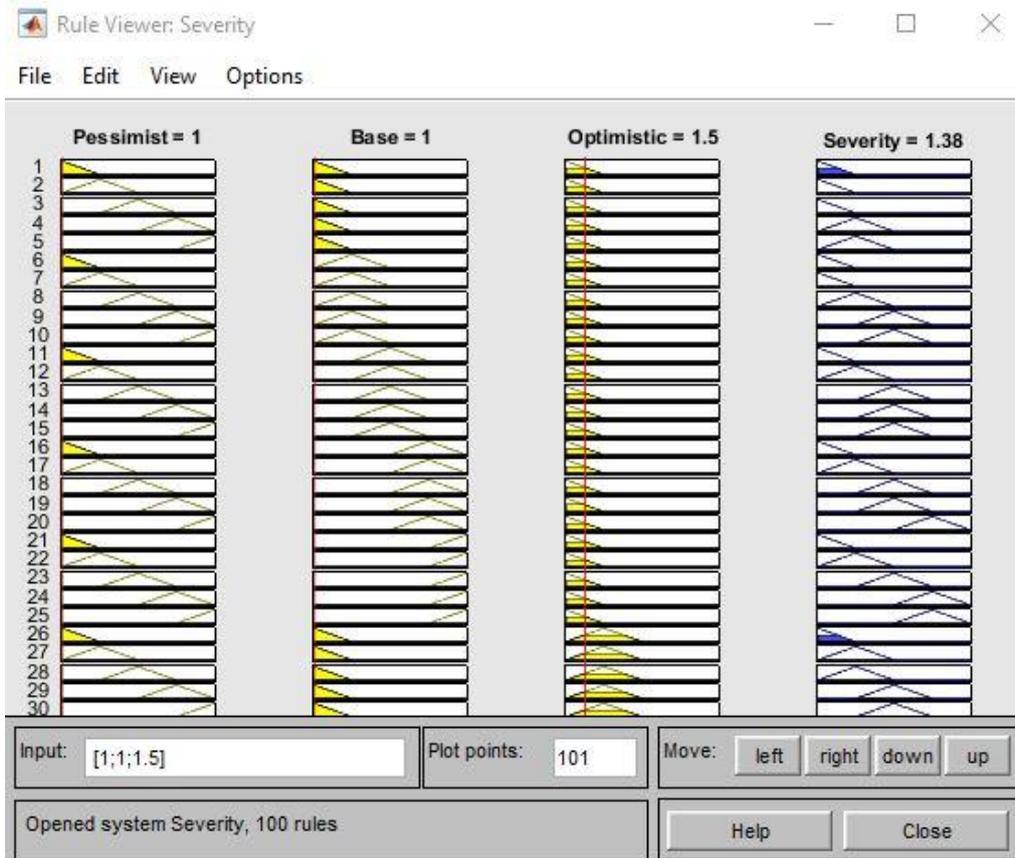
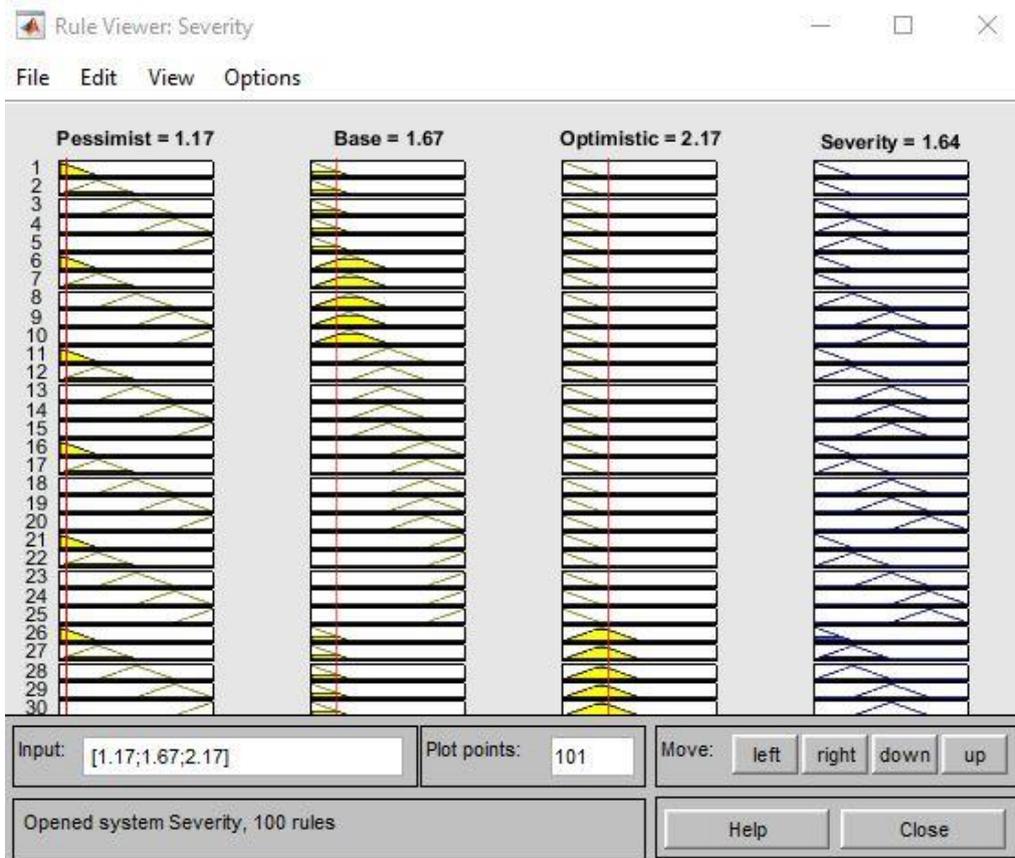
C6	Marmer pecah		Perbaikan marmer dilakukan oleh vendor
C7	Keramik Pecah		Keramik pecah banyak diakibatkan oleh pemasangan awal yang kurang baik.
C8	Kaca Pecah		Perbaikan kaca area fasilitas di kerjakan oleh vendor.
C9	Frame Balkon		
C10	Batu alam pecah atau lepas		Pada kondisi ini perbaikan hanya dapat dilakukan dini hari karena aktifitas kendaraan sepi
M1	Kerusakan AC		Pengecekan, perbaikan, dan pengisian Freon dilakukan secara berkala mengikuti lantai

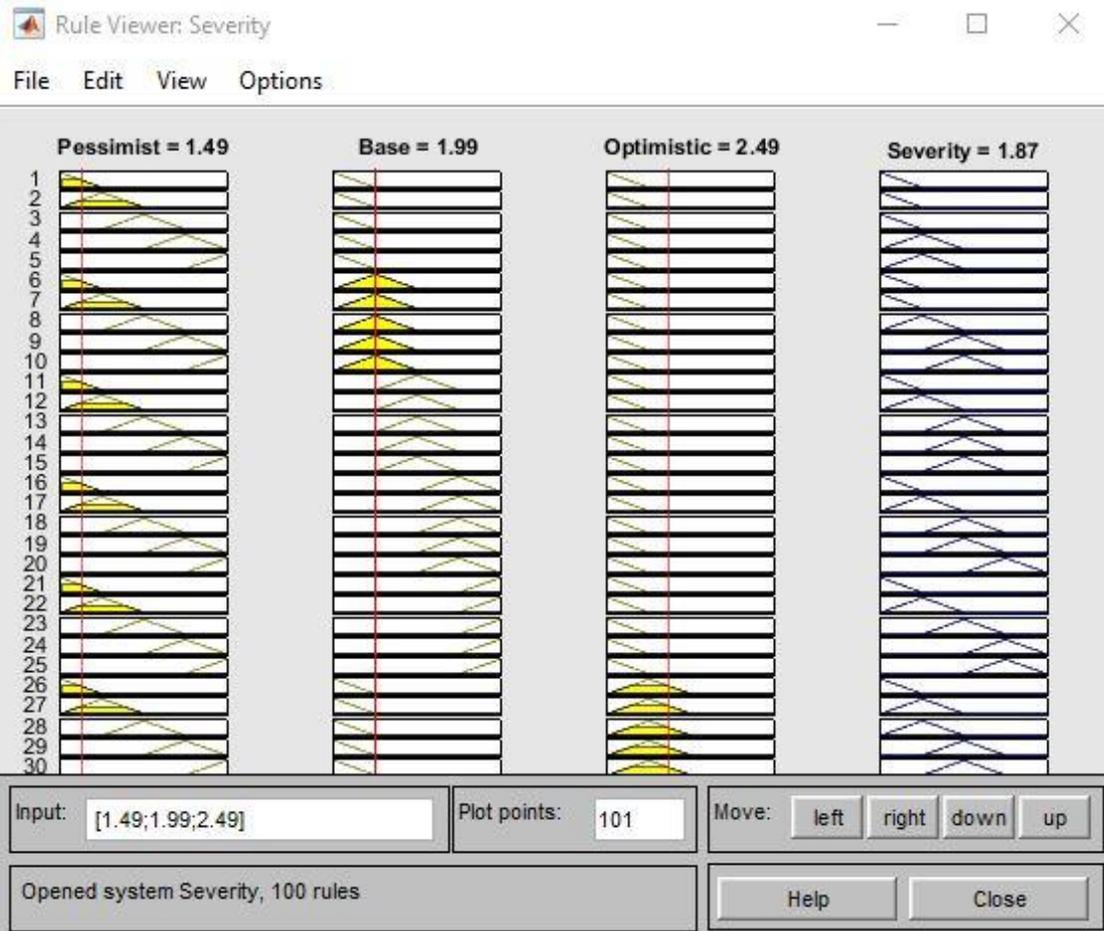
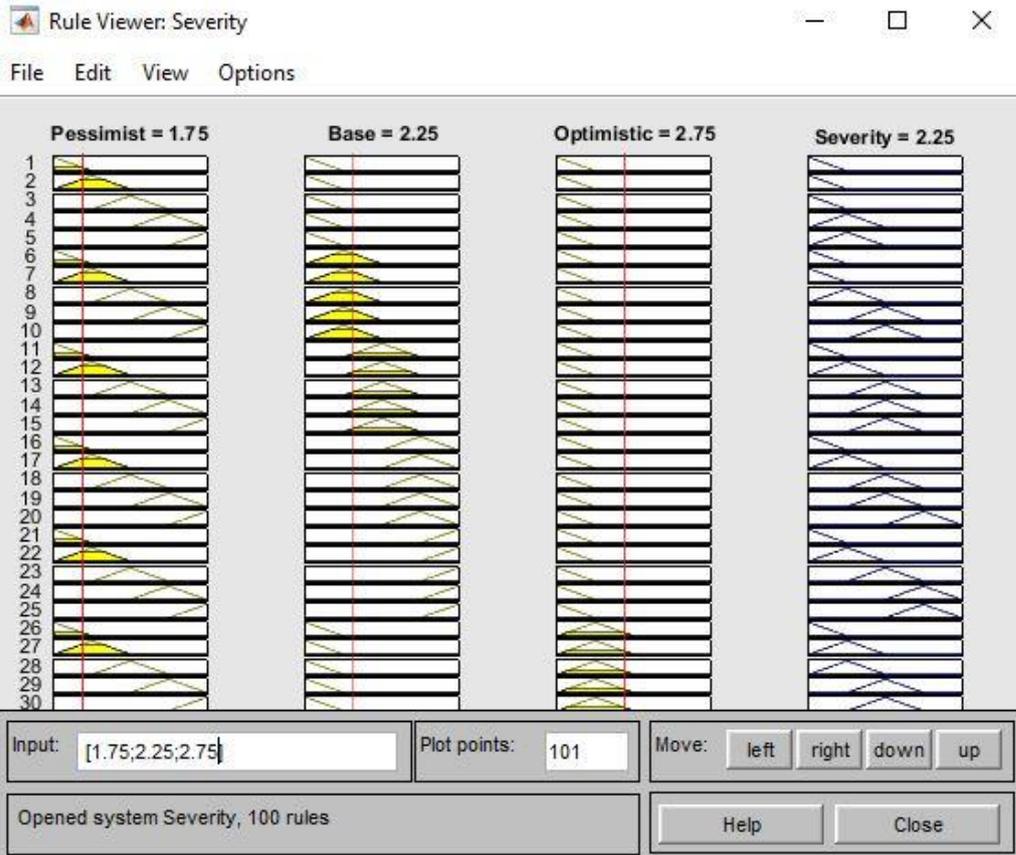
M2	Instalasi listrik		Perbaikan listrik oleh teknisi, penyebab dan akibat dari kerusakan ini sangat beragam
M3	Lampu area publik		Perbaikan ini dilakukan secepatnya setelah teridentifikasi kerusakan
M4	FD buntu		Perbaikan ini dilakukan dengan beragam cara mulai dari pemberian soda api hingga pemotongan pipa
M5	Error Building Automation System		Perbaikan dilakukan di ruang kontrol dan pengecekan timer di panel area
M6	Wastafel Rusak		Kerusakan area wastafel dapat ditimbulkan dari pemakaian yang kurang baik

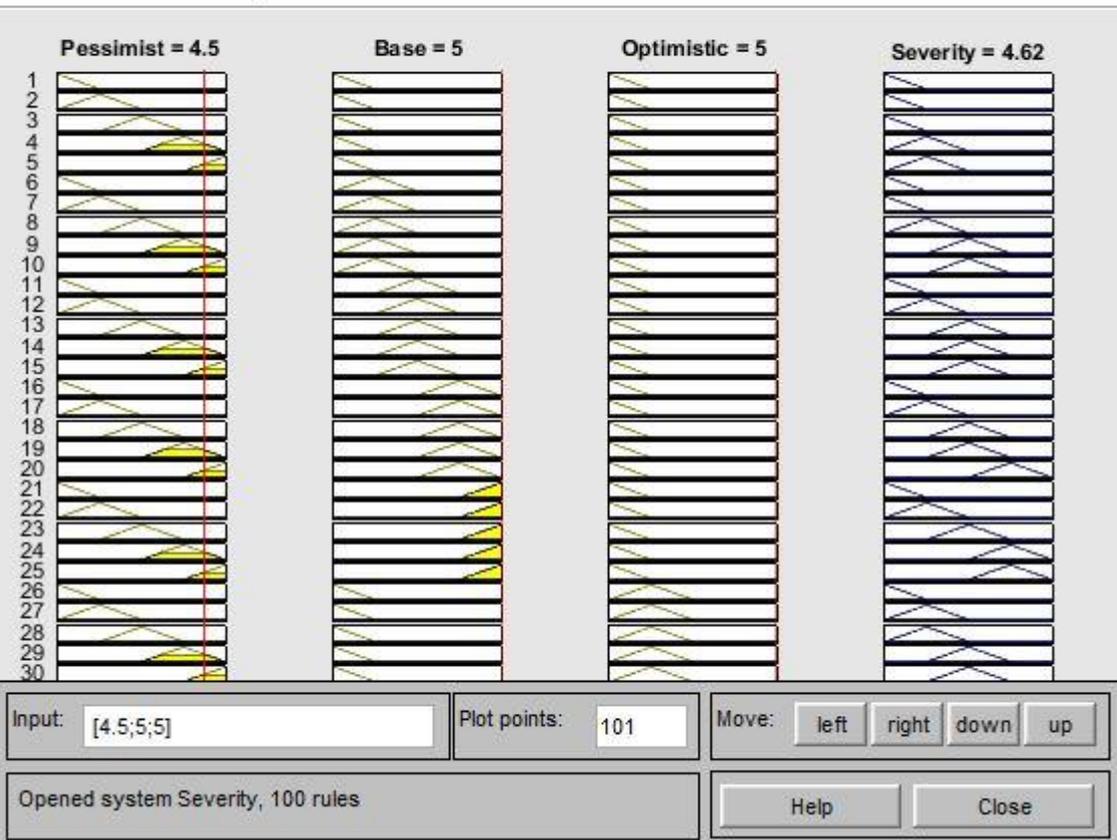
M7	Kerusakan closet		Saluran closet mampet hingga perbaikan pada jet showernya
M8	Cuci AC		Pencucian AC juga hanya bisa dilakukan pada malam hari ketika ruangan sudah tidak digunakan lagi
M9	Kekurangan daya listrik area		Kekurangan daya ini disebabkan oleh kebutuhan yang meningkat seiring berjalannya waktu
M10	Kerusakan atau kebocoran kolam		Perbaikan area kolam dilakukan pada malam hari agar tidak mengganggu operasional
M11	Kebocoran pada grease trap		Grease trap berfungsi sebagai penampung kotoran supaya kinerja STP tidak terlalu berat

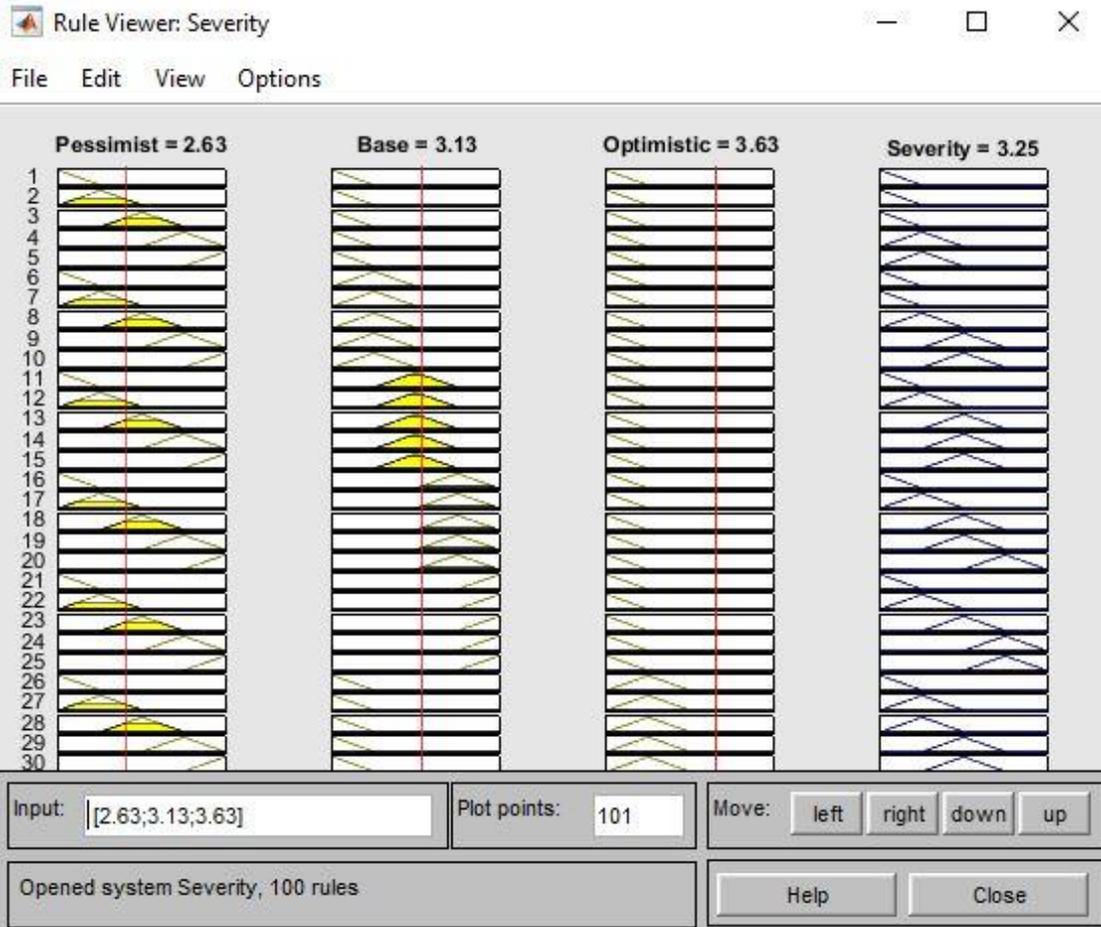
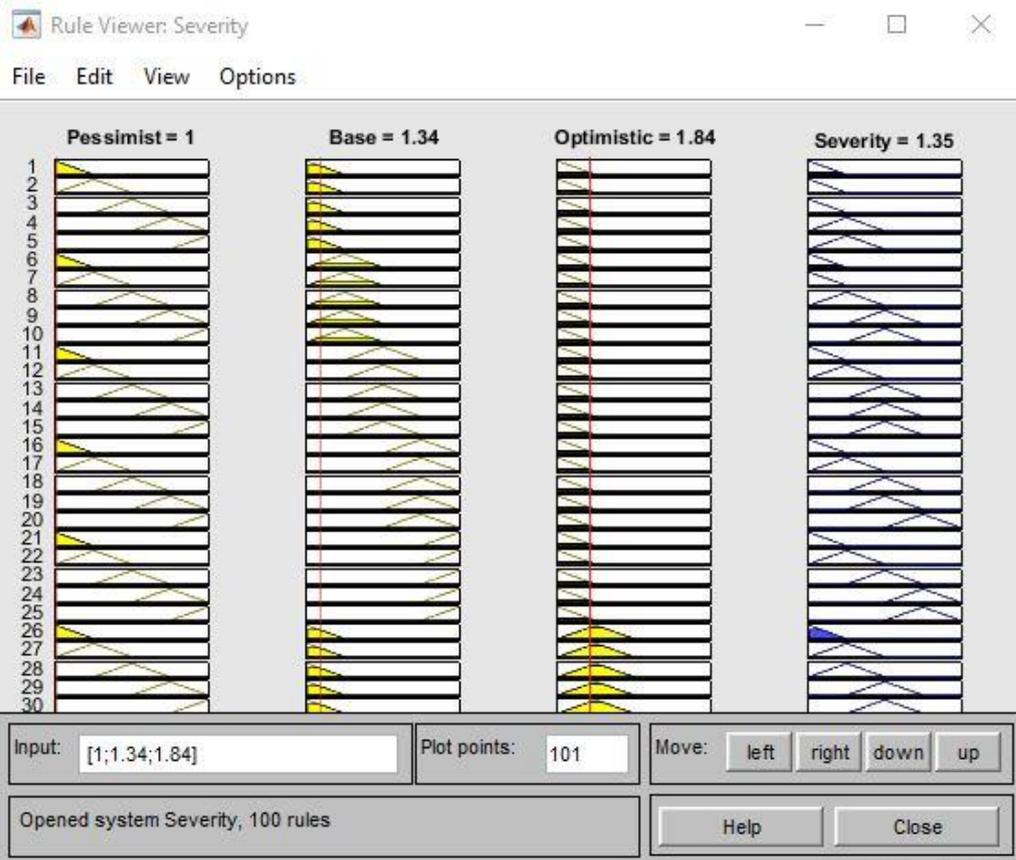
M12	Kerusakan dalam FCU/AHU		Perbaikan dilakukan diketinggian dan ruang terbatas. Risiko keselamatan cukup tinggi
M13	Kebocoran instalasi kompor gas		Perbaikan ini dilakukan secepat mungkin karena mengganggu operasional yang dimana alarm Smoke detector akan terus berbunyi.
M14	Exhaust fan atau blower		Penggunaan exhaust fan pada ruang utilitas sering trouble karena pemakaian 24 jam untuk 7 hari.
M15	Fire protection system rusak		Kejadian pada gambar disamping adalah kebocoran pada selang hydrant

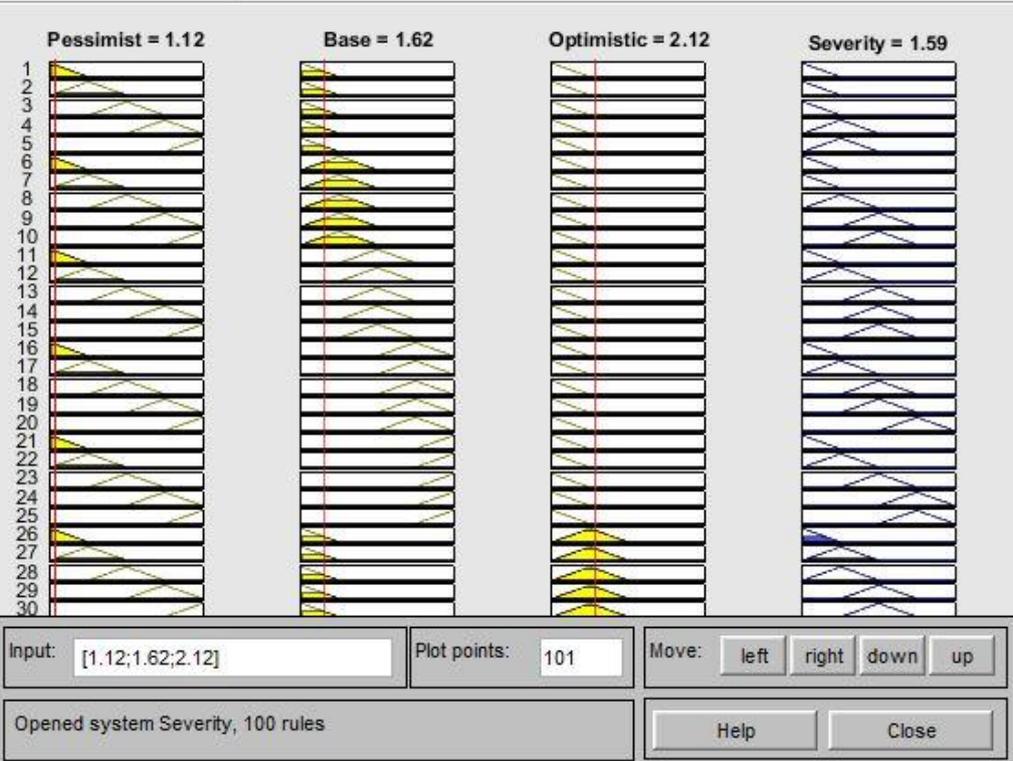
Plotting Nilai Fuzzy Parameter Severity

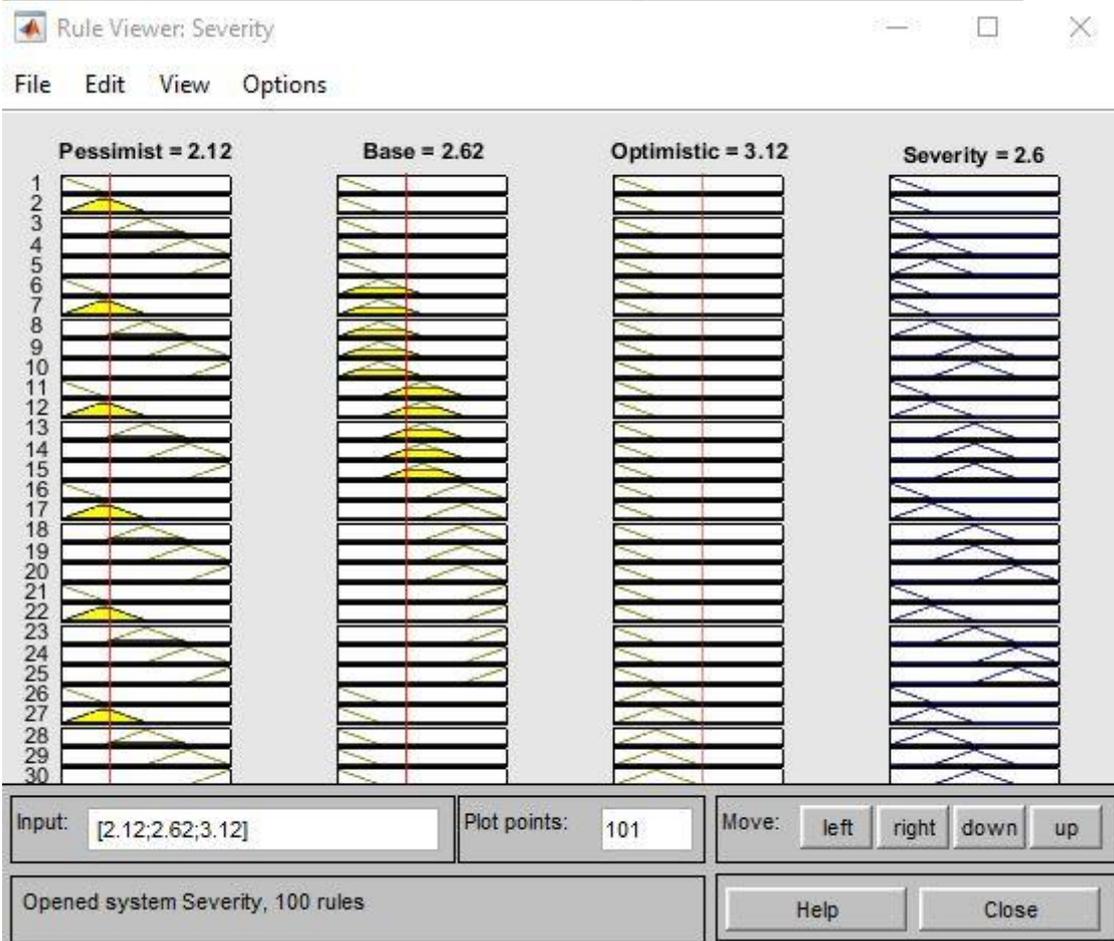
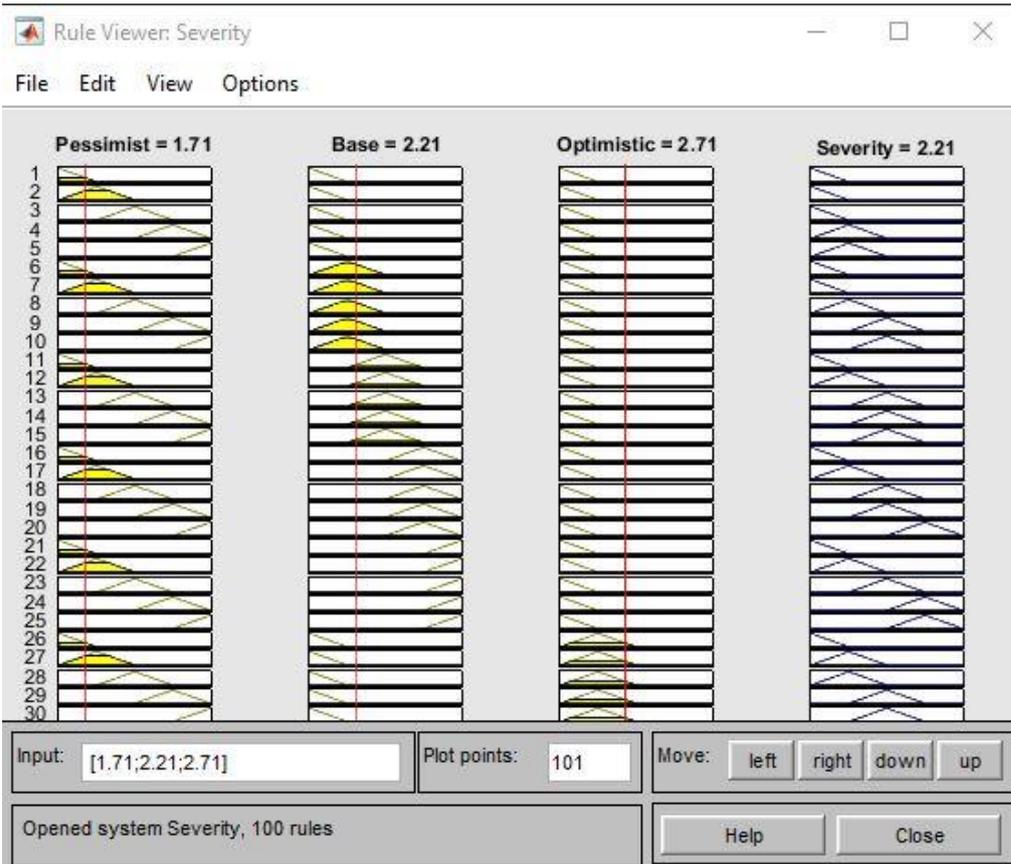






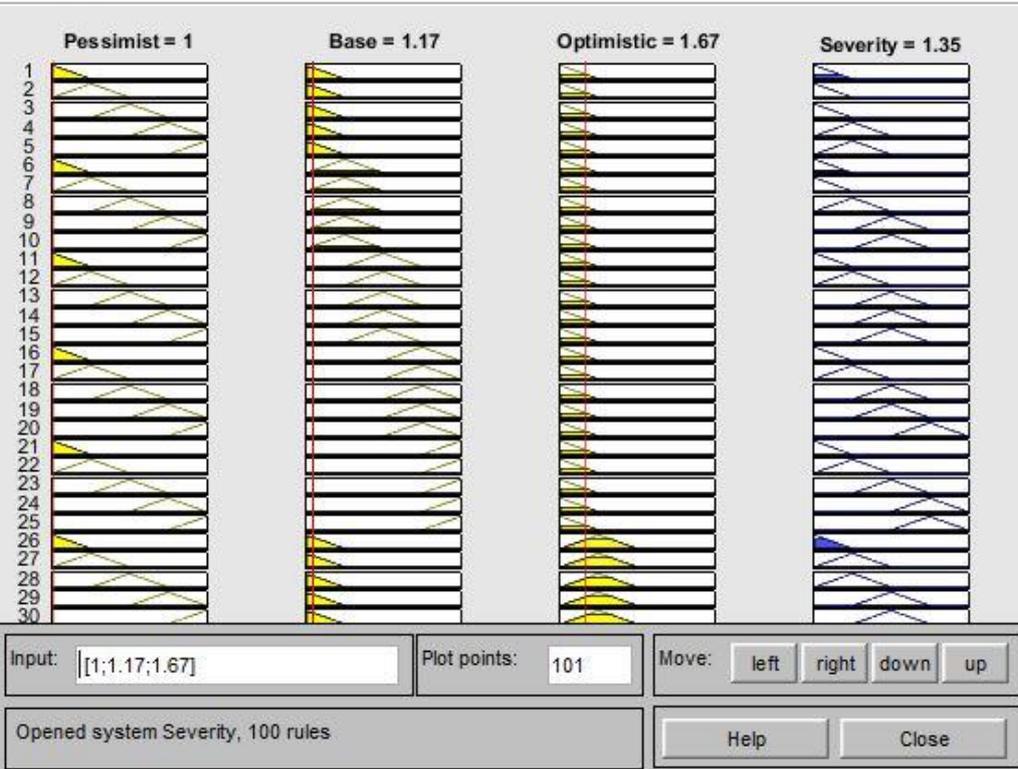






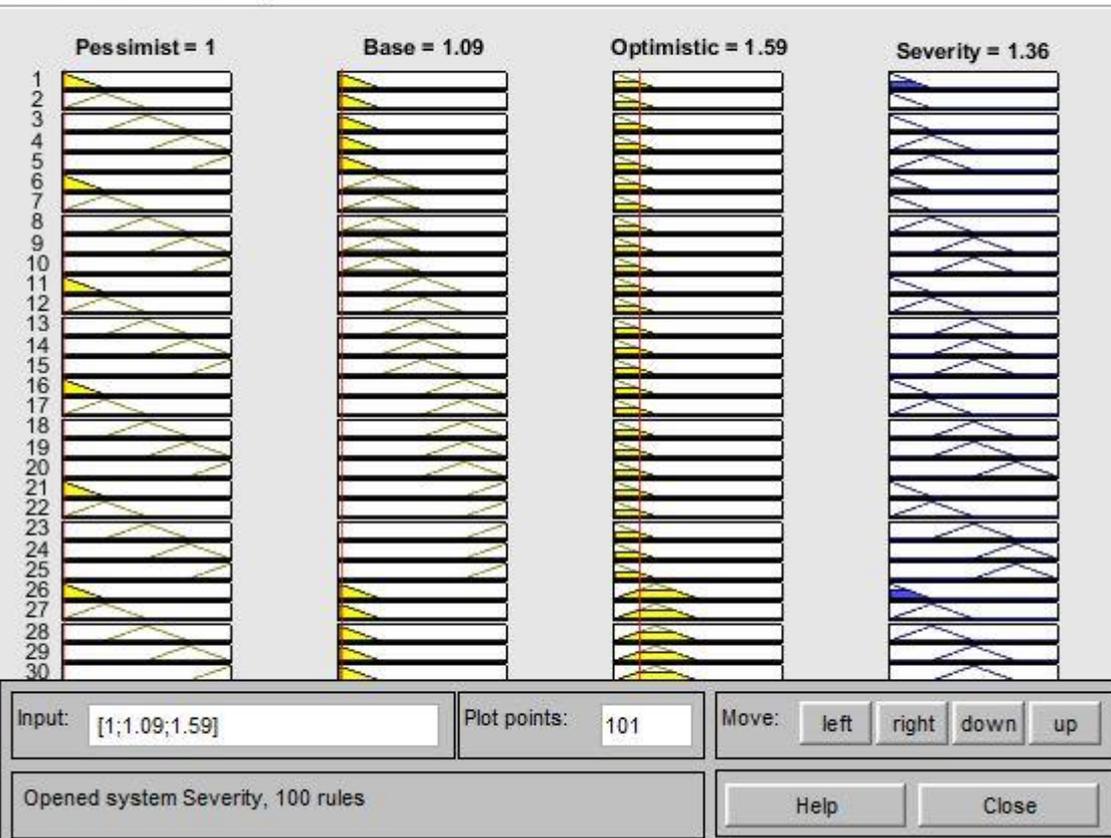
Rule Viewer: Severity

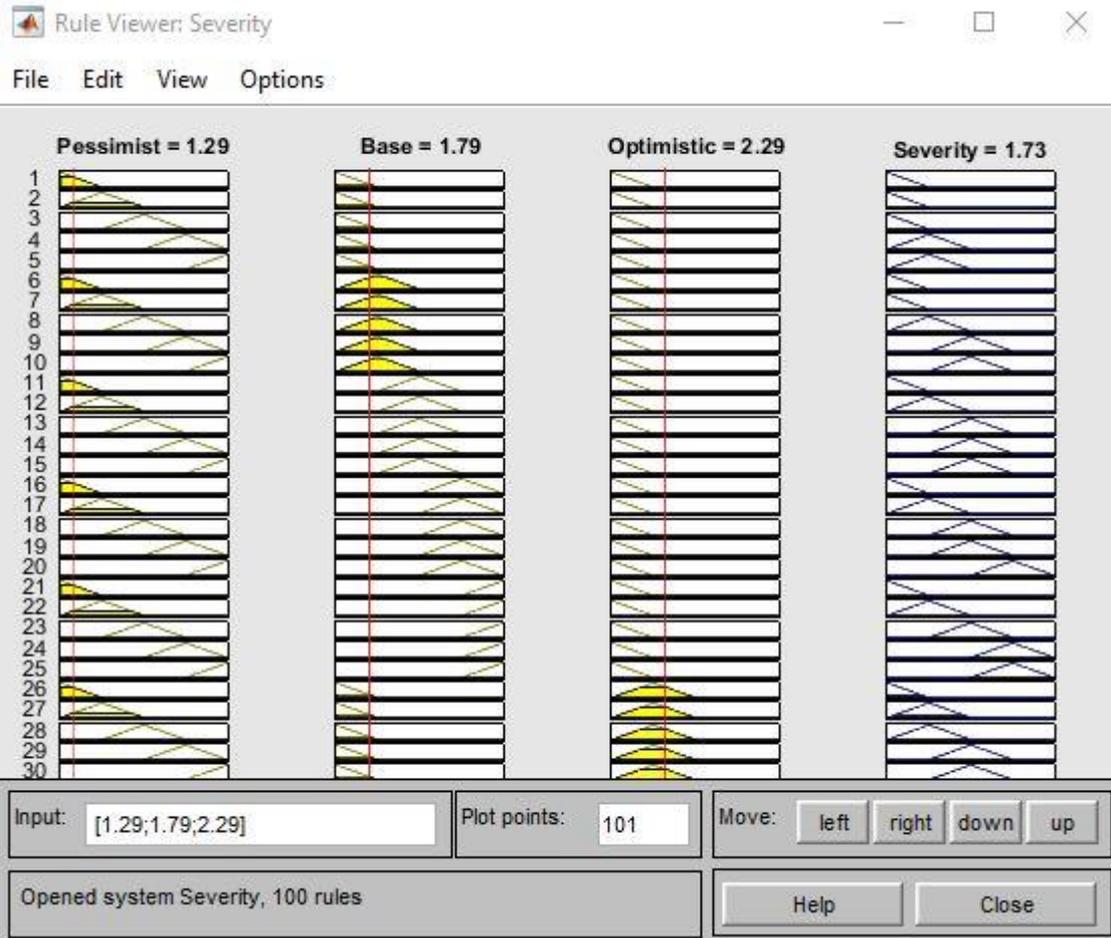
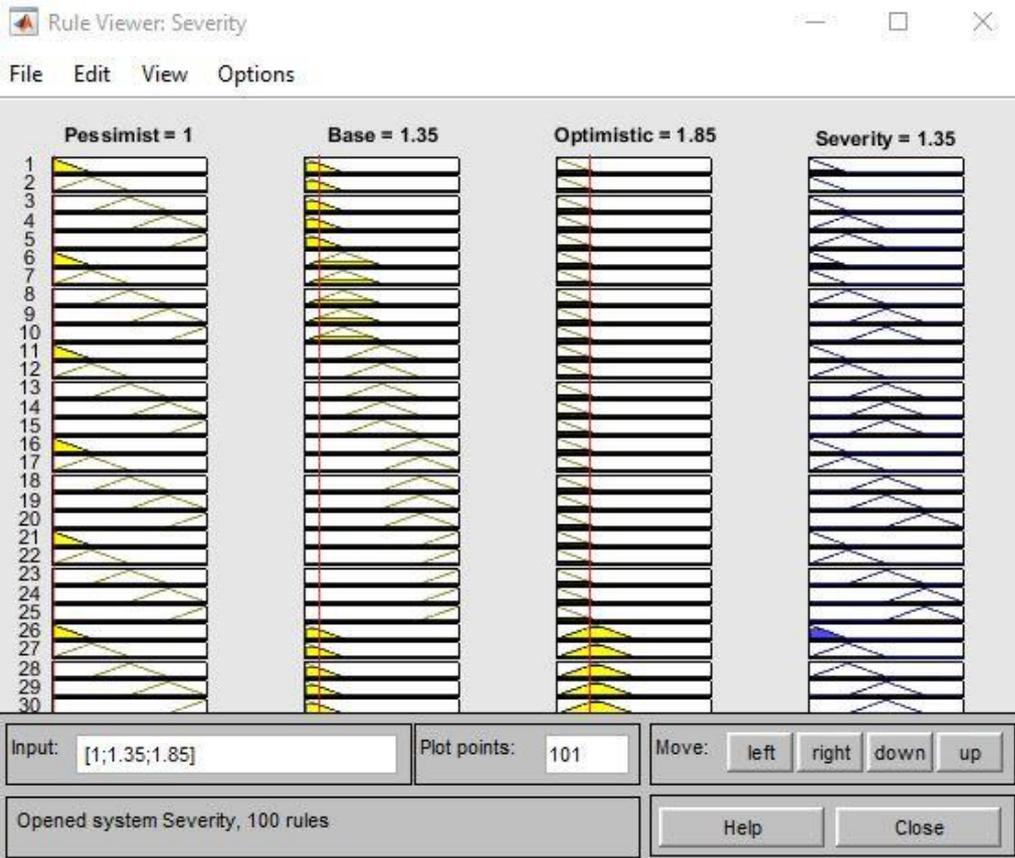
File Edit View Options

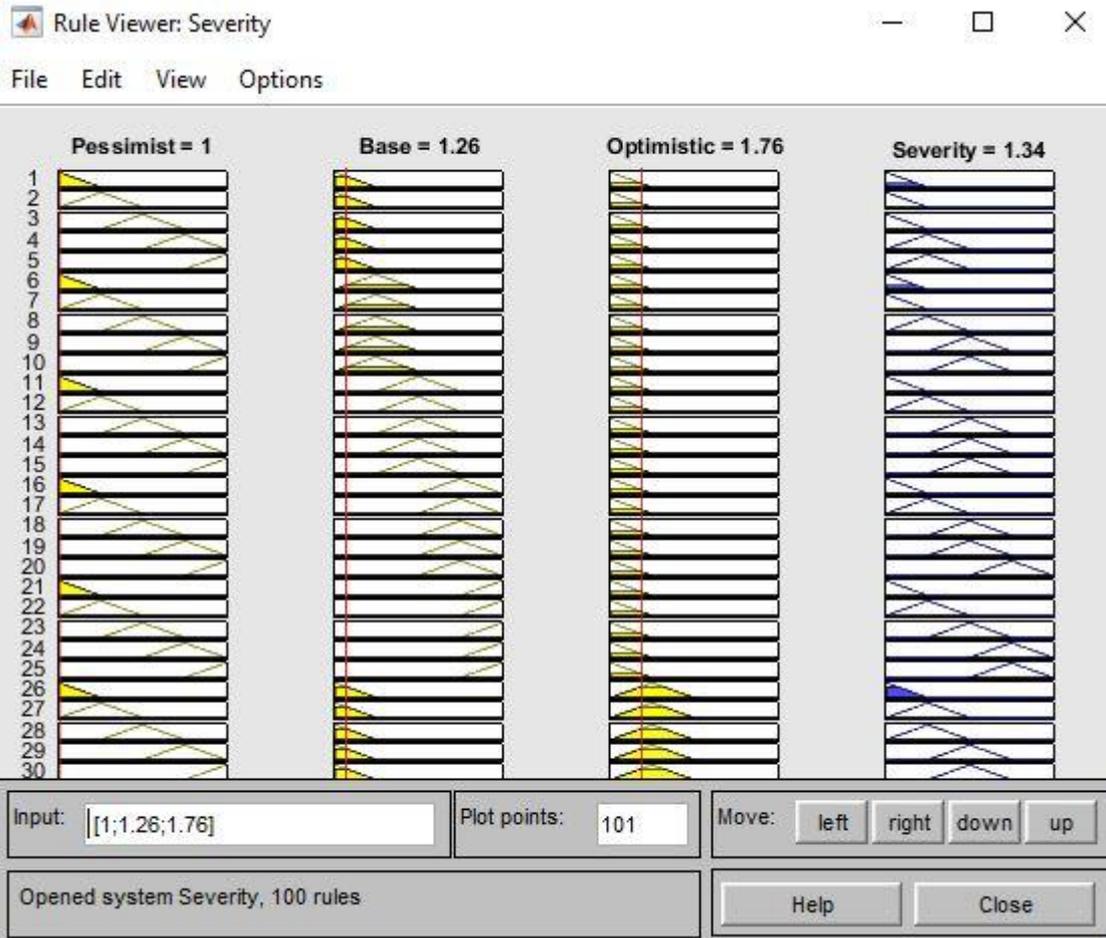
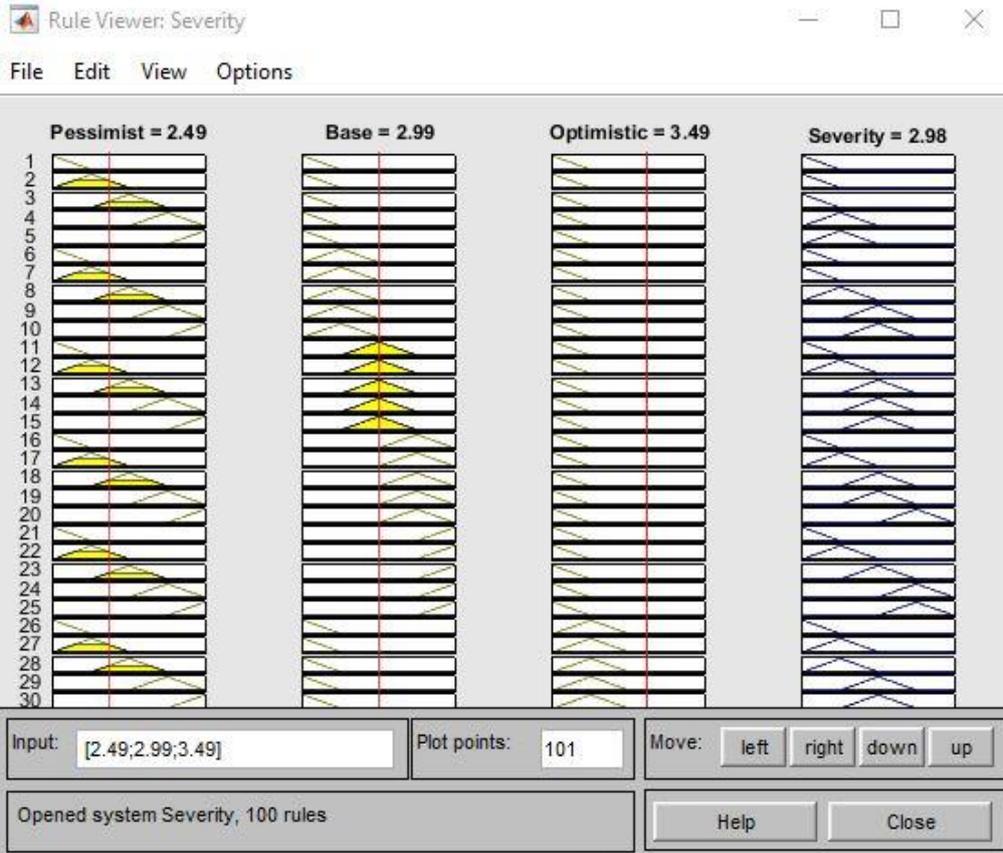


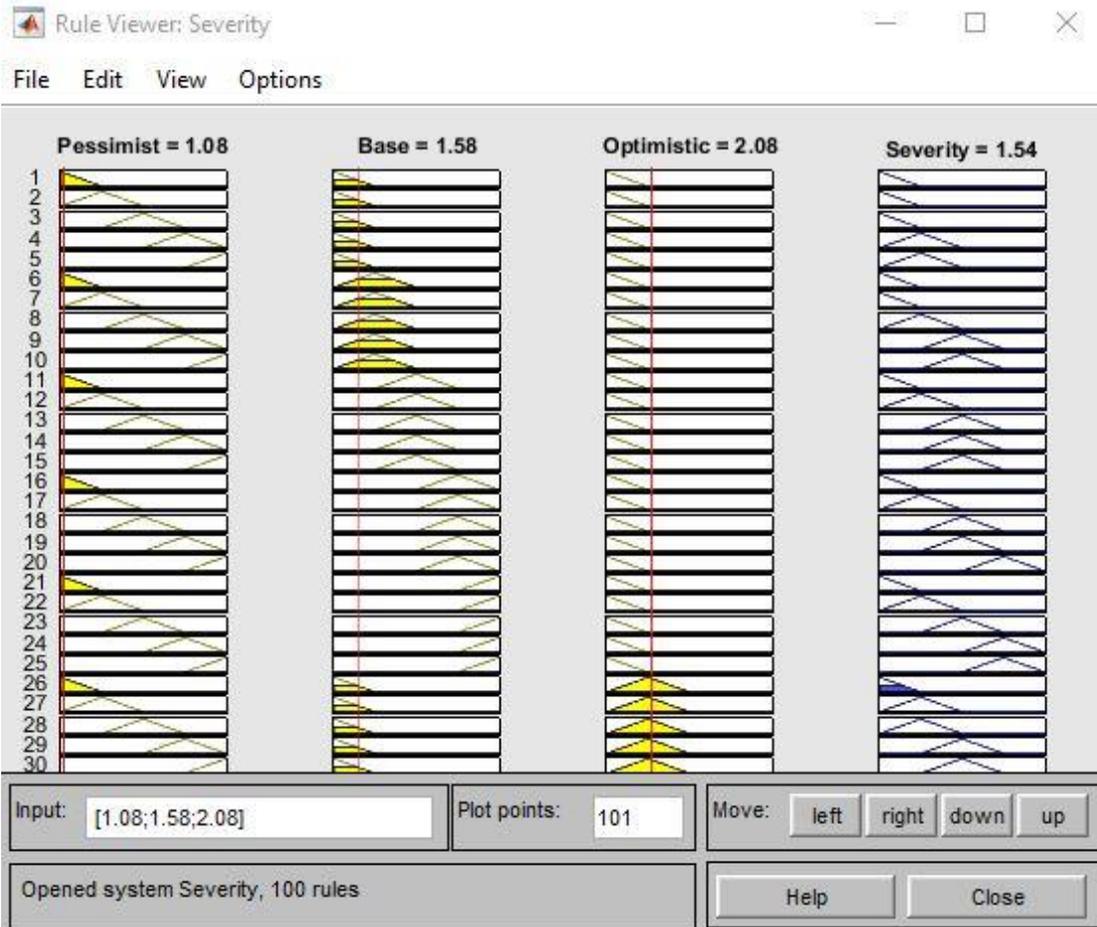
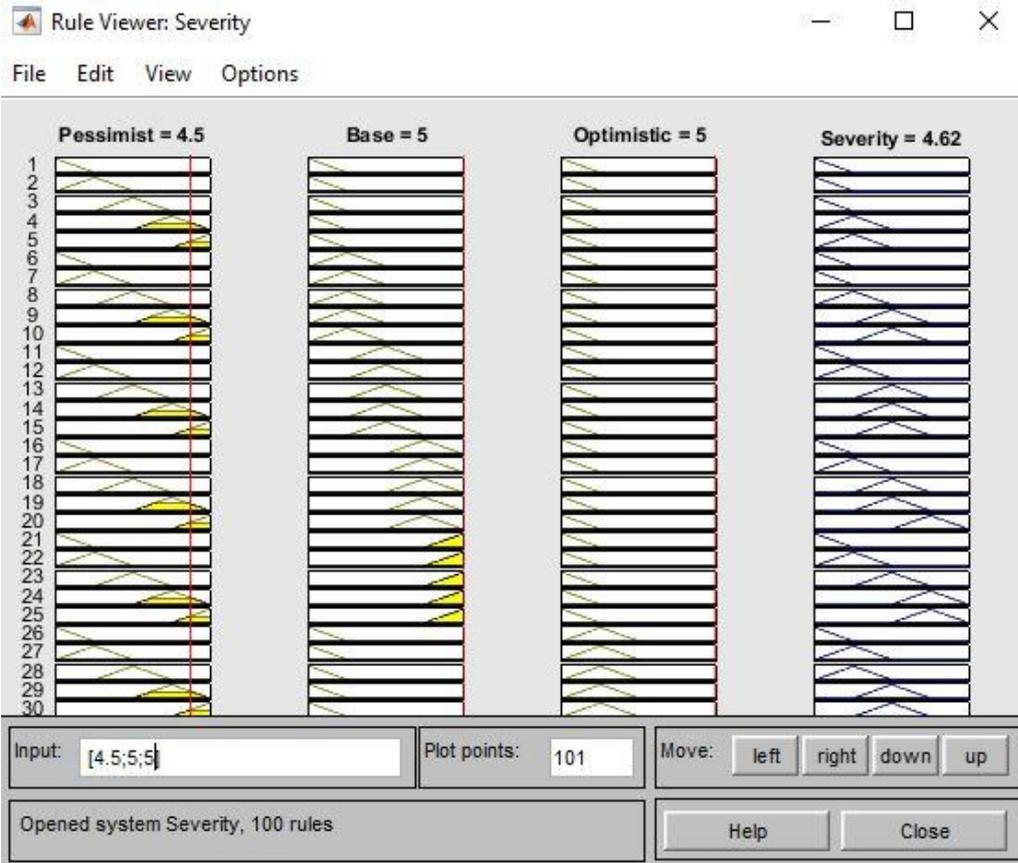
Rule Viewer: Severity

File Edit View Options





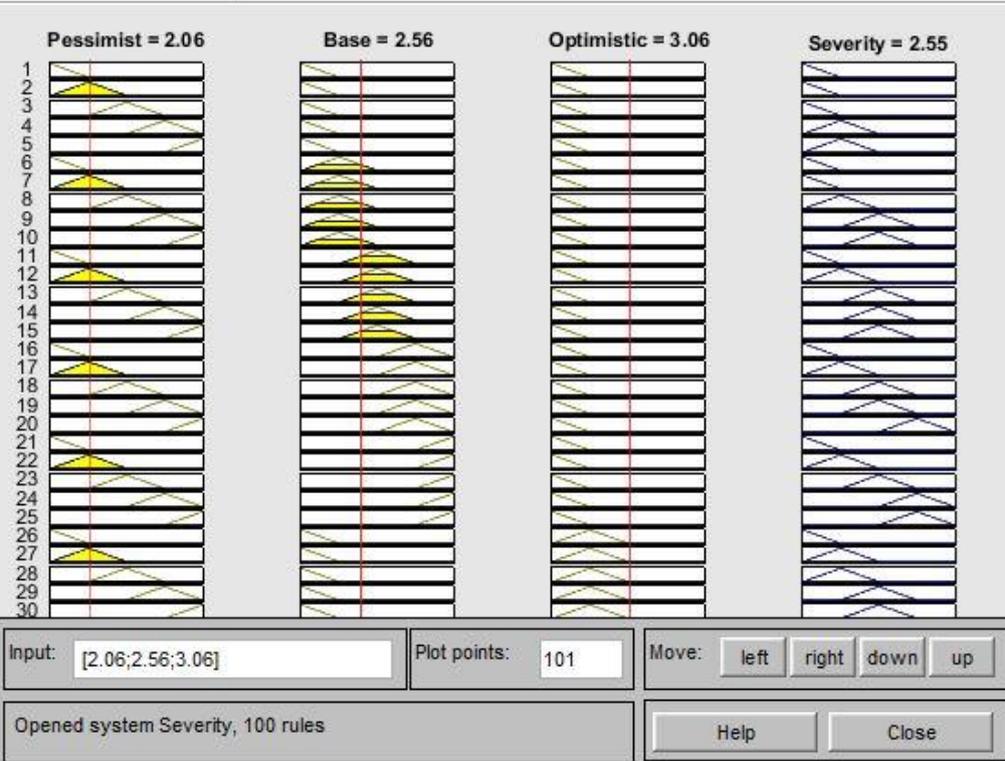




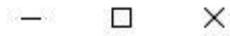
Rule Viewer: Severity



File Edit View Options

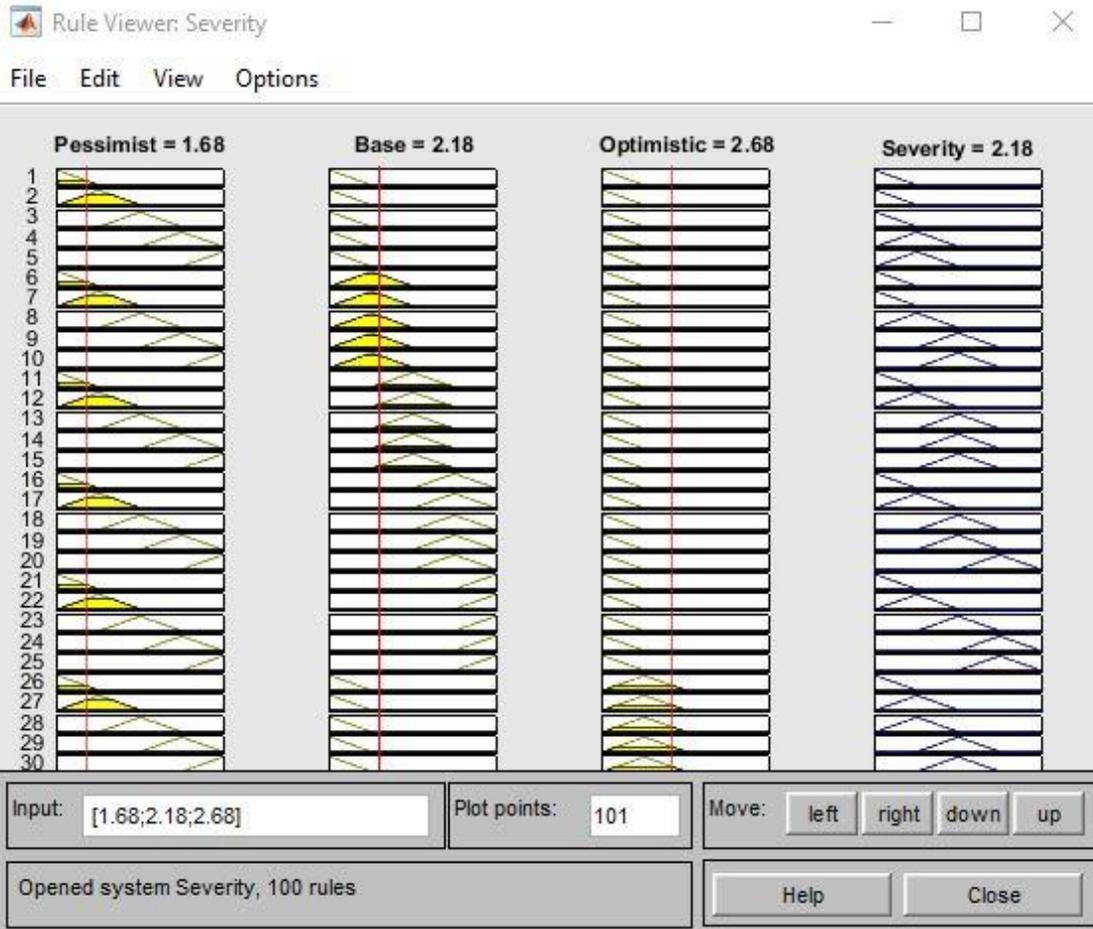
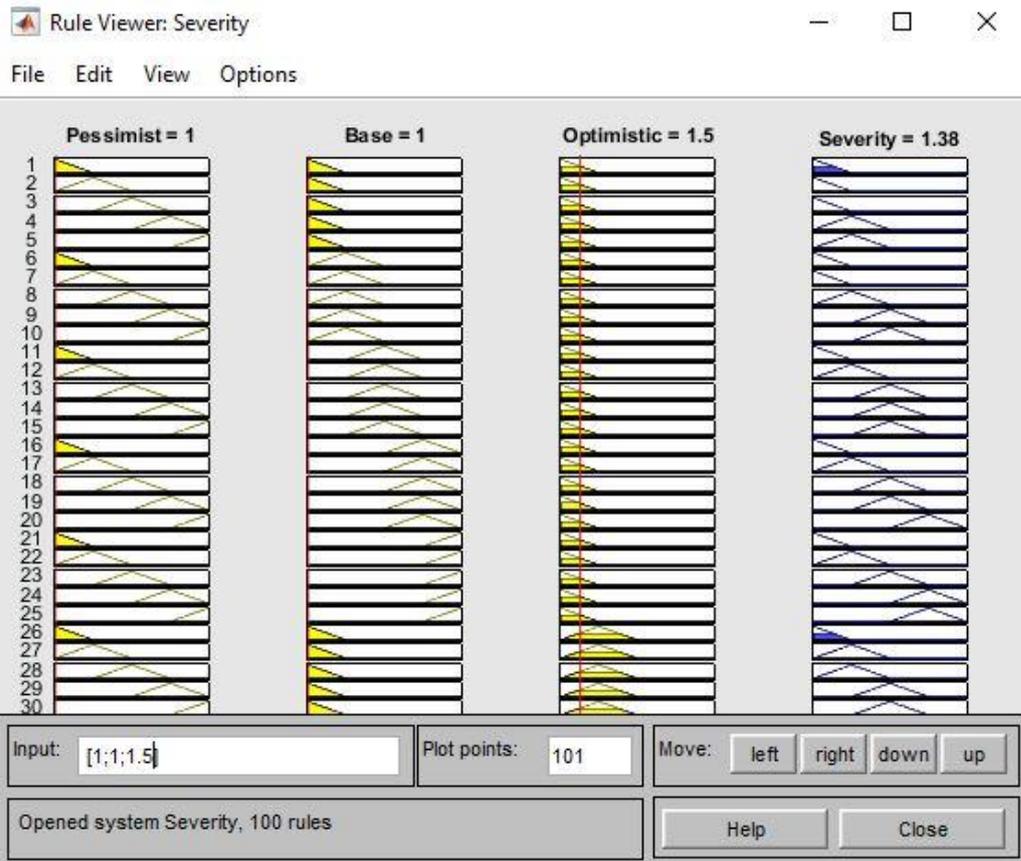


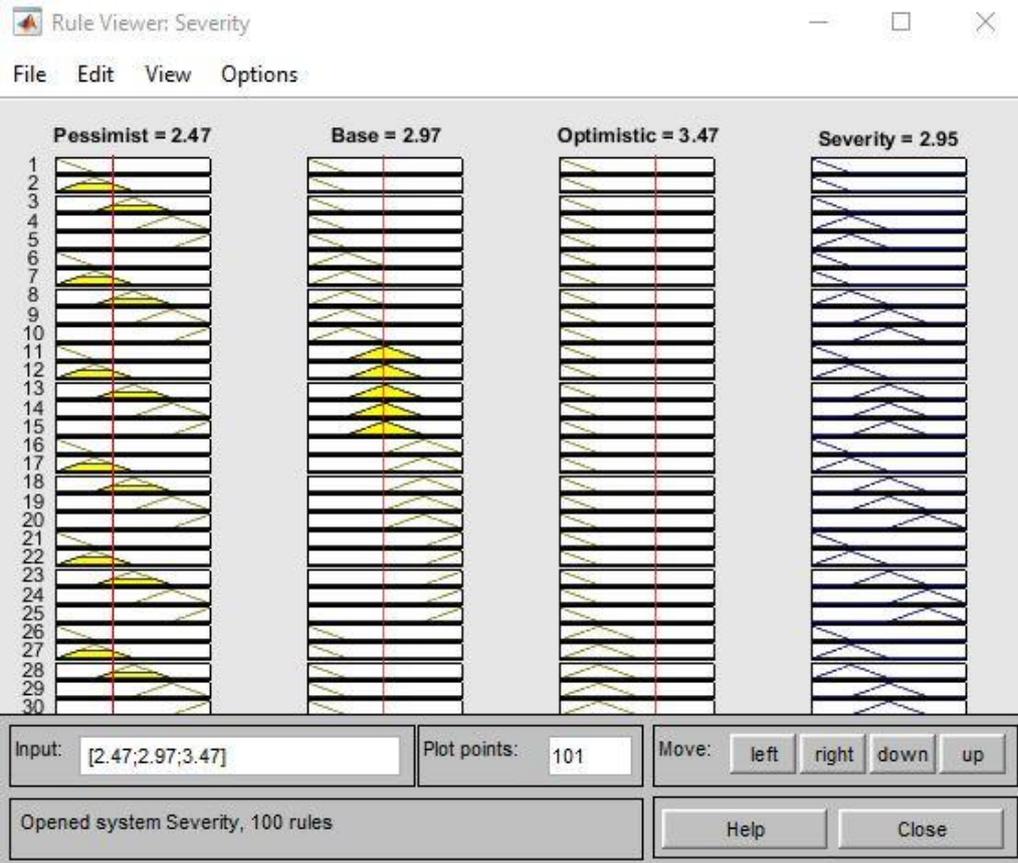
Rule Viewer: Severity



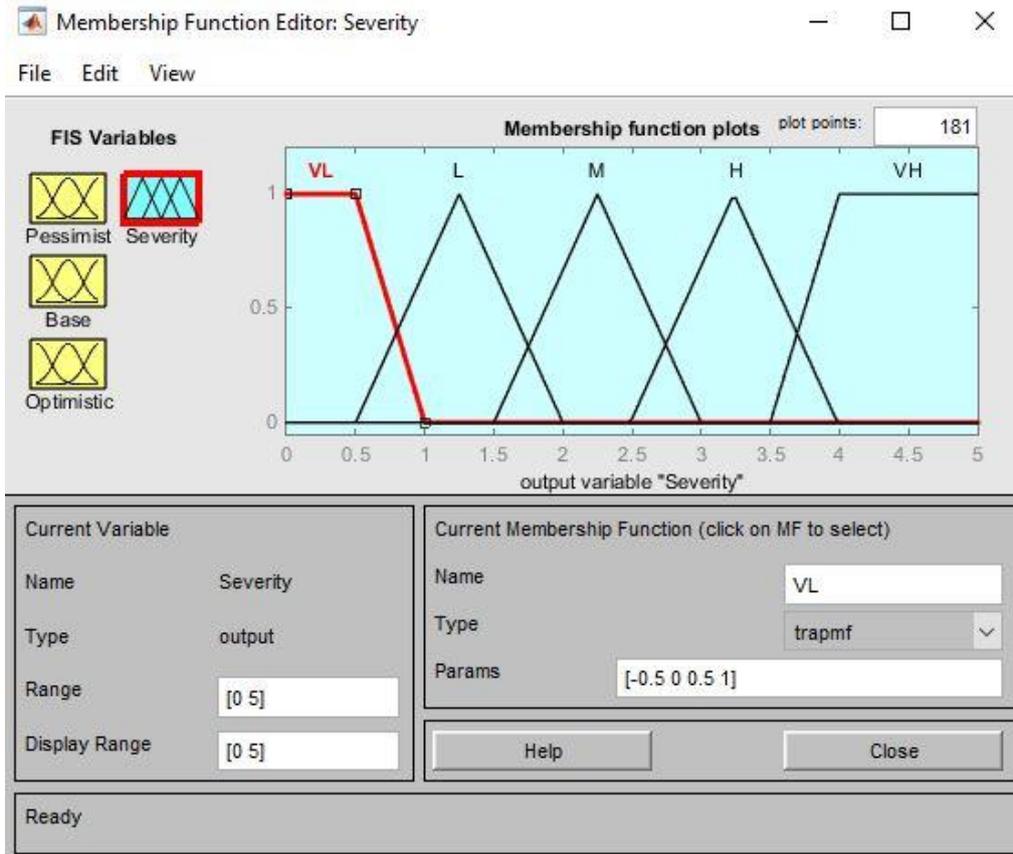
File Edit View Options



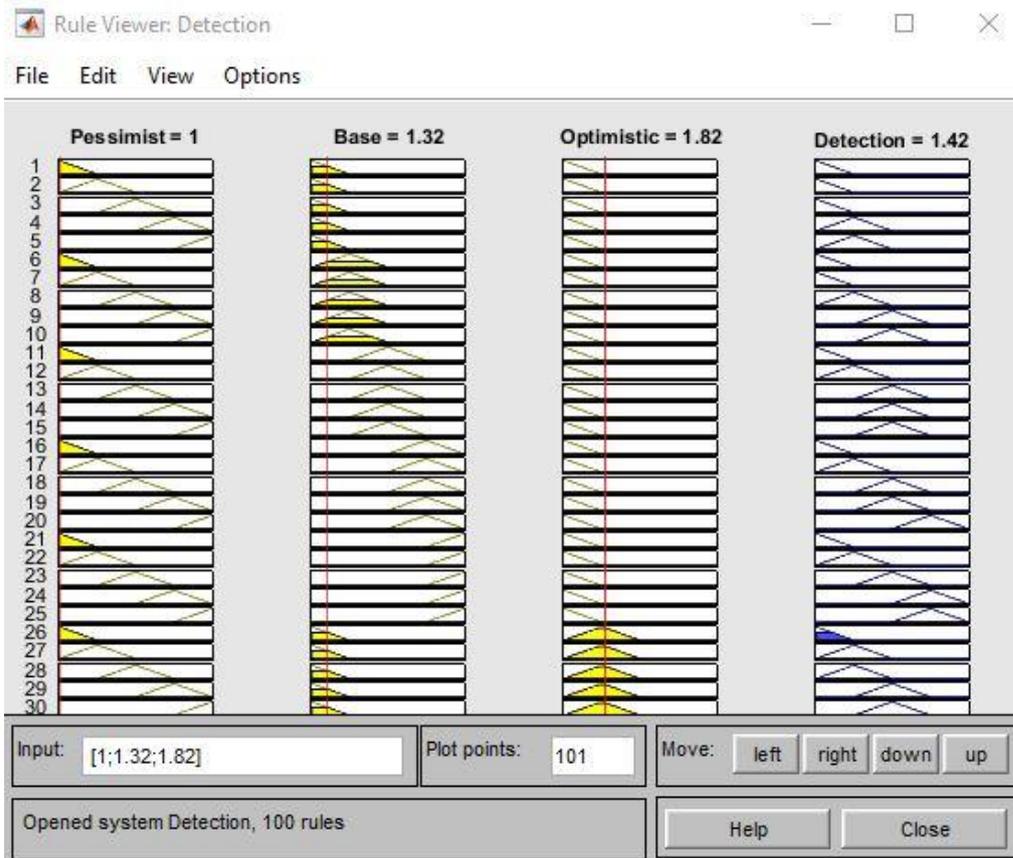
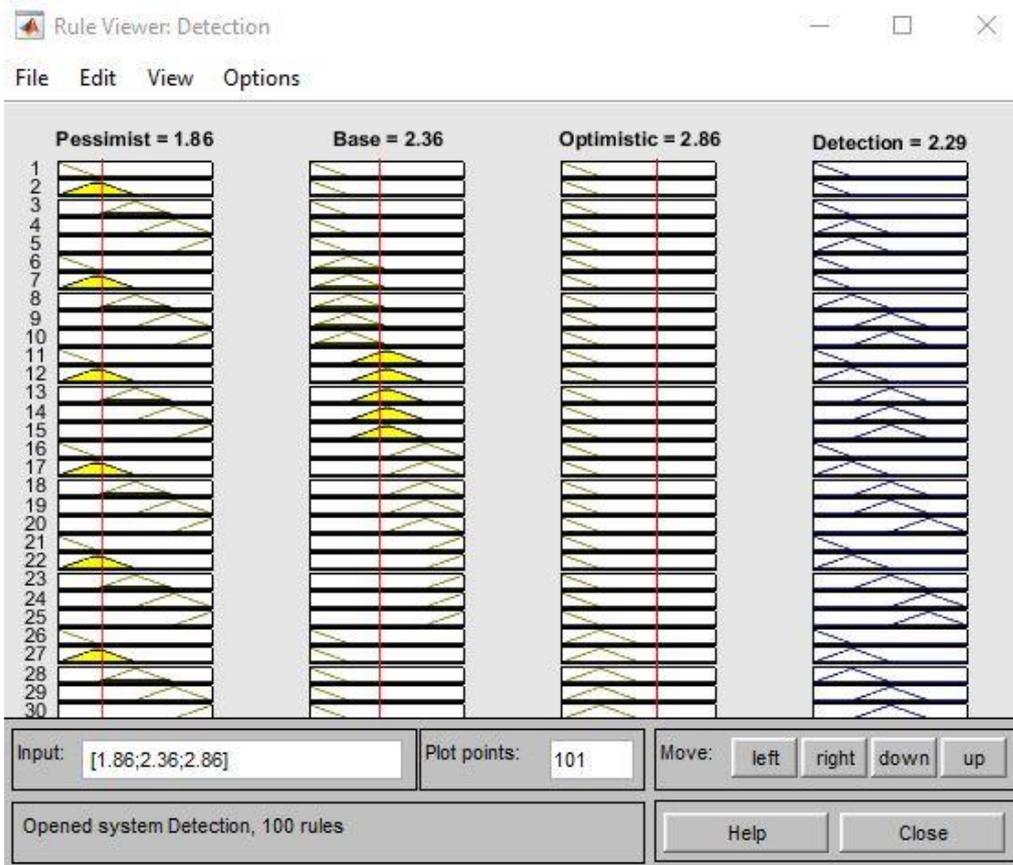


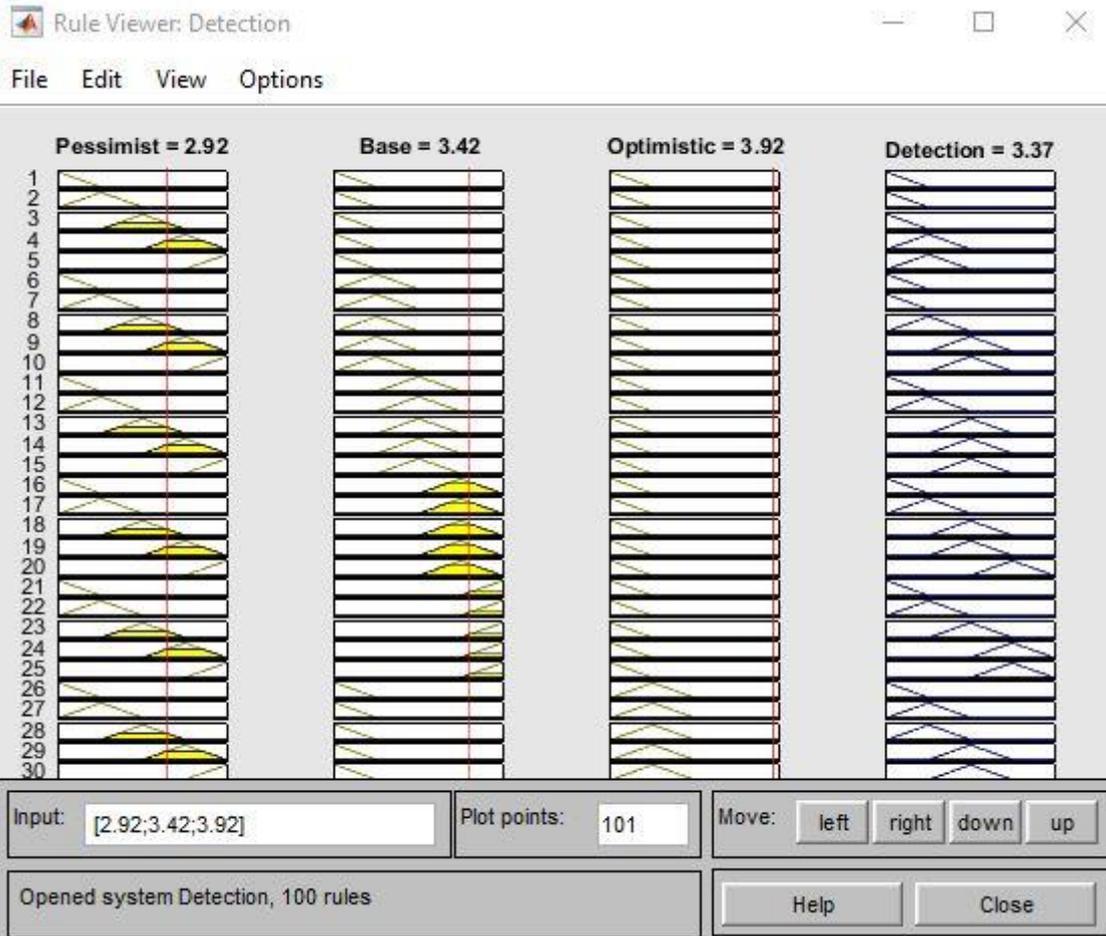
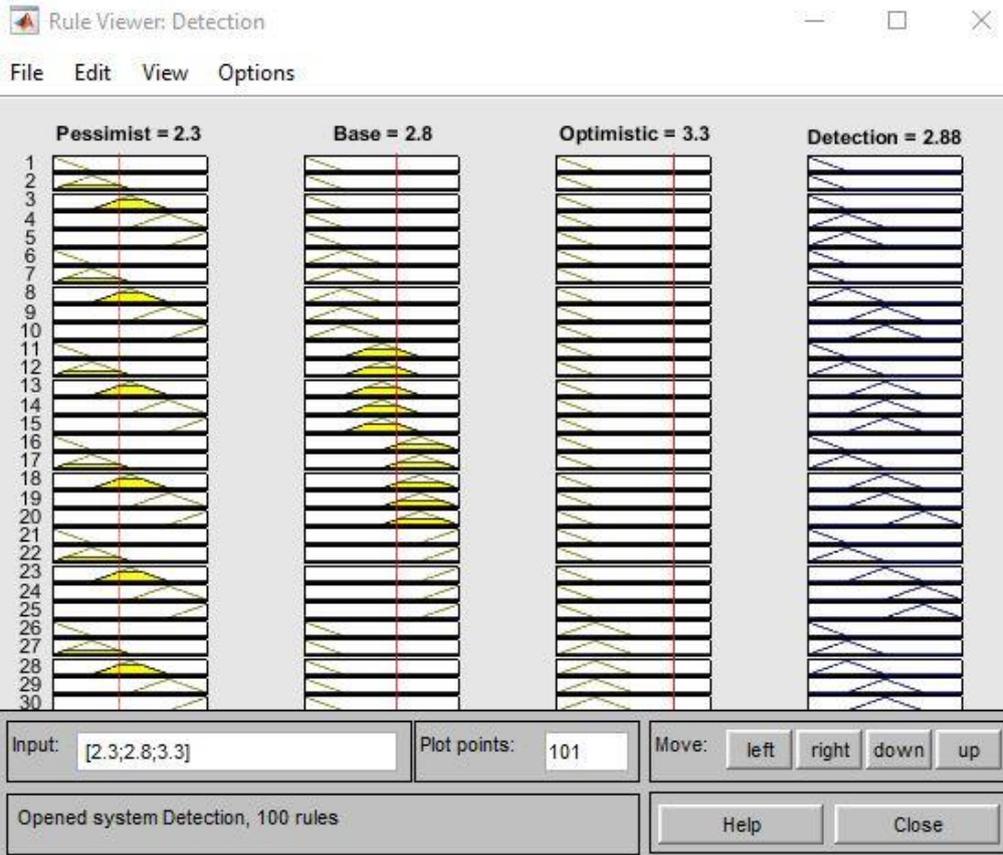


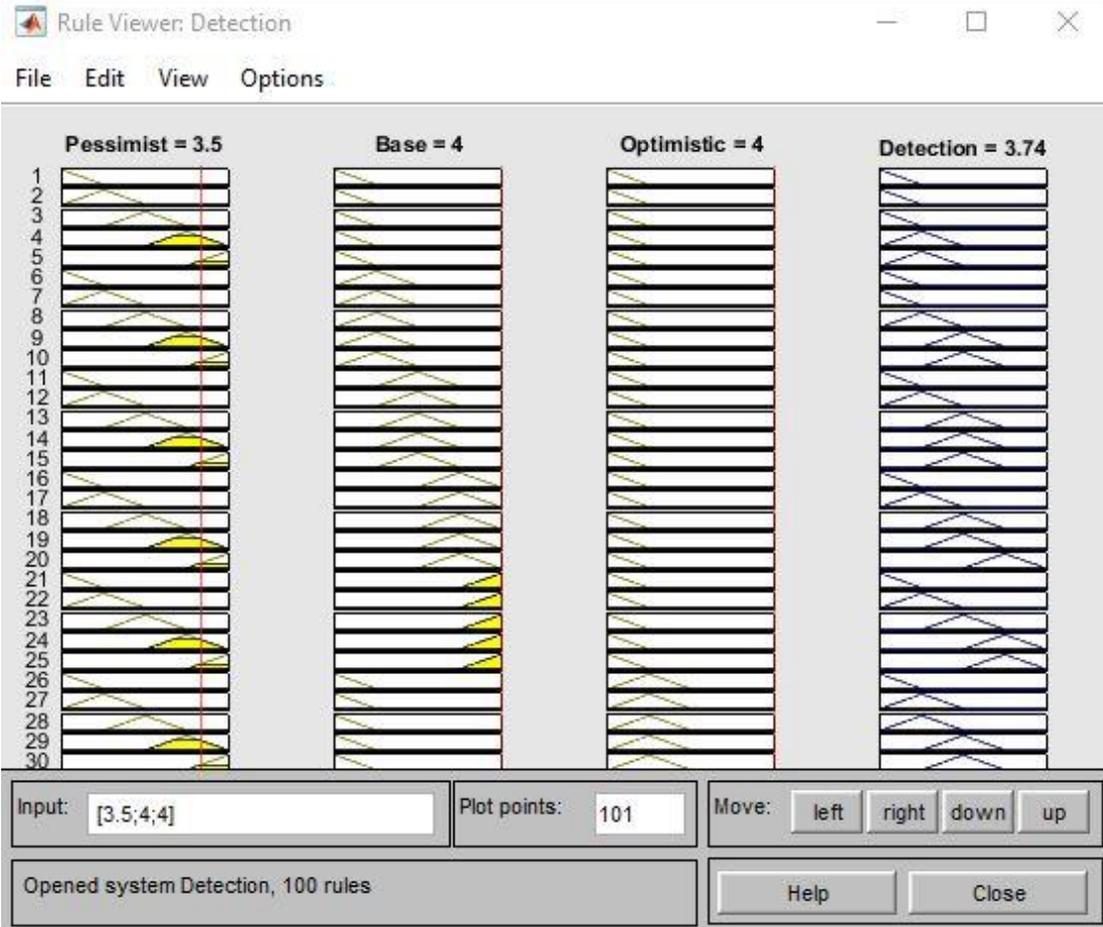
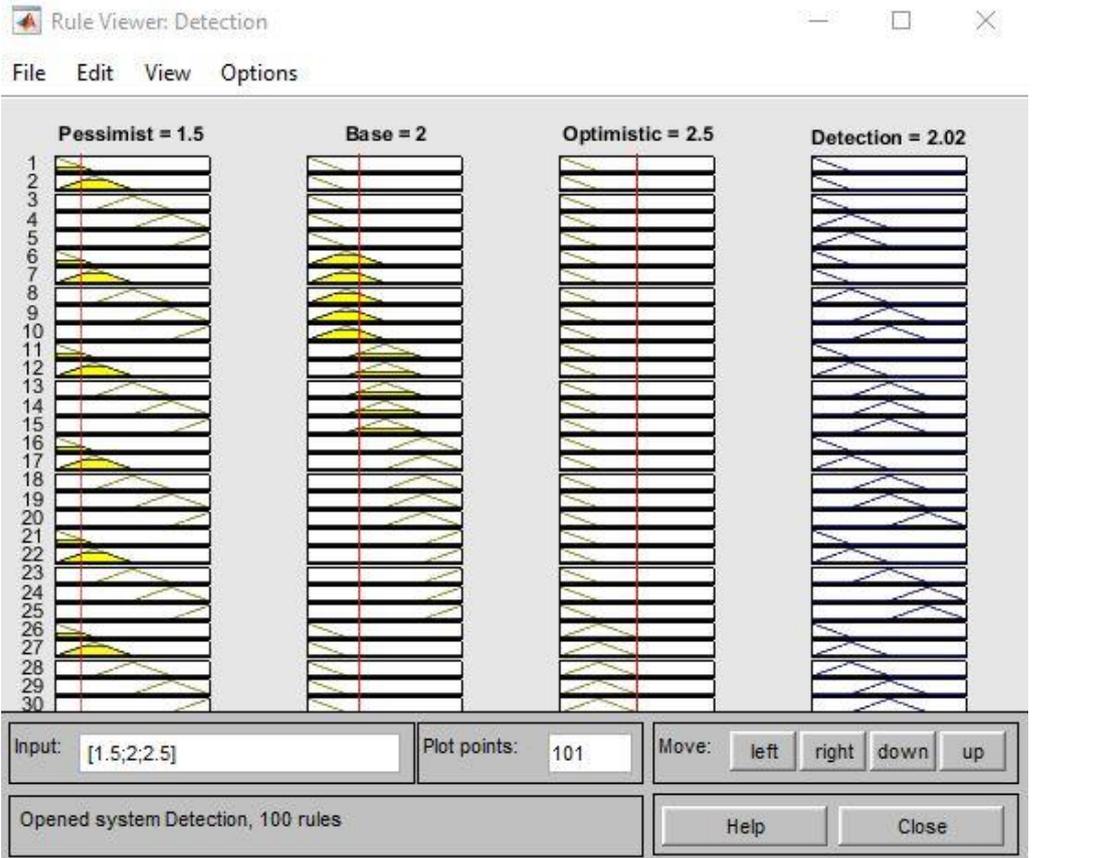
Perancangan Fuzzy Parameter Severity

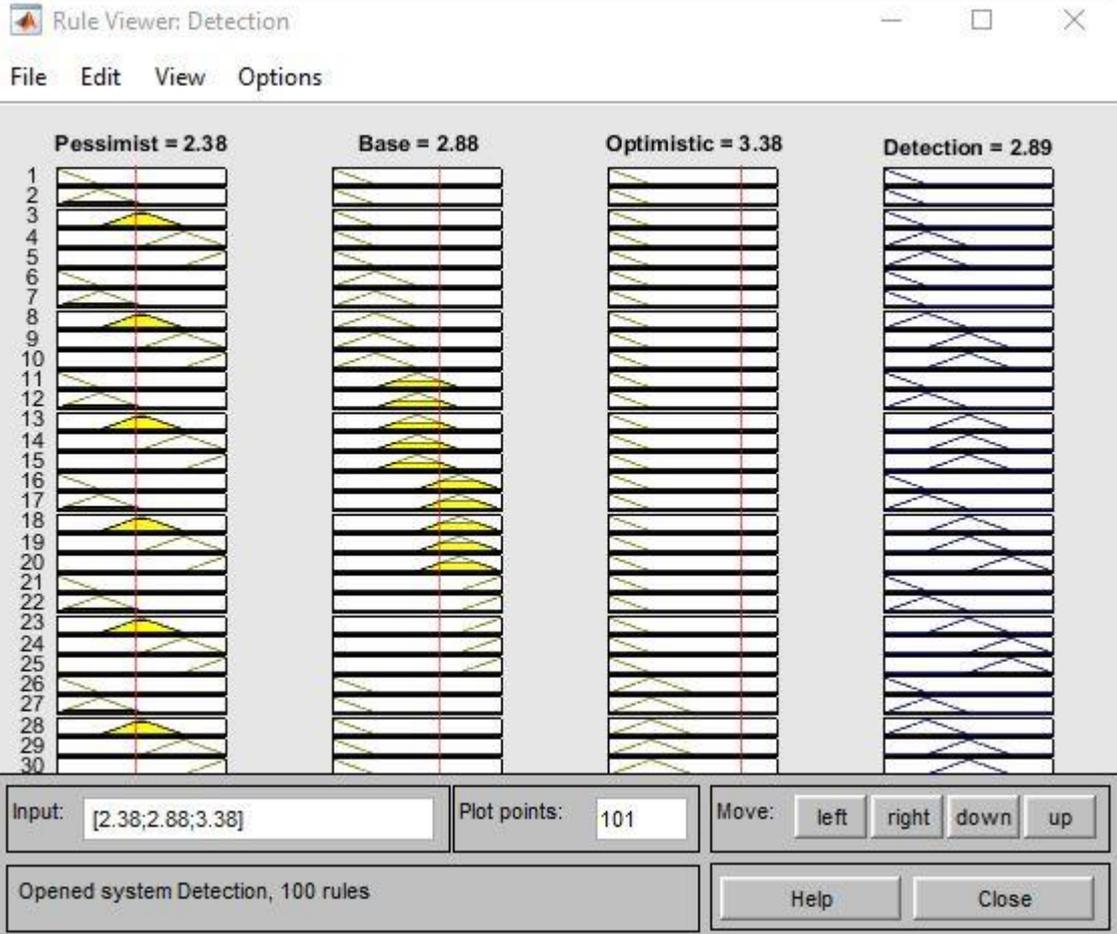
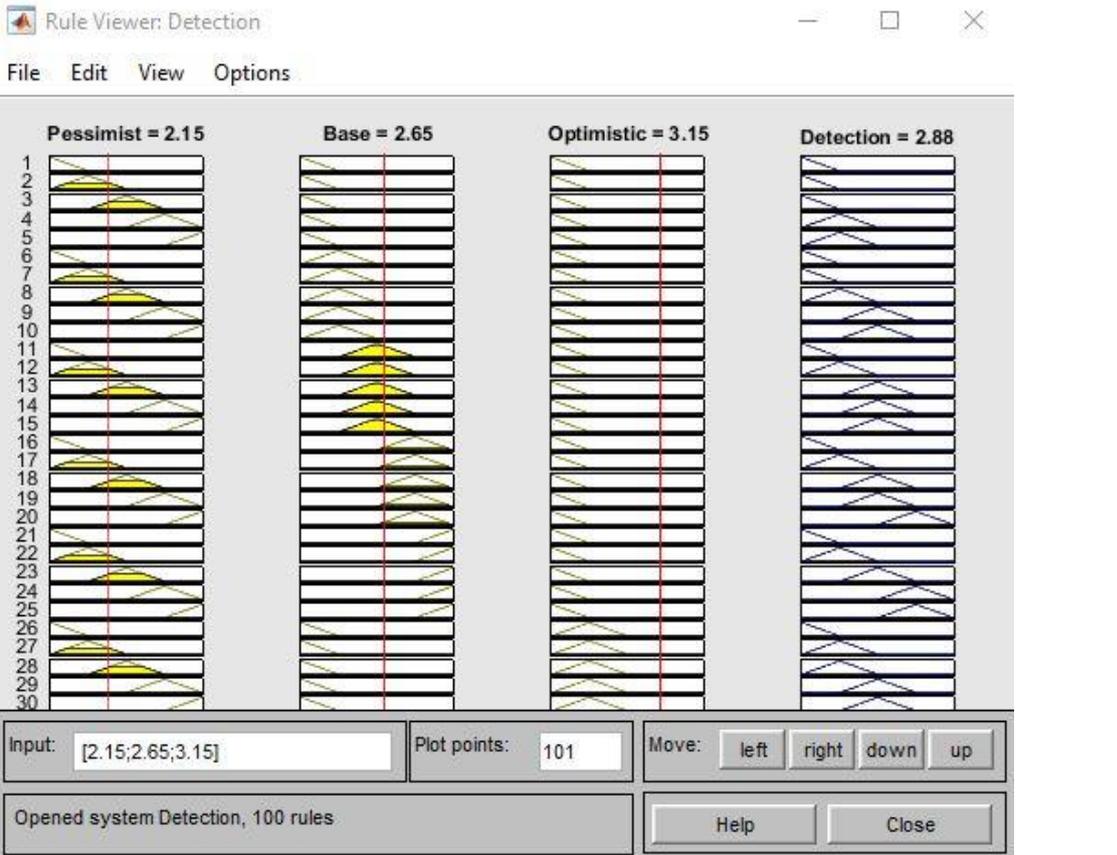


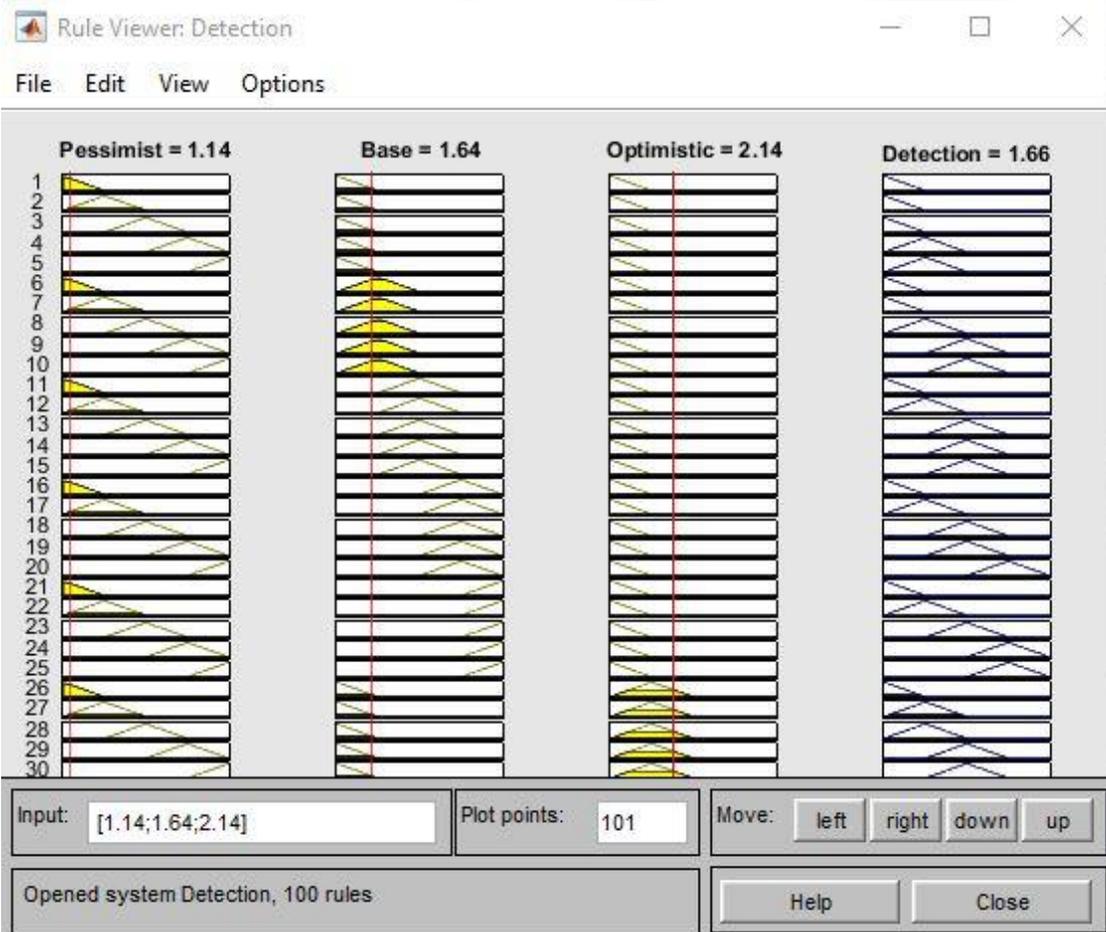
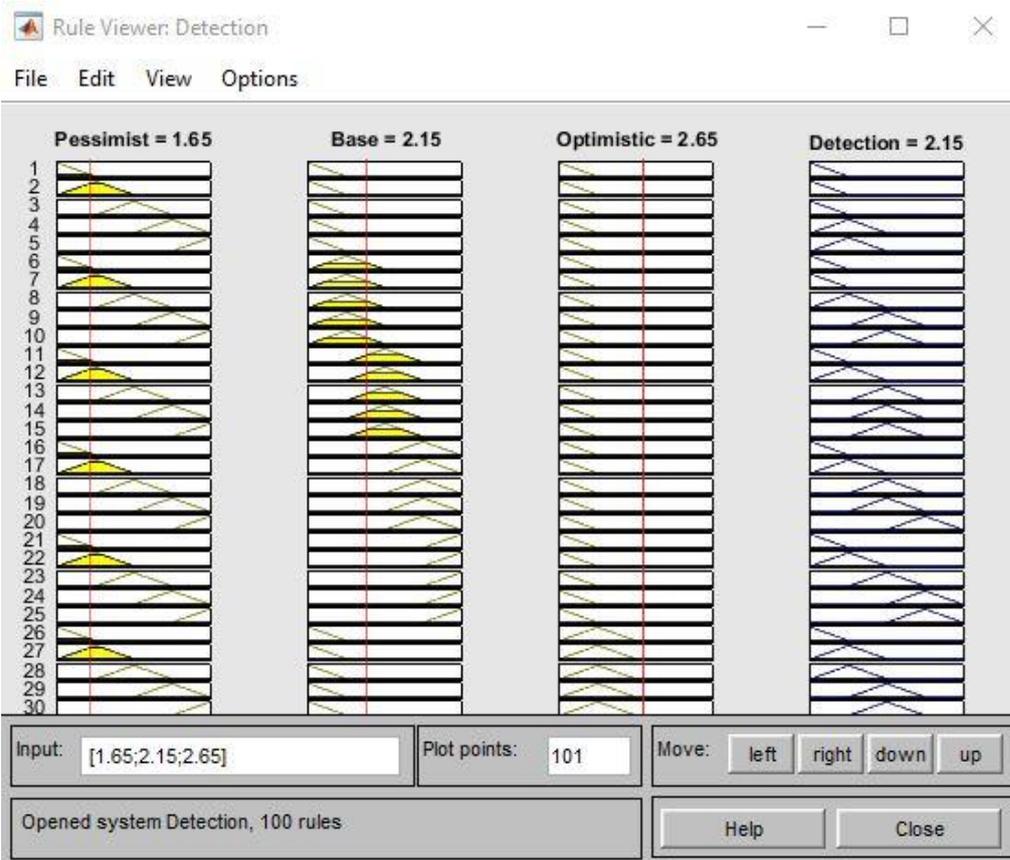
Plotting Nilai Fuzzy Parameter Detection

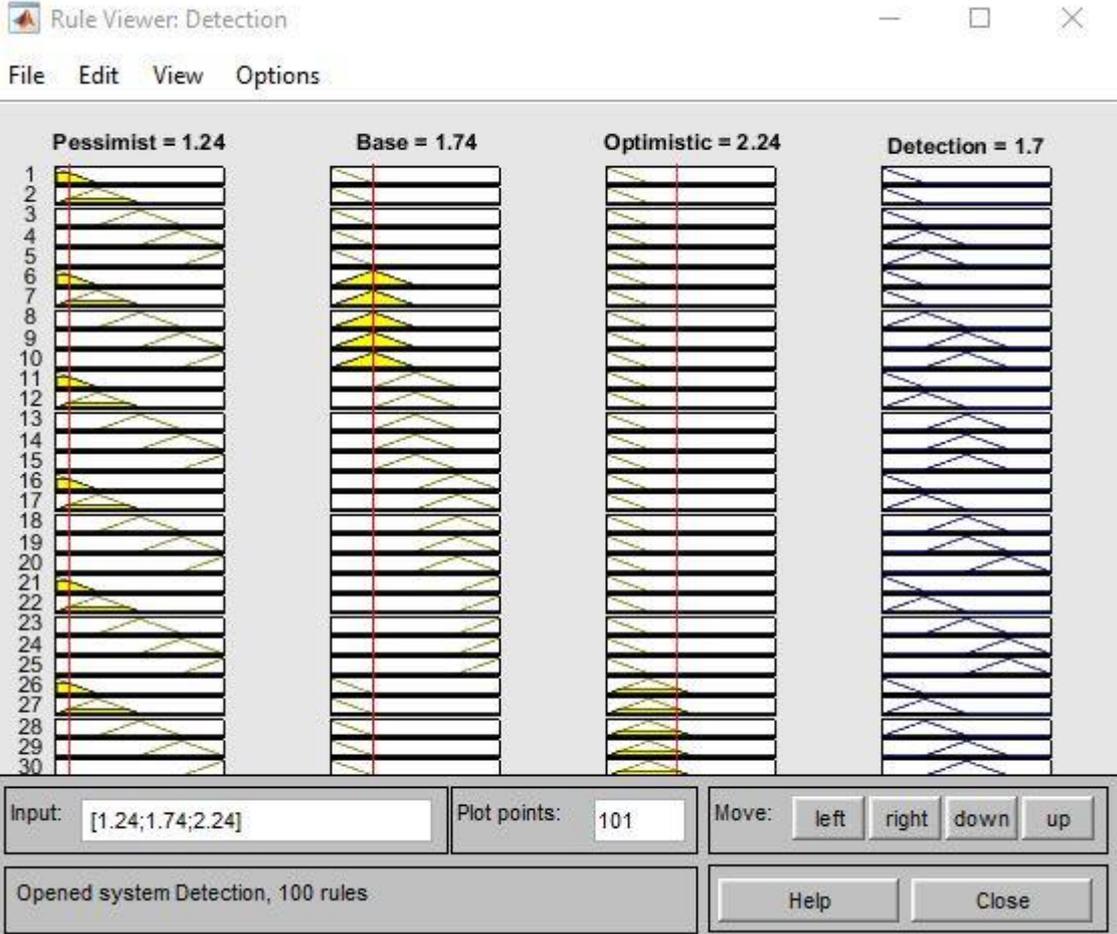
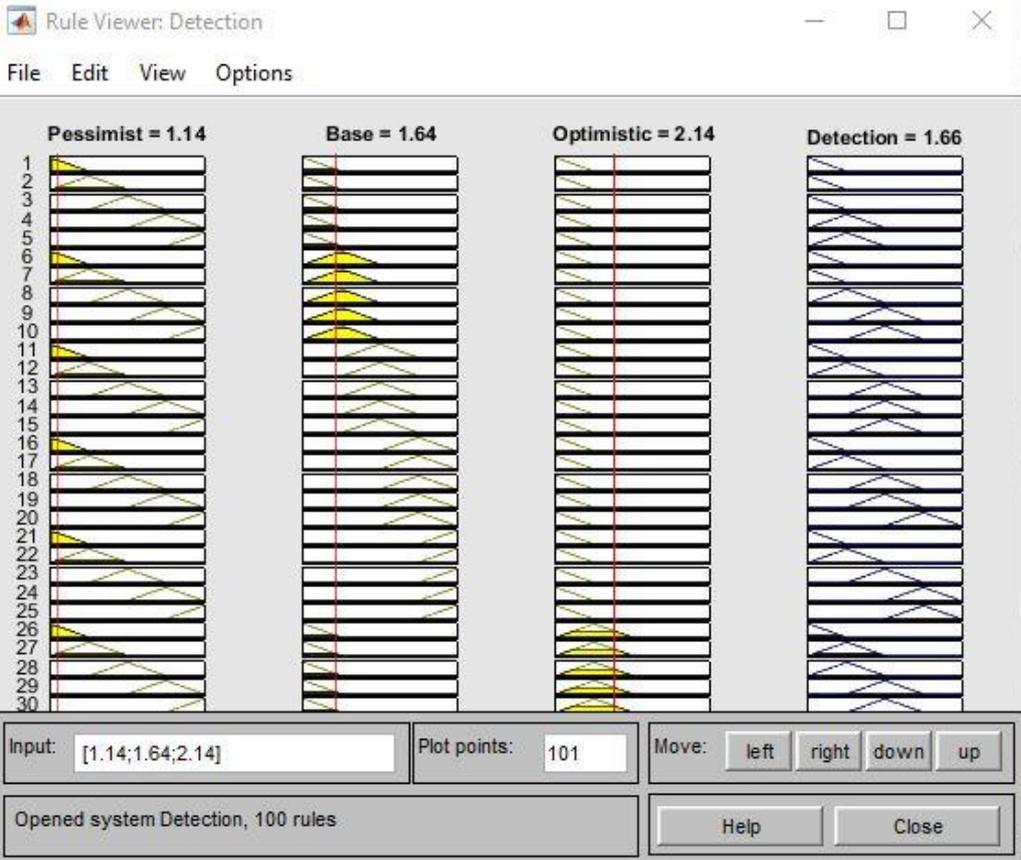


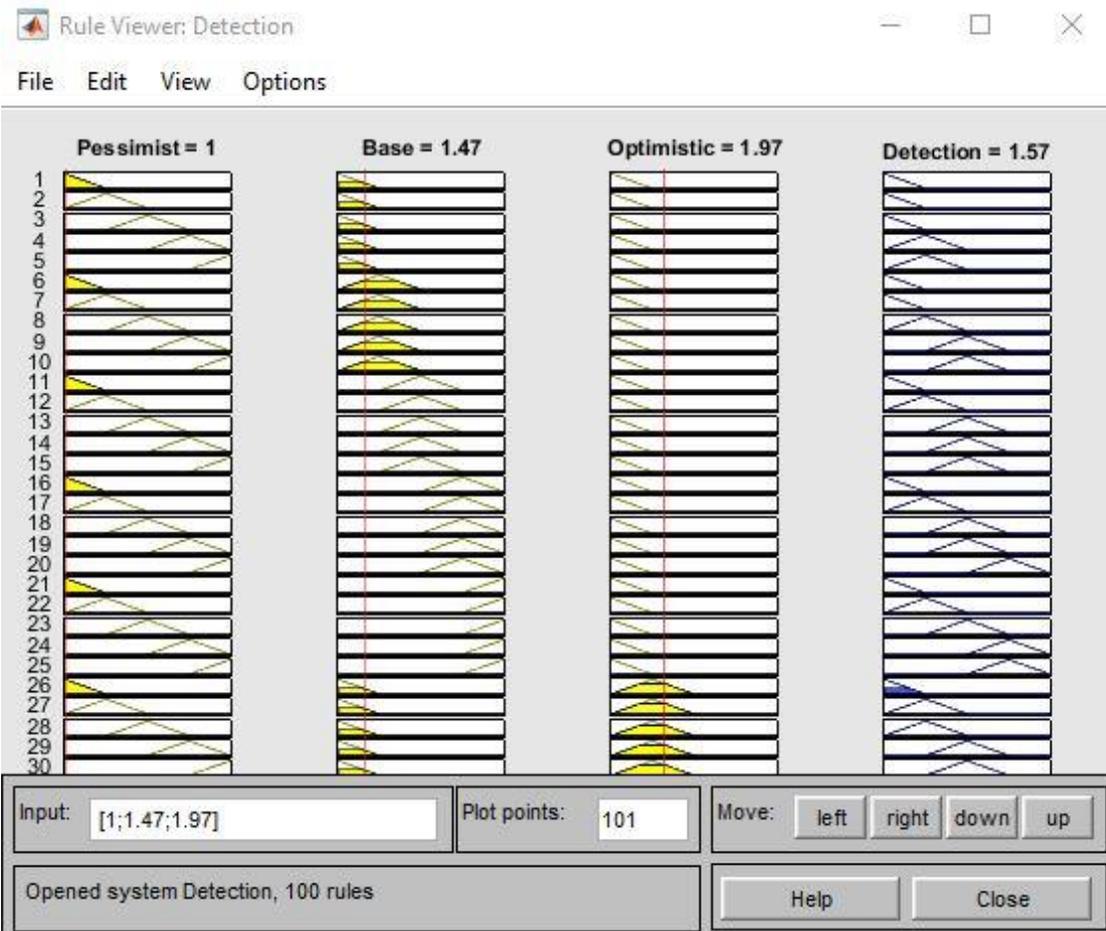
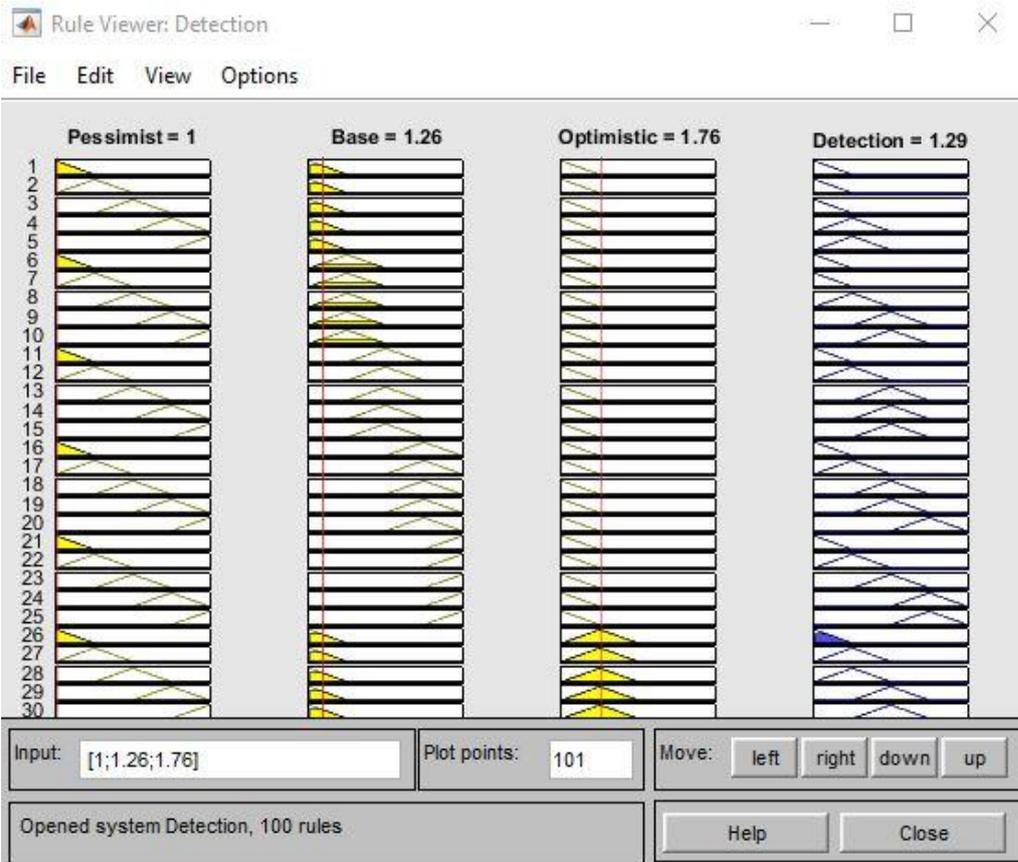


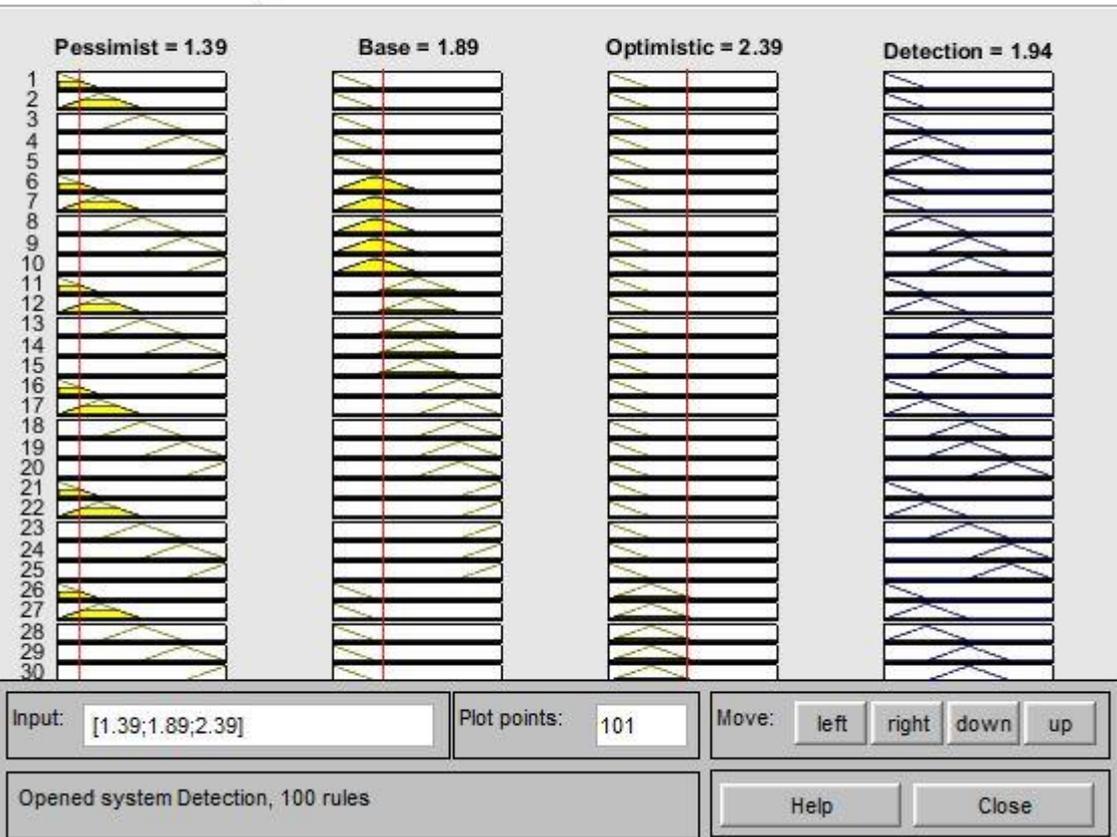
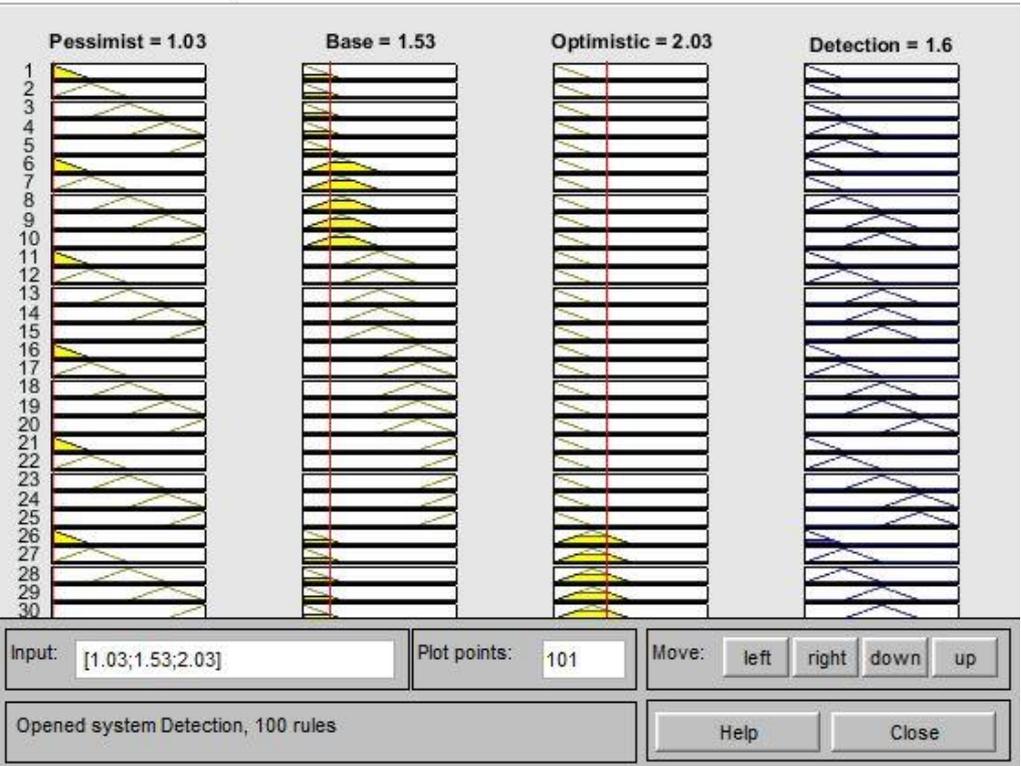


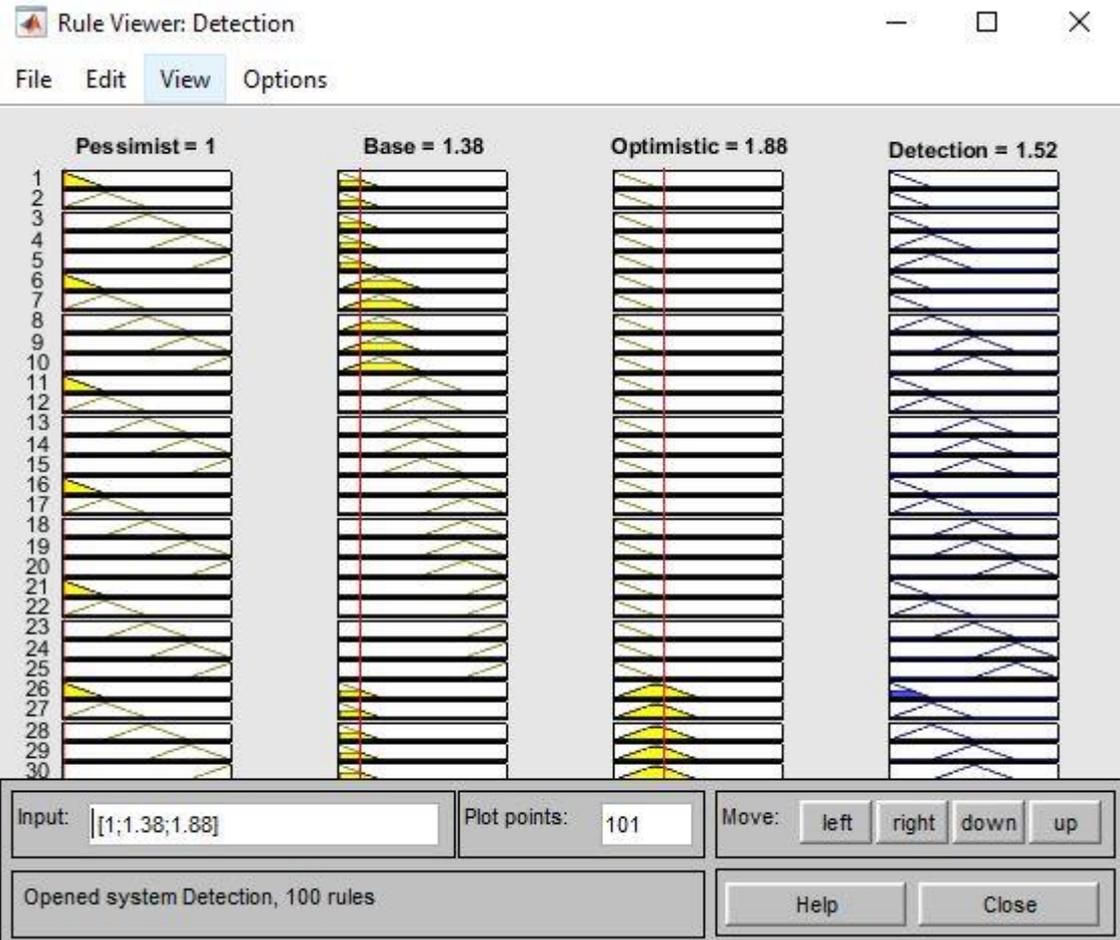
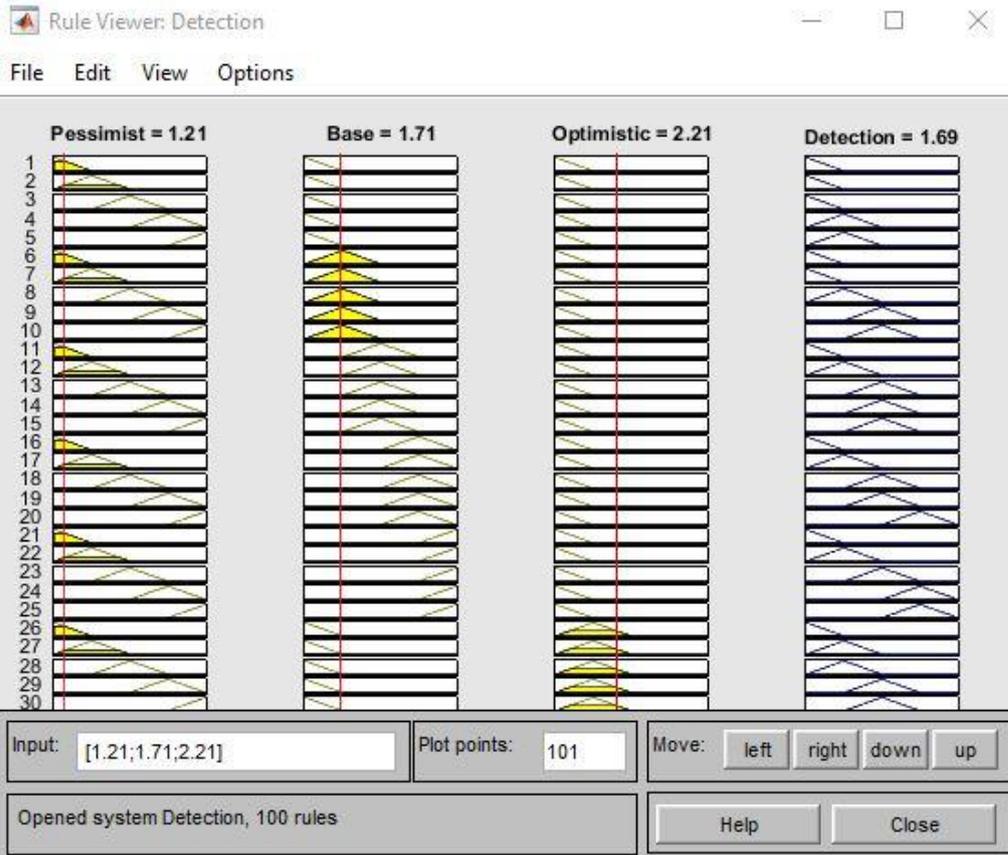


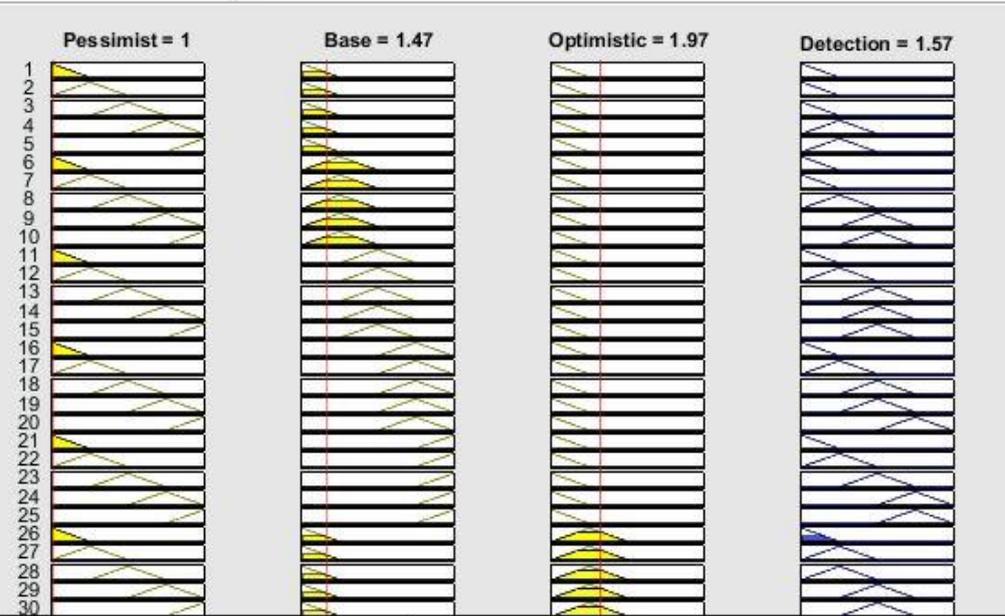






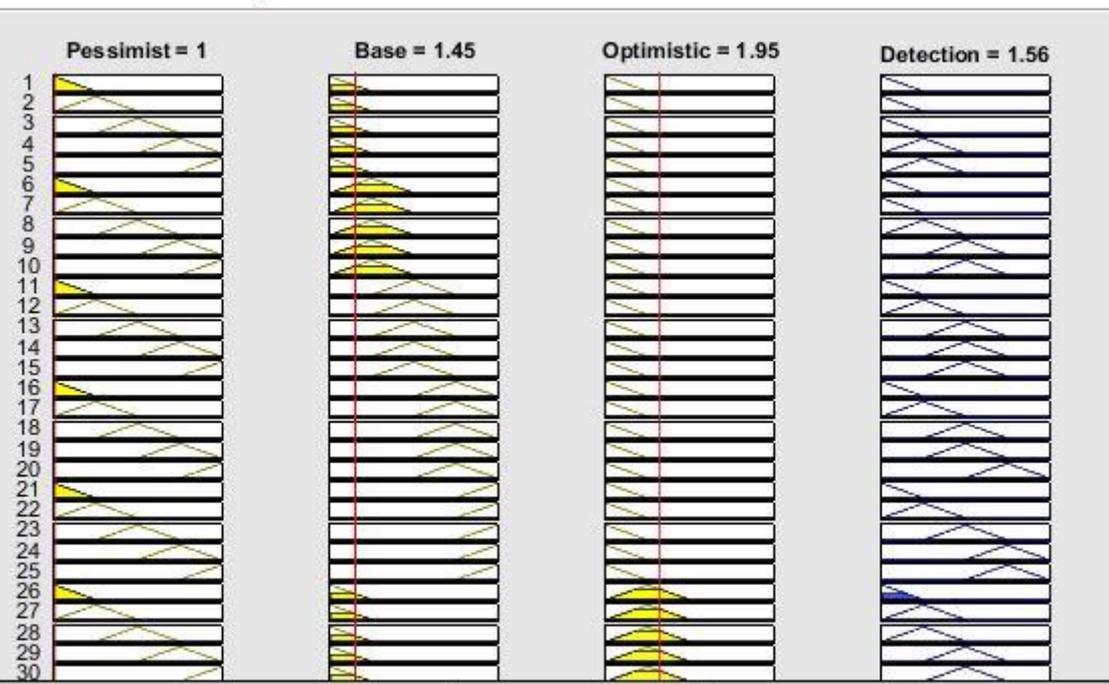






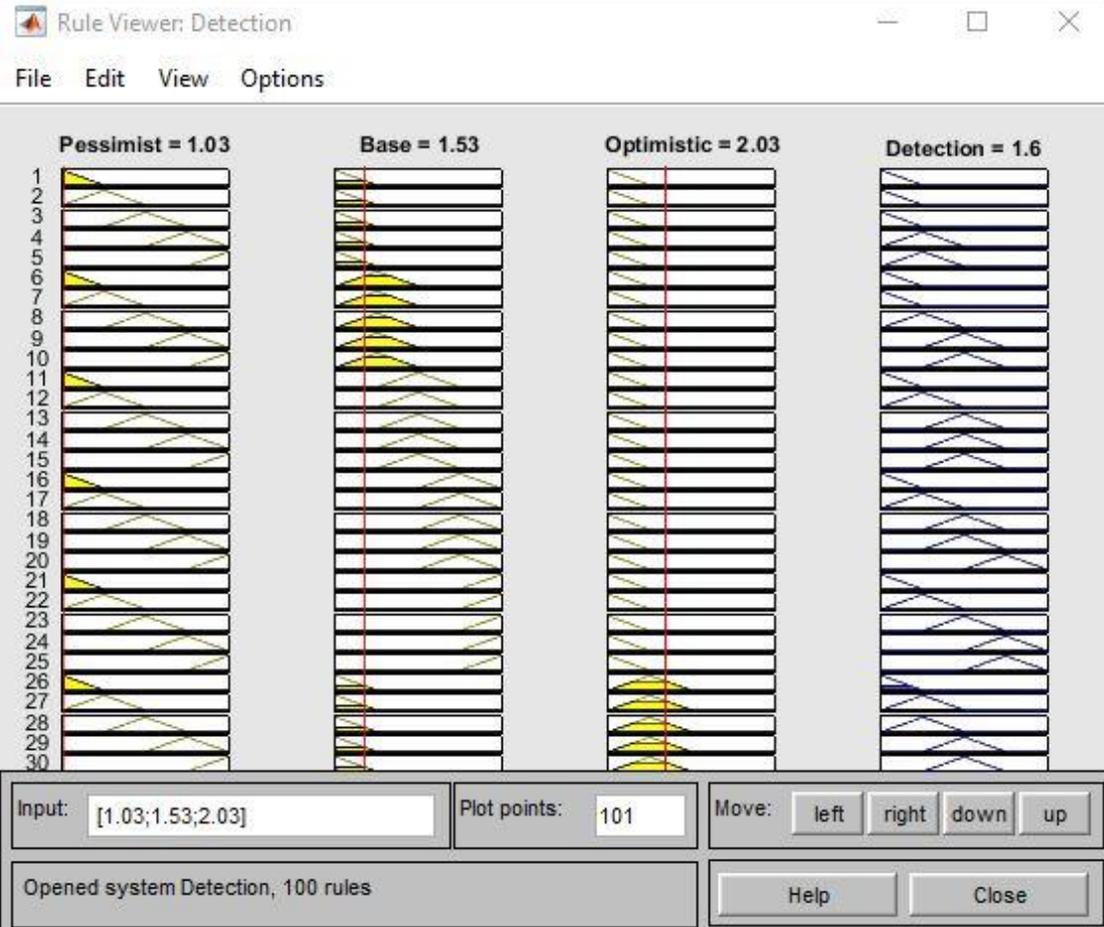
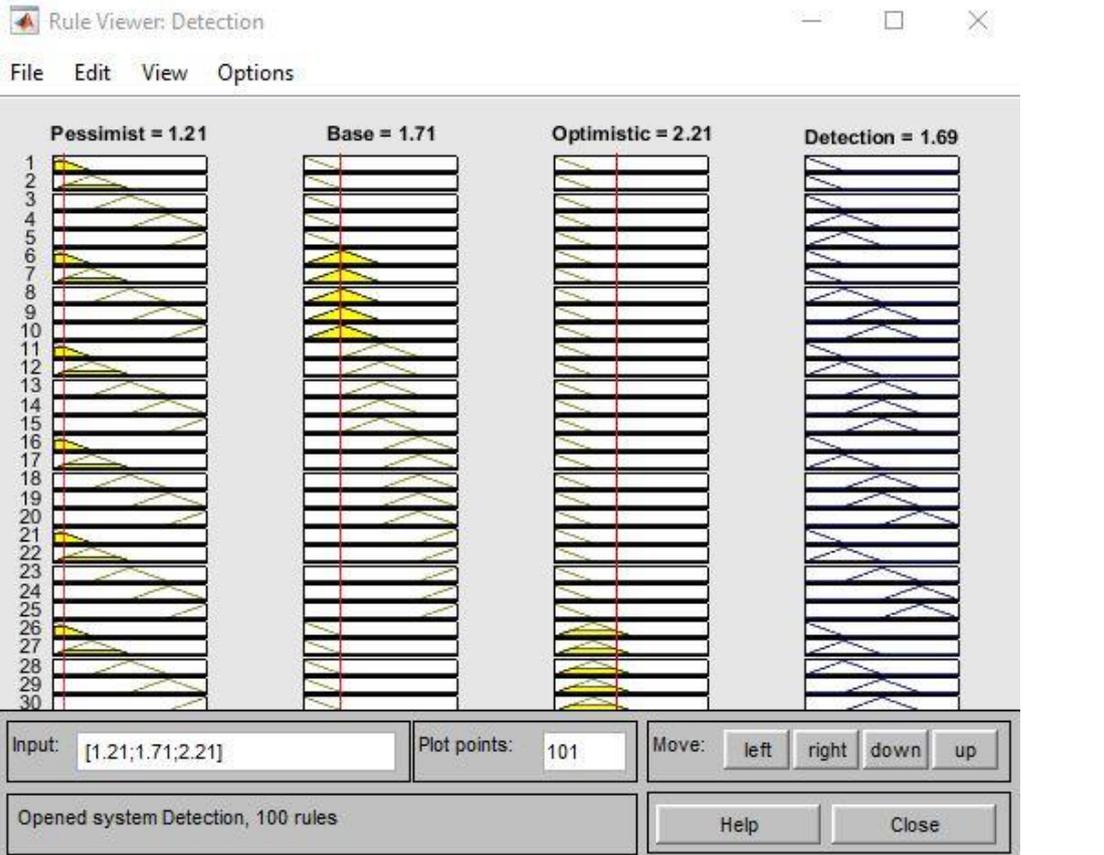
Input: Plot points: Move:

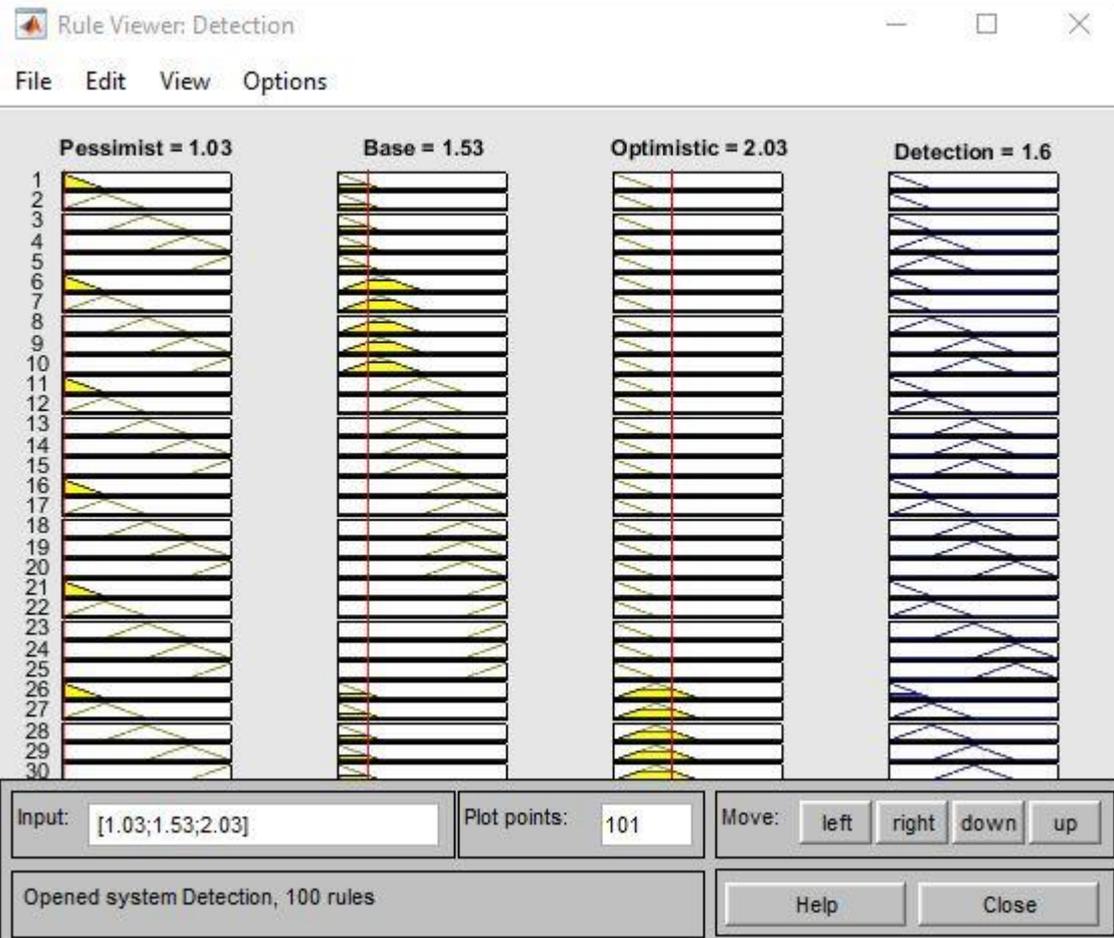
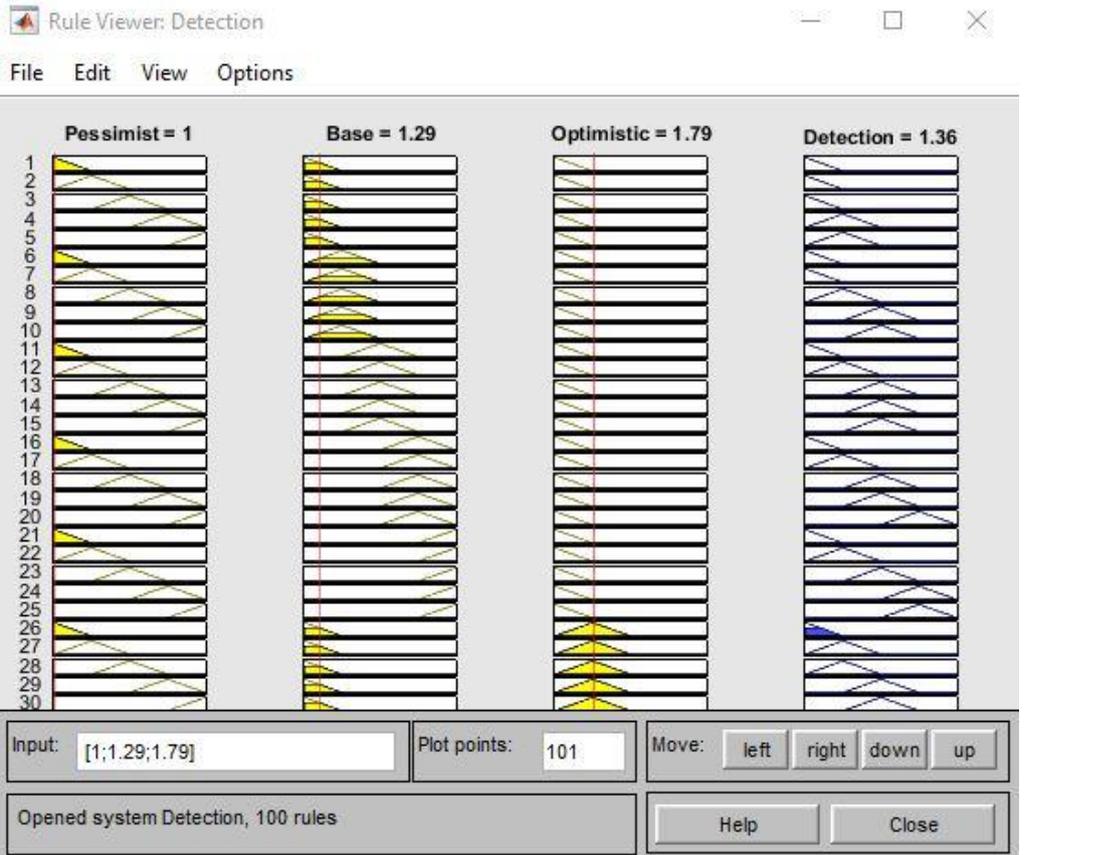
Opened system Detection, 100 rules

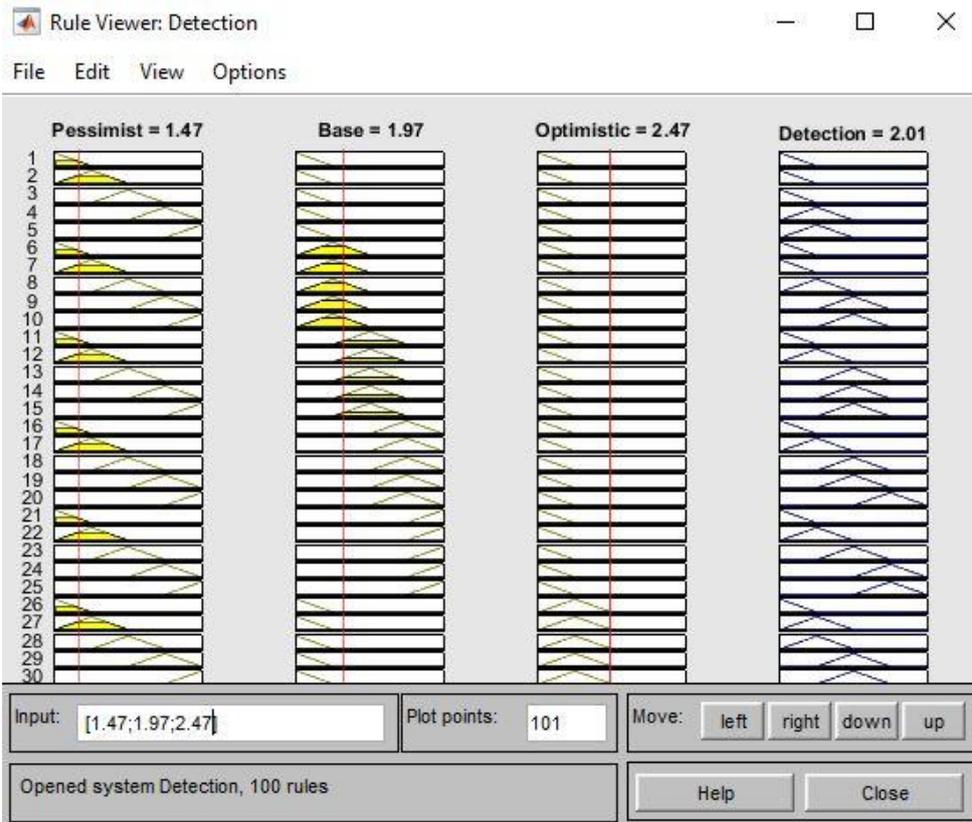


Input: Plot points: Move:

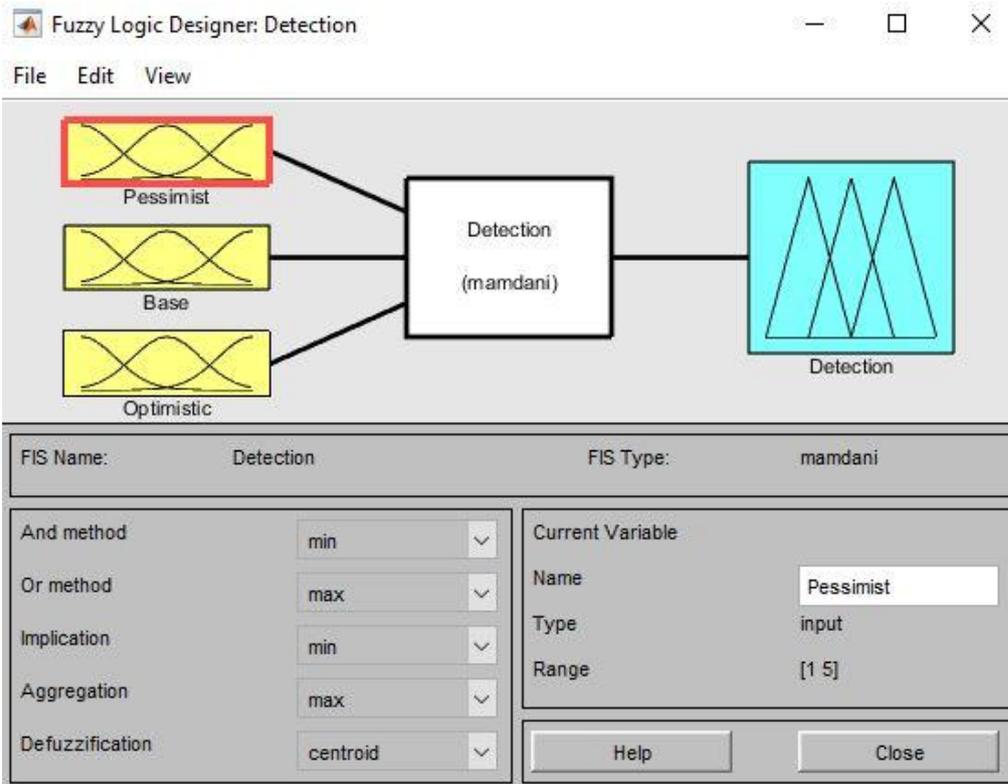
Opened system Detection, 100 rules



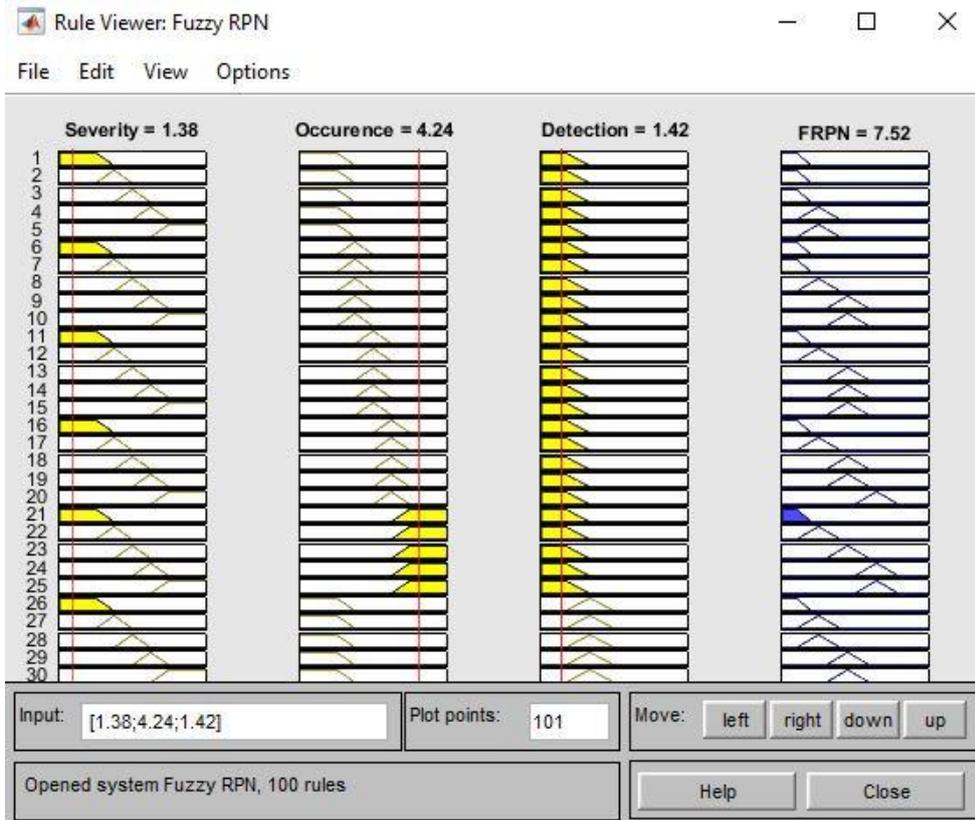
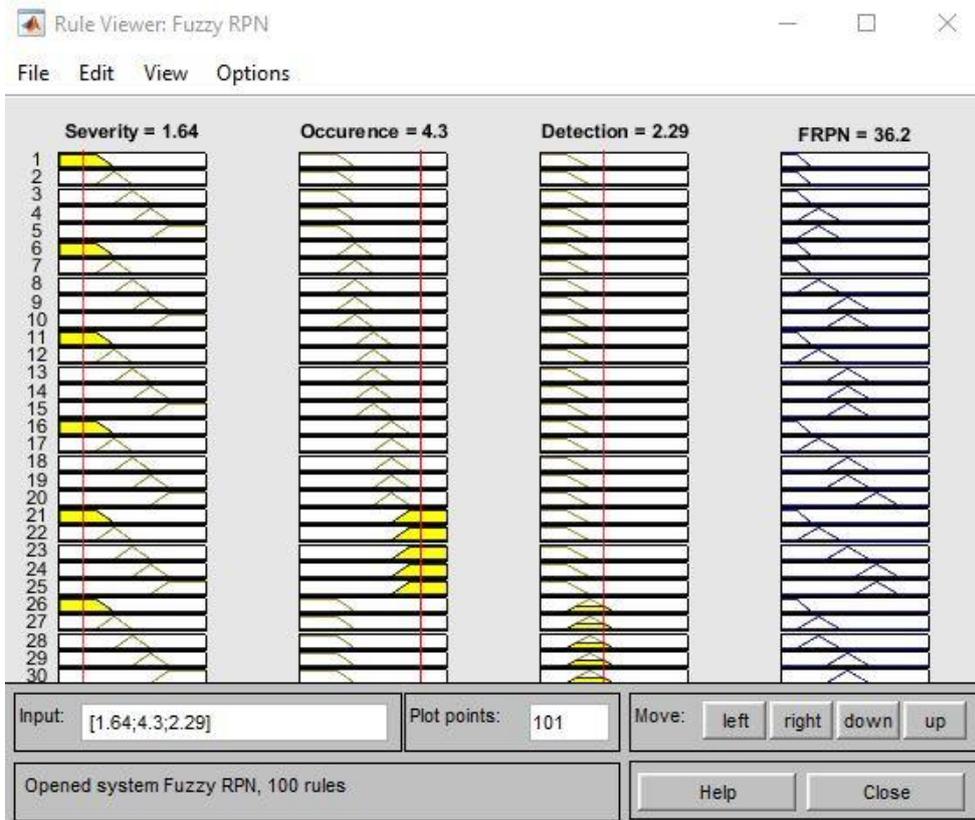


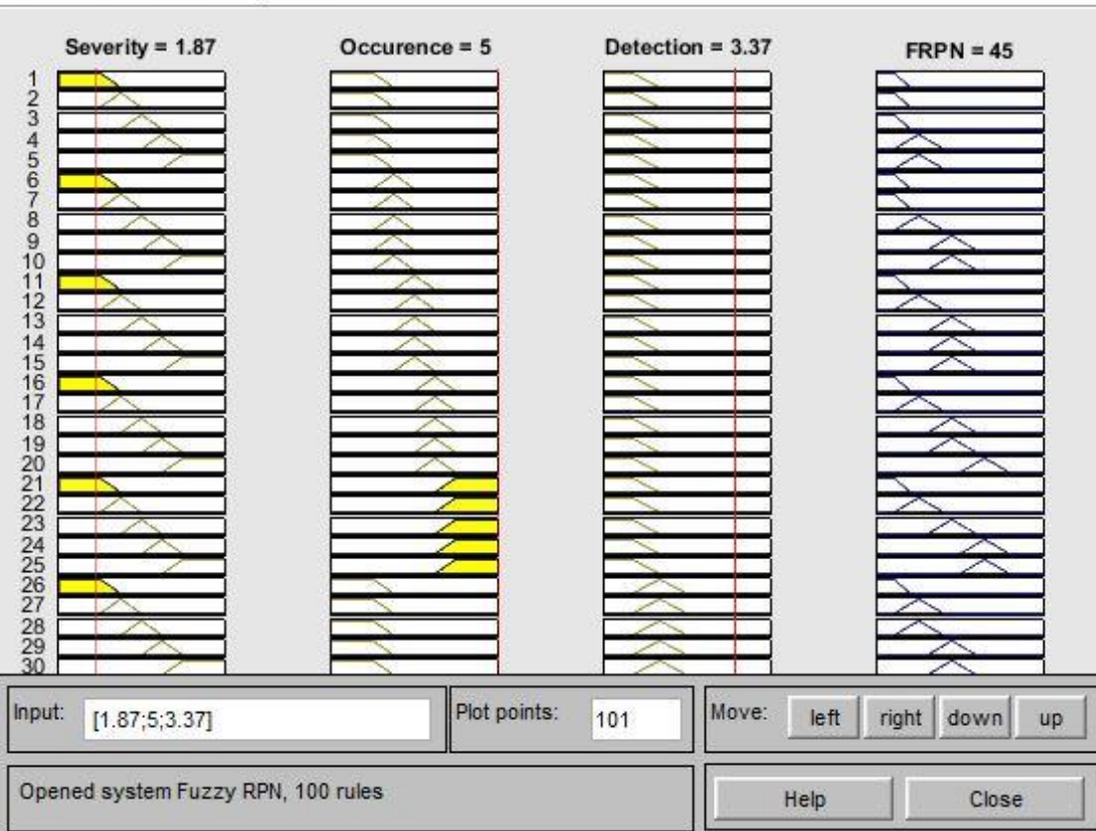
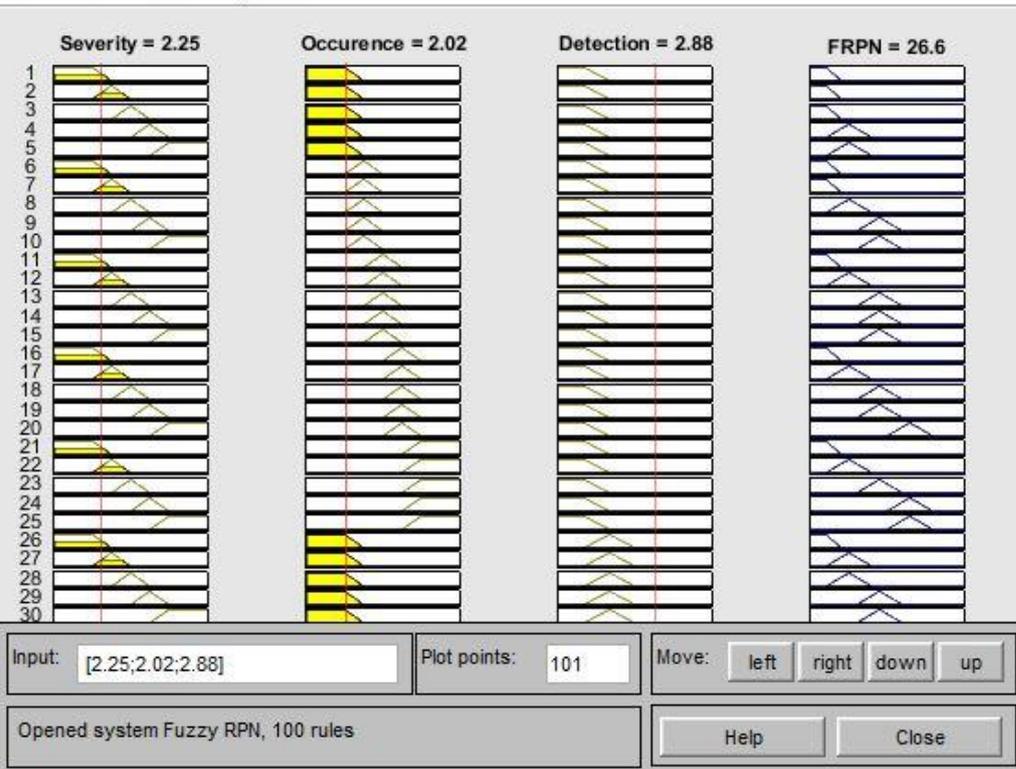


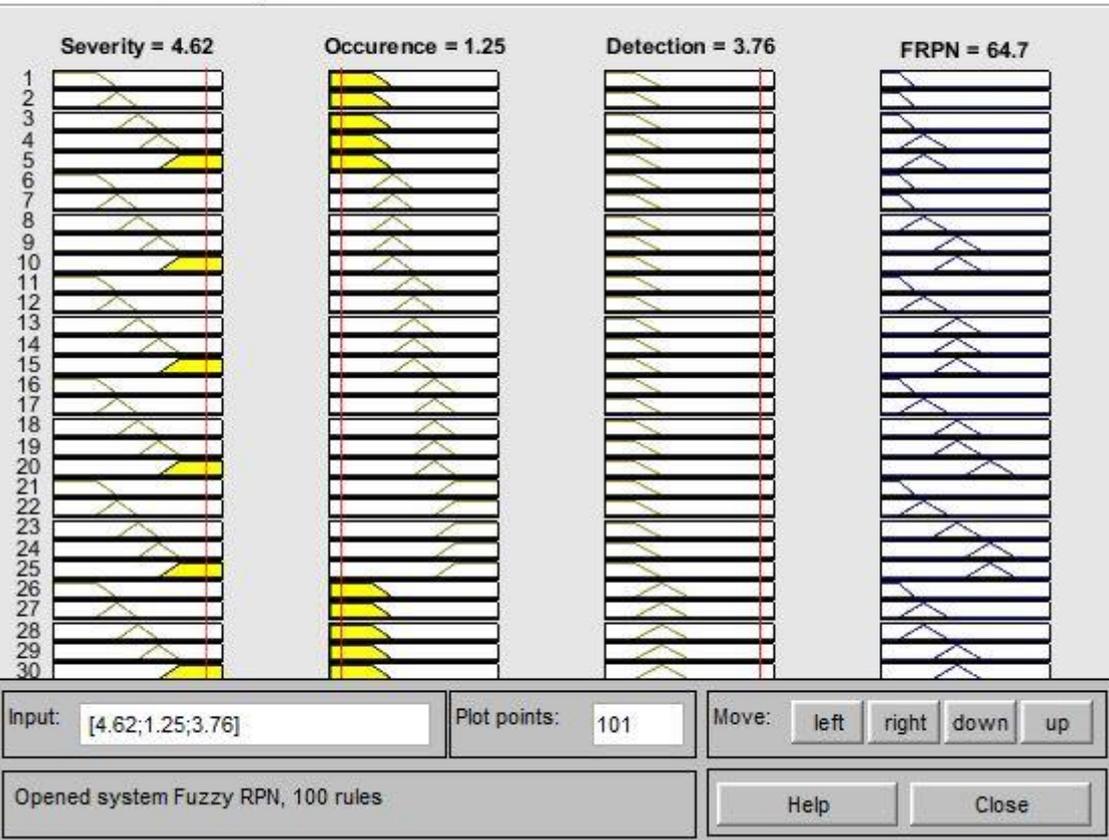
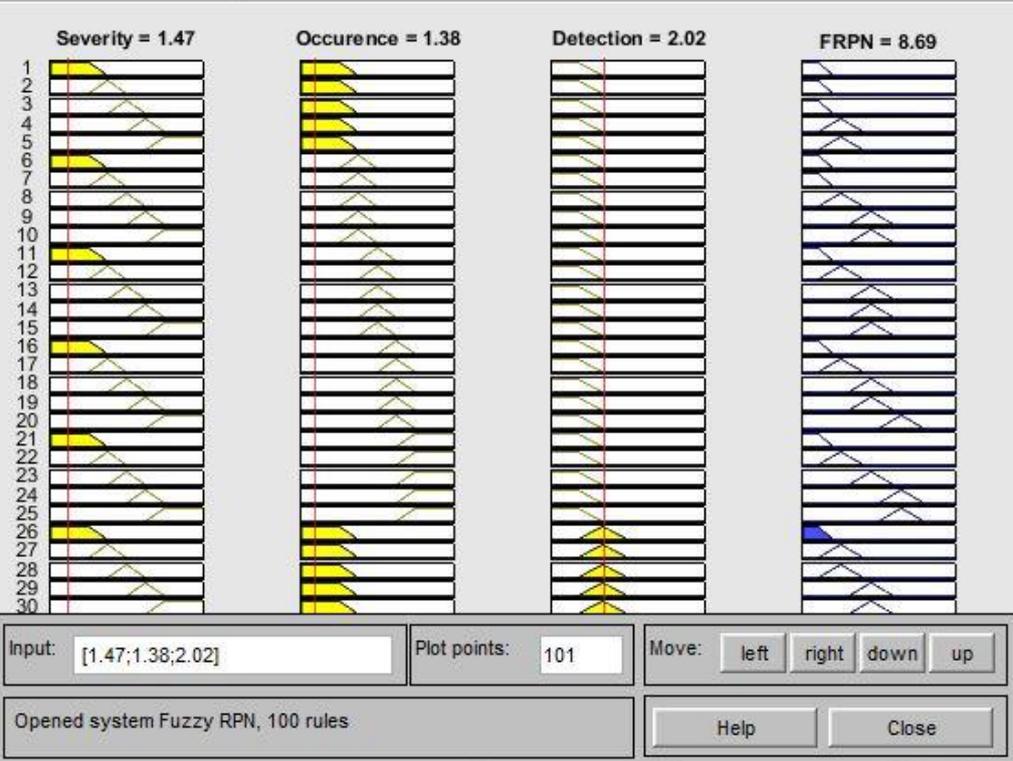
Perancangan Fuzzy Parameter Detection

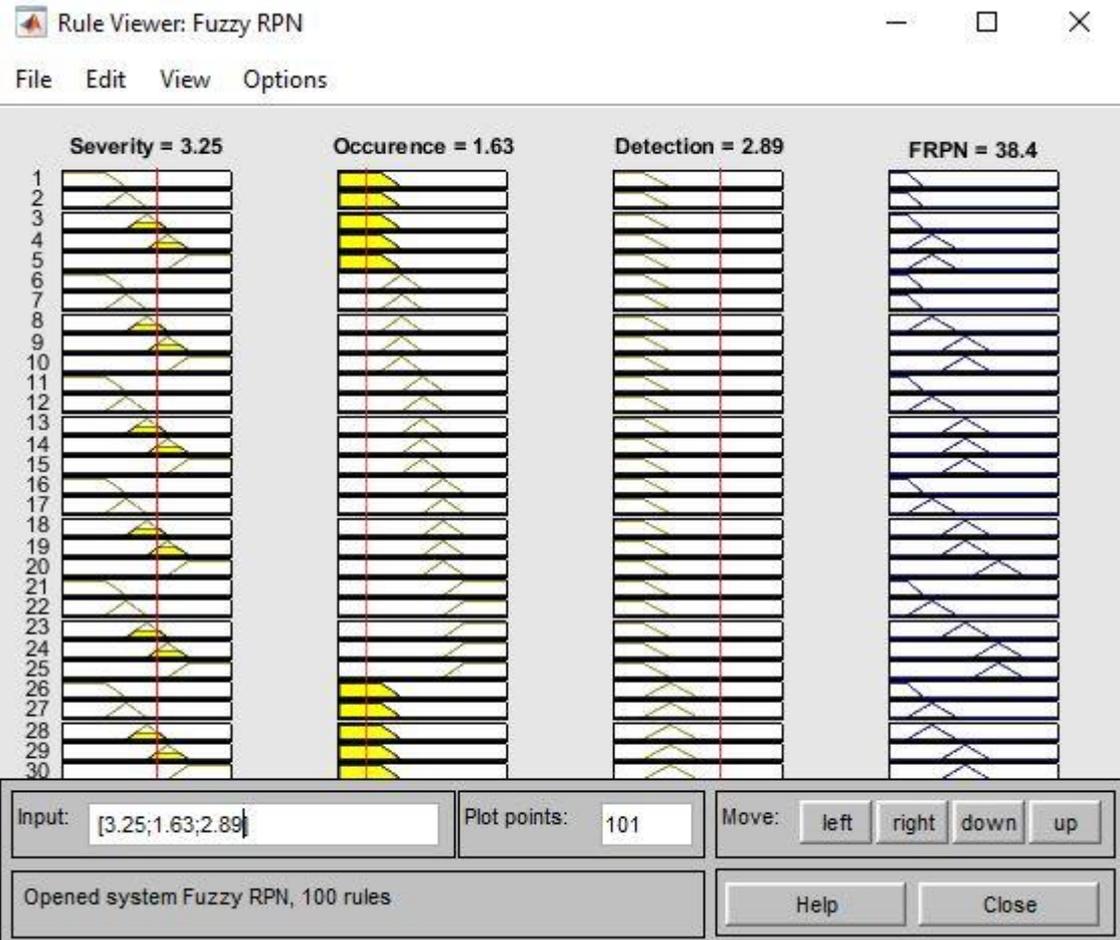
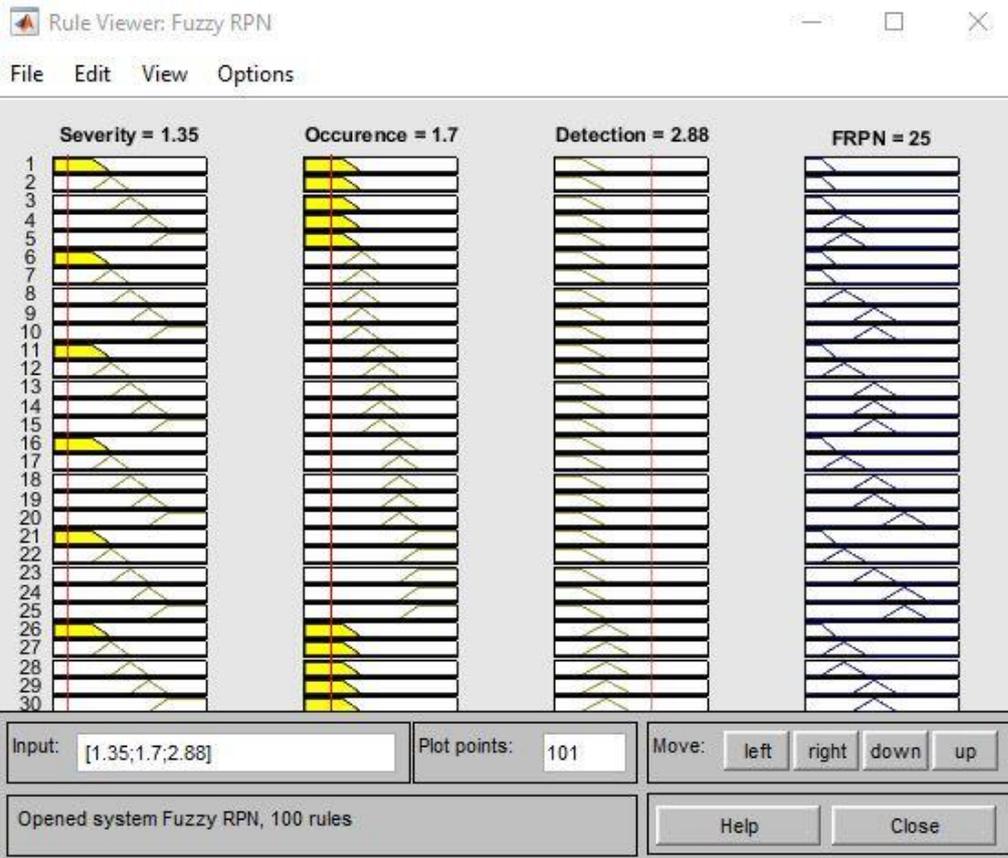


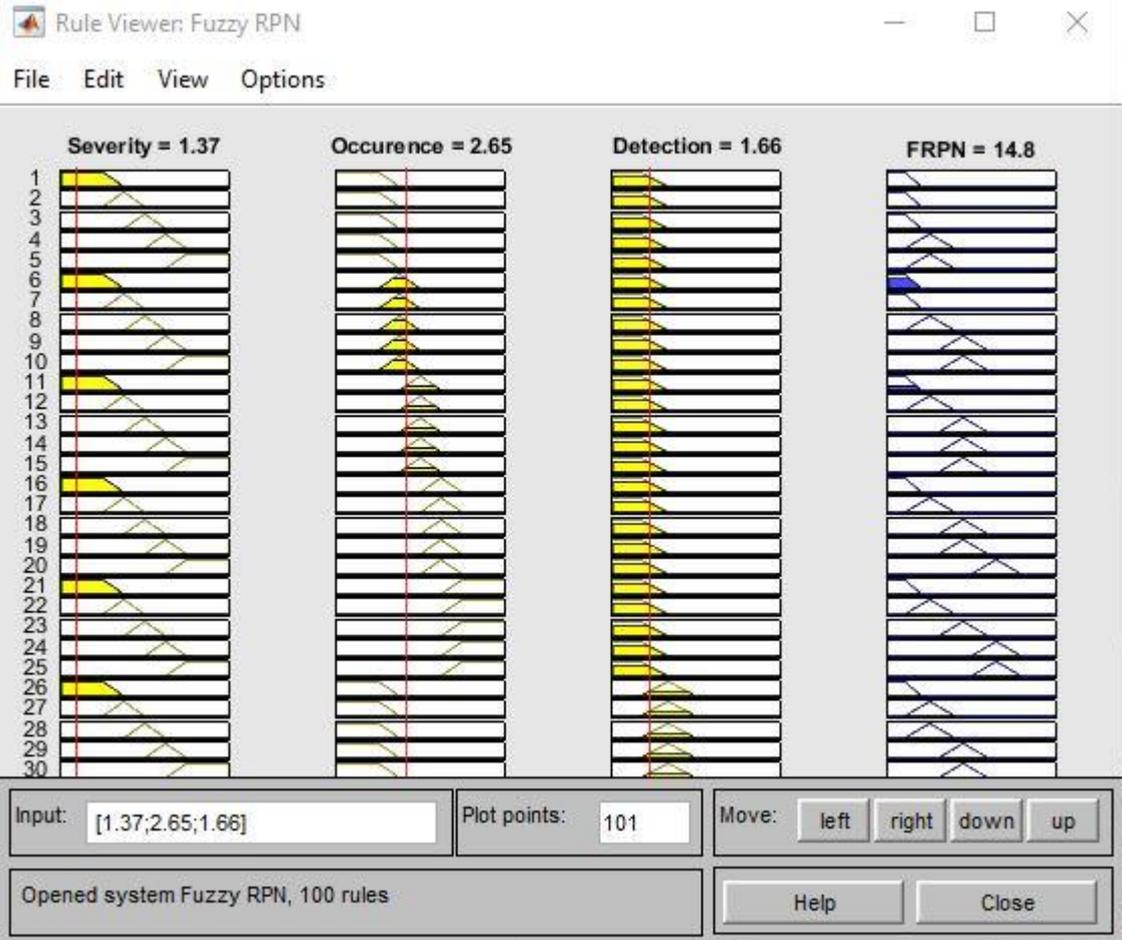
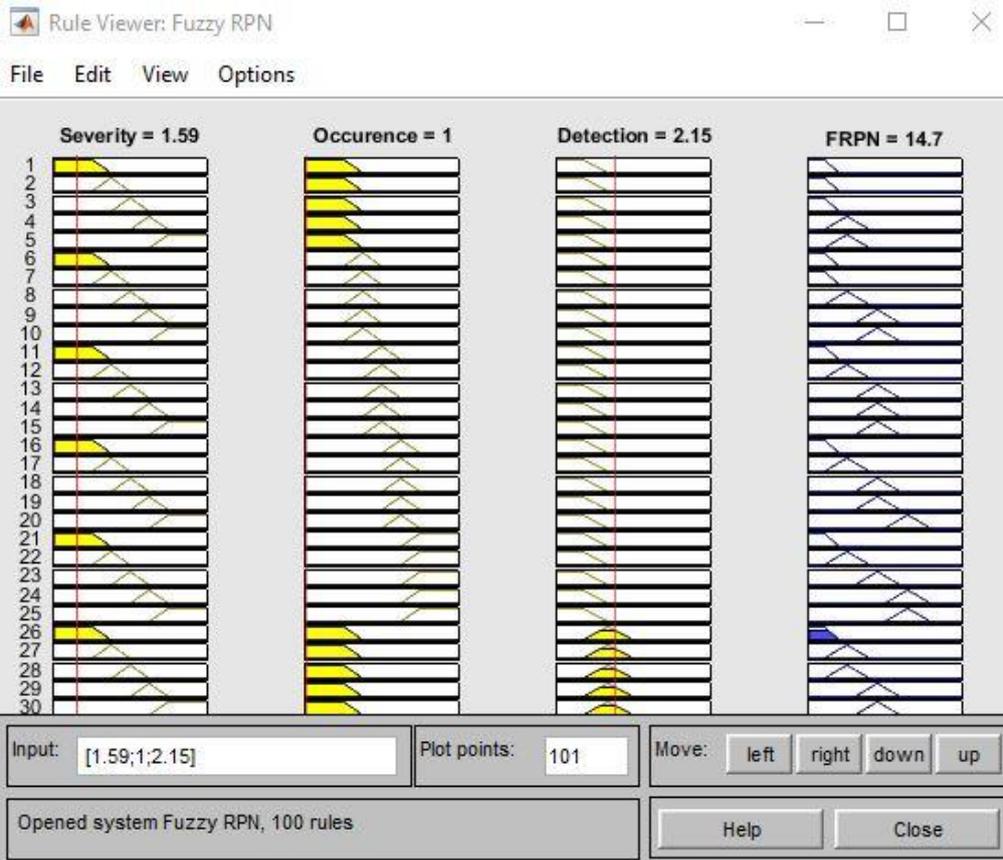
Perhitungan Fuzzy Risk Priority Number masing-masing Risk Event

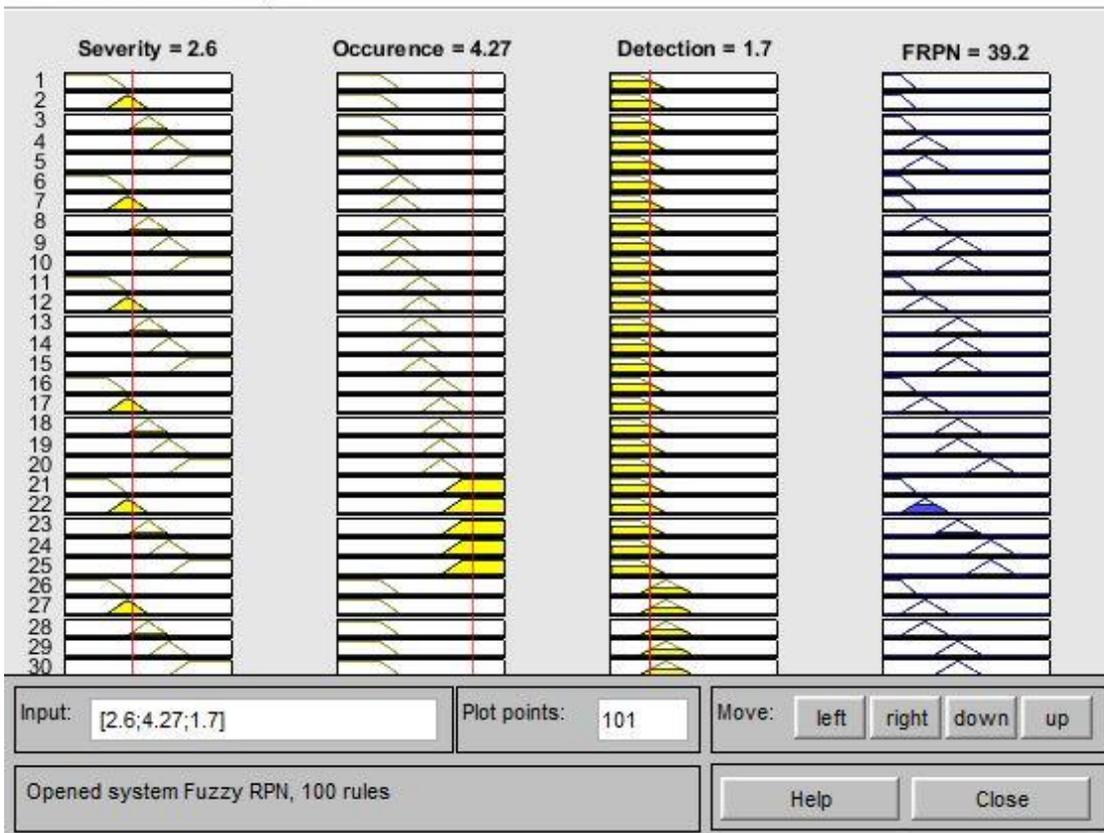
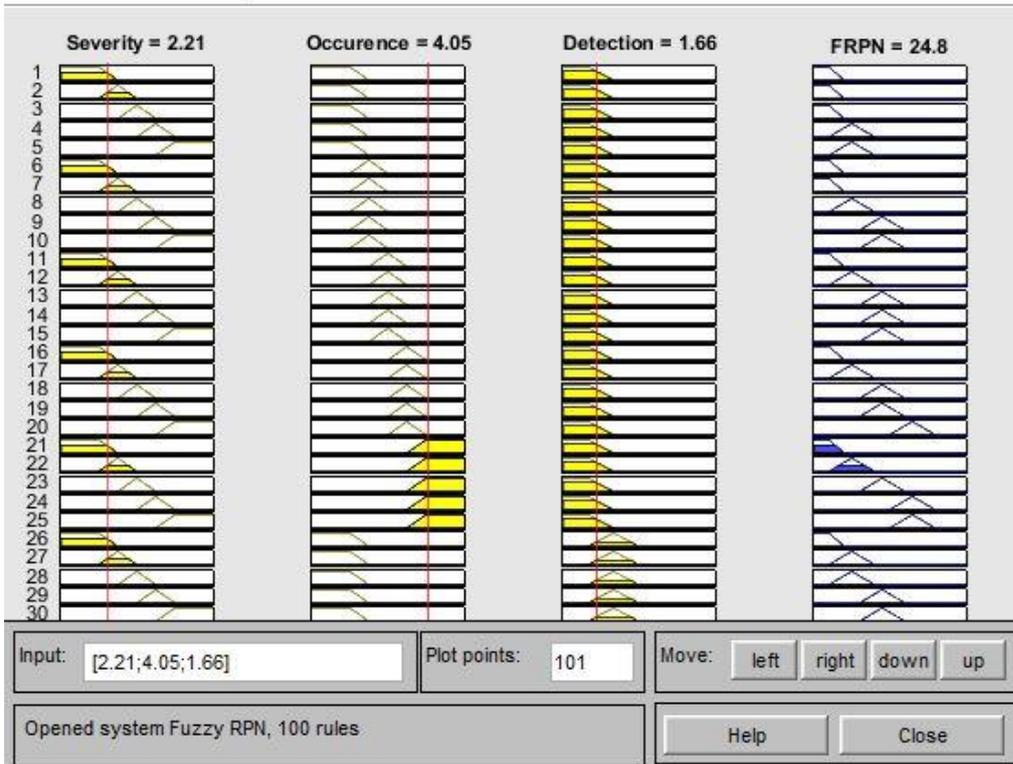


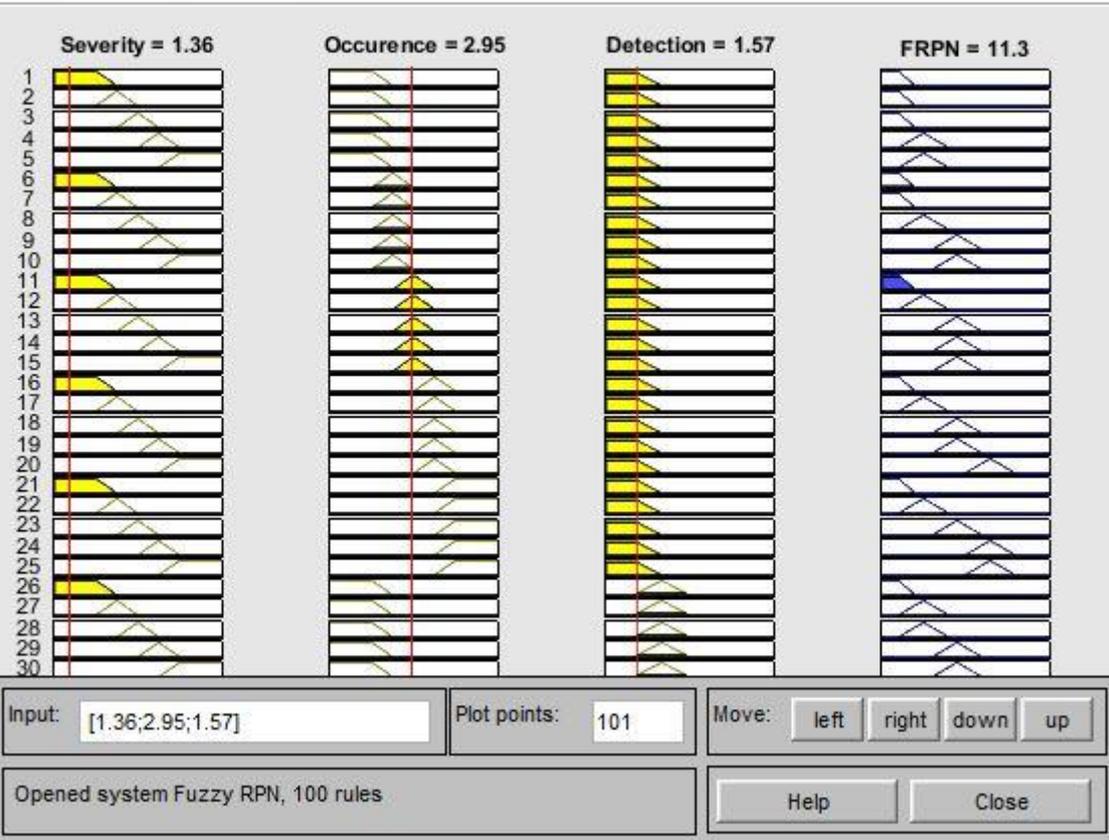
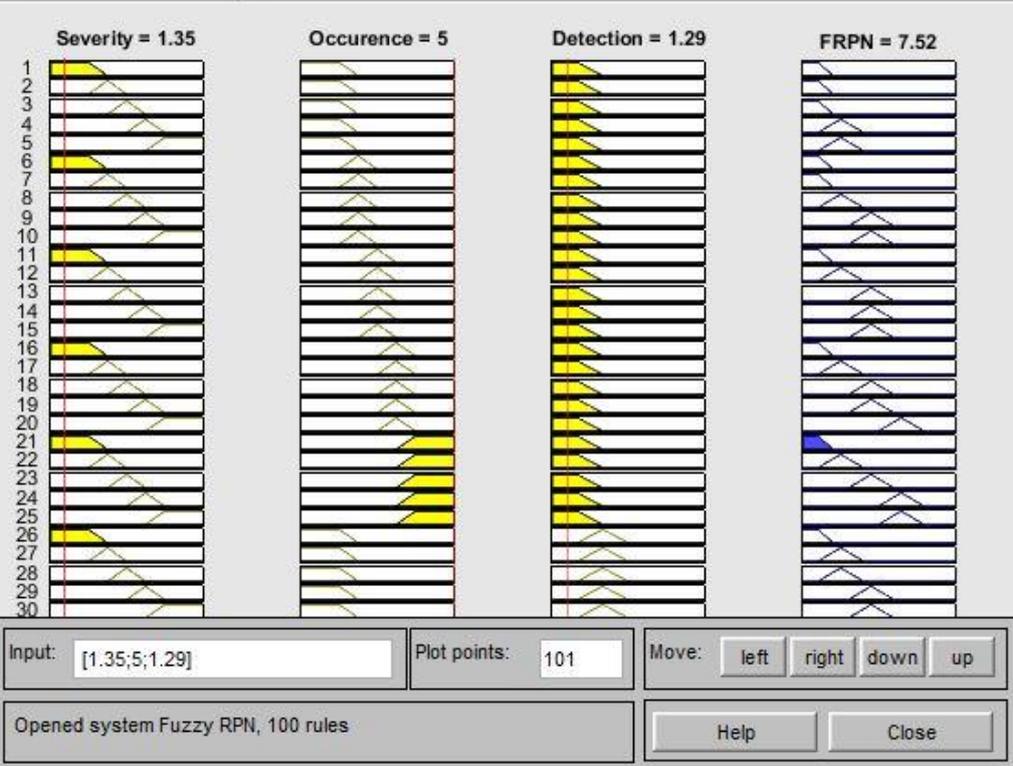


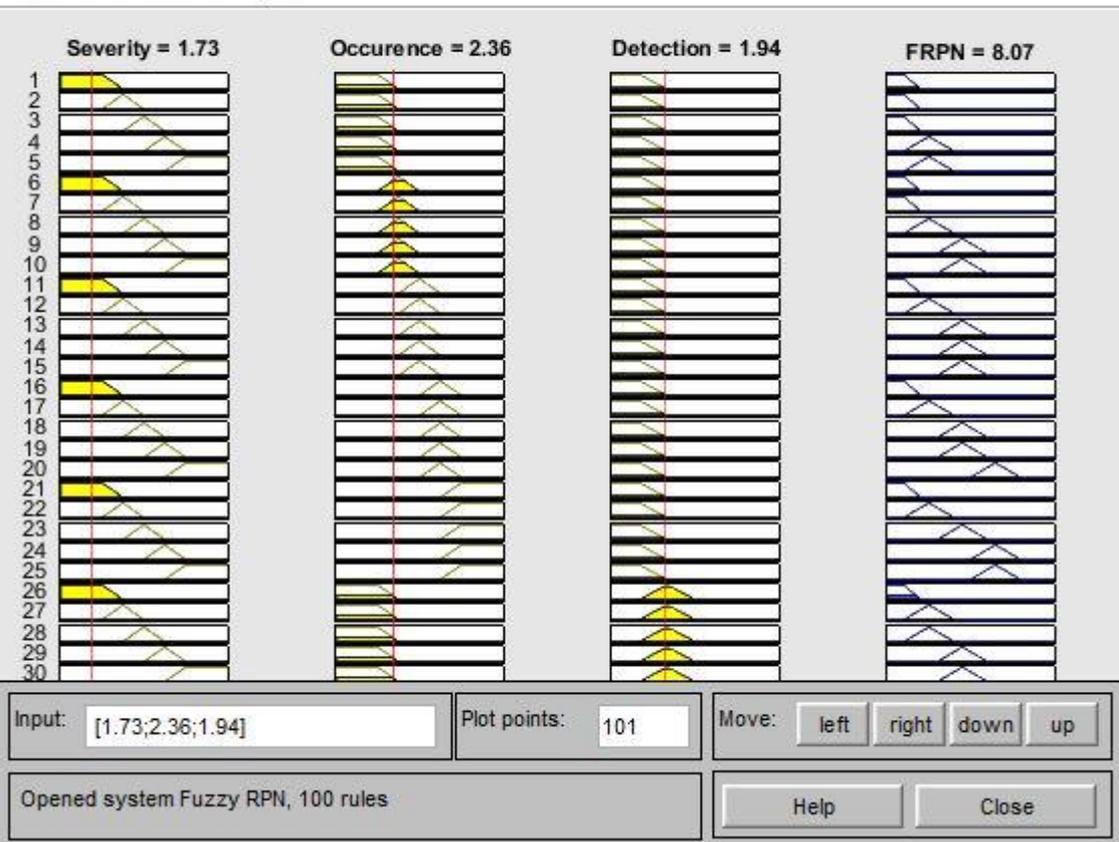
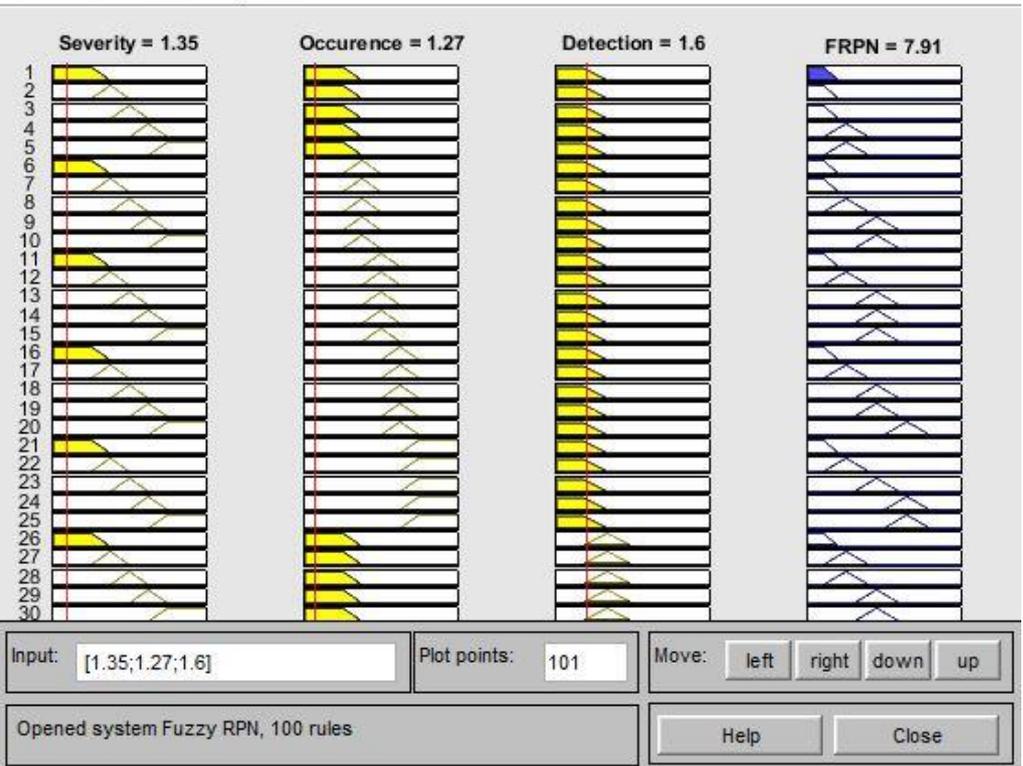


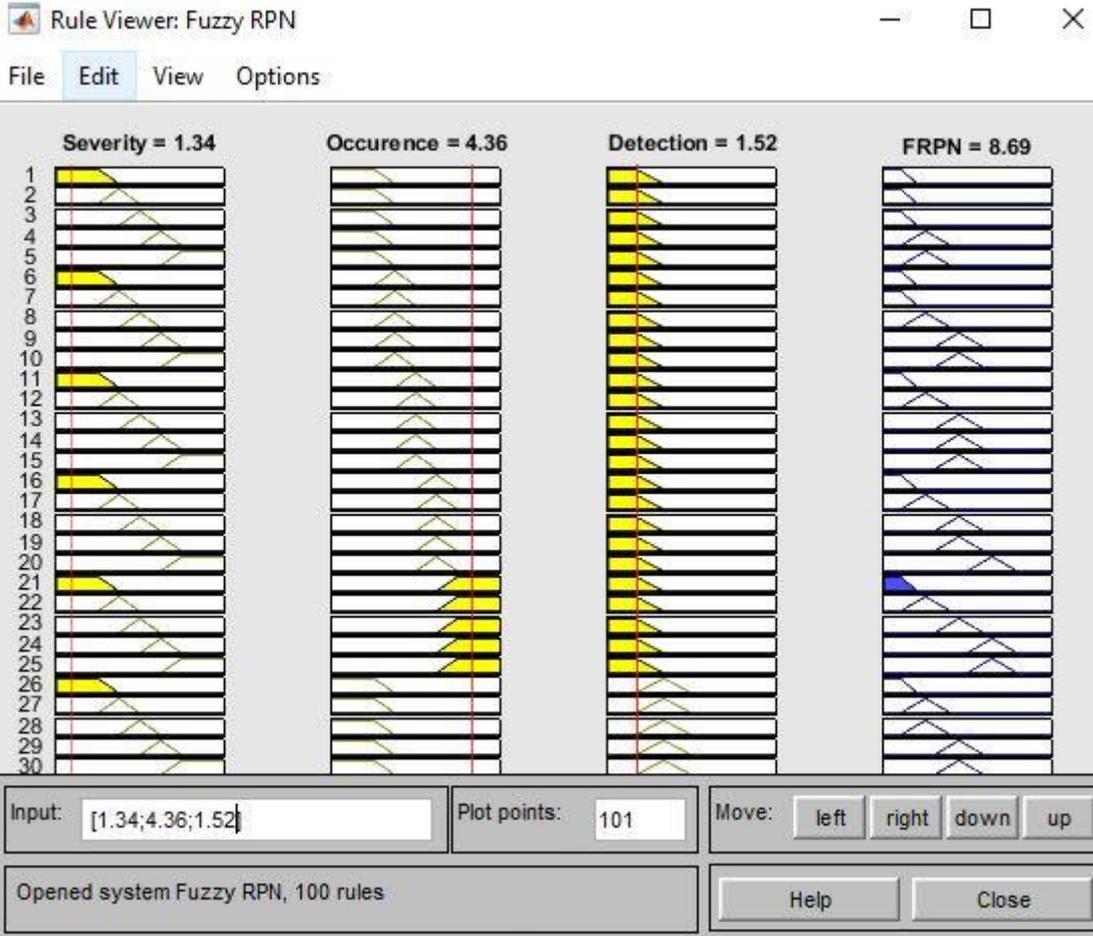
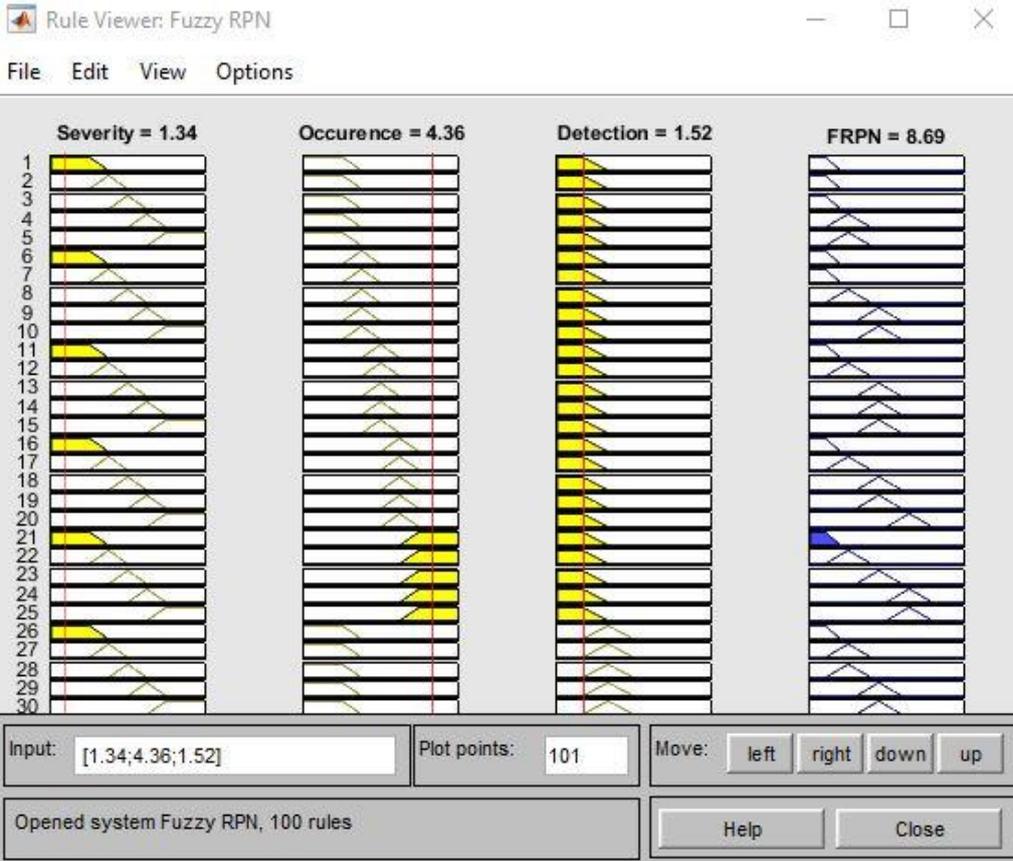


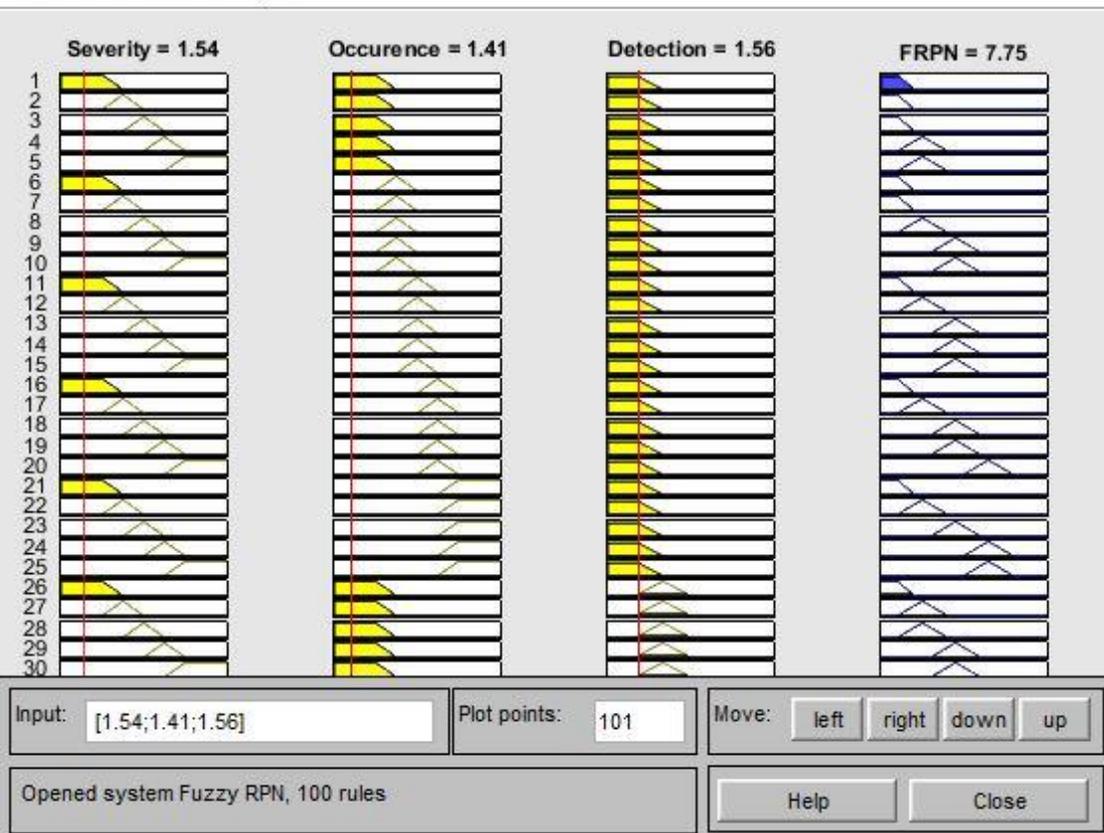
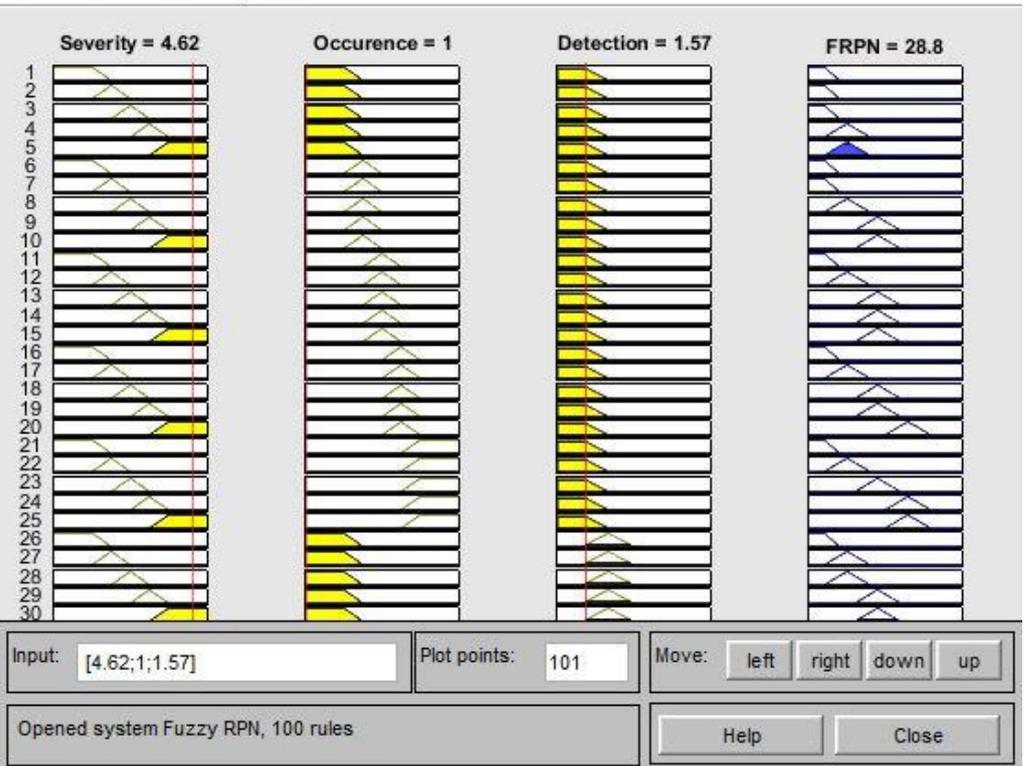


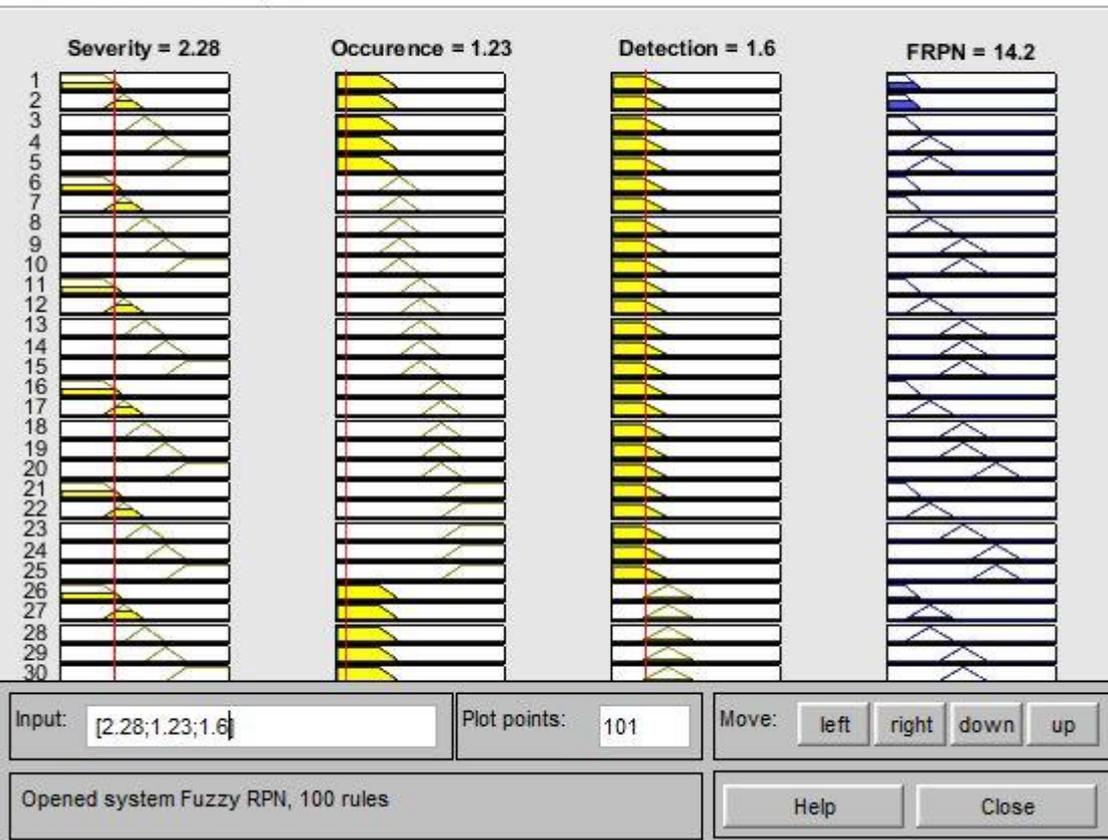
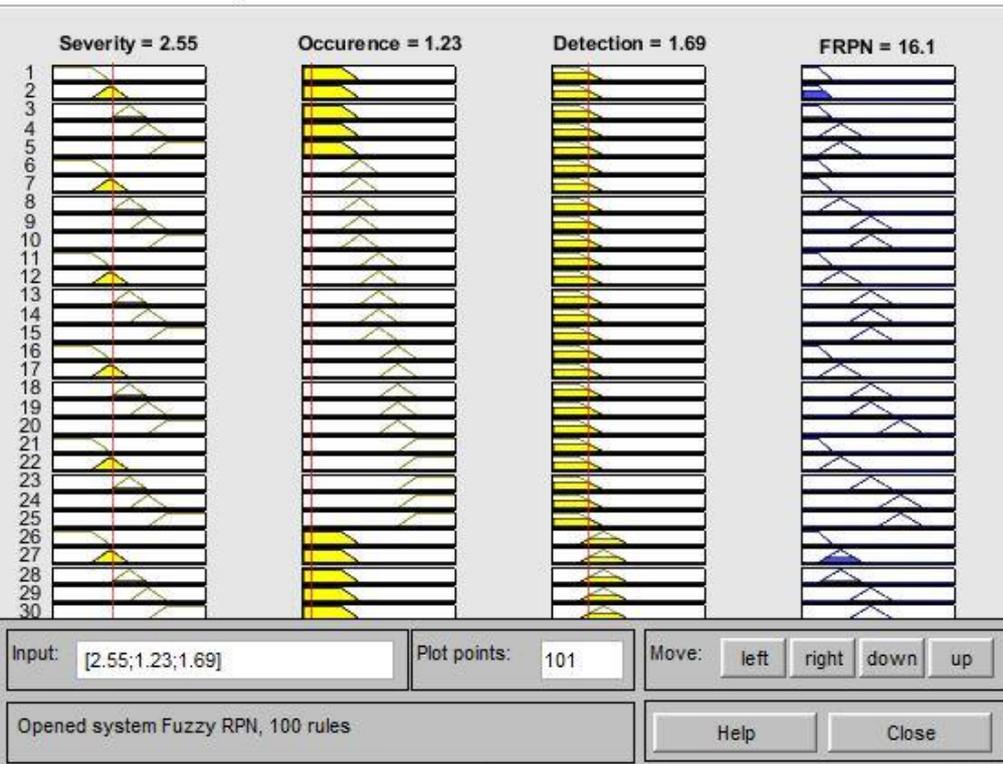


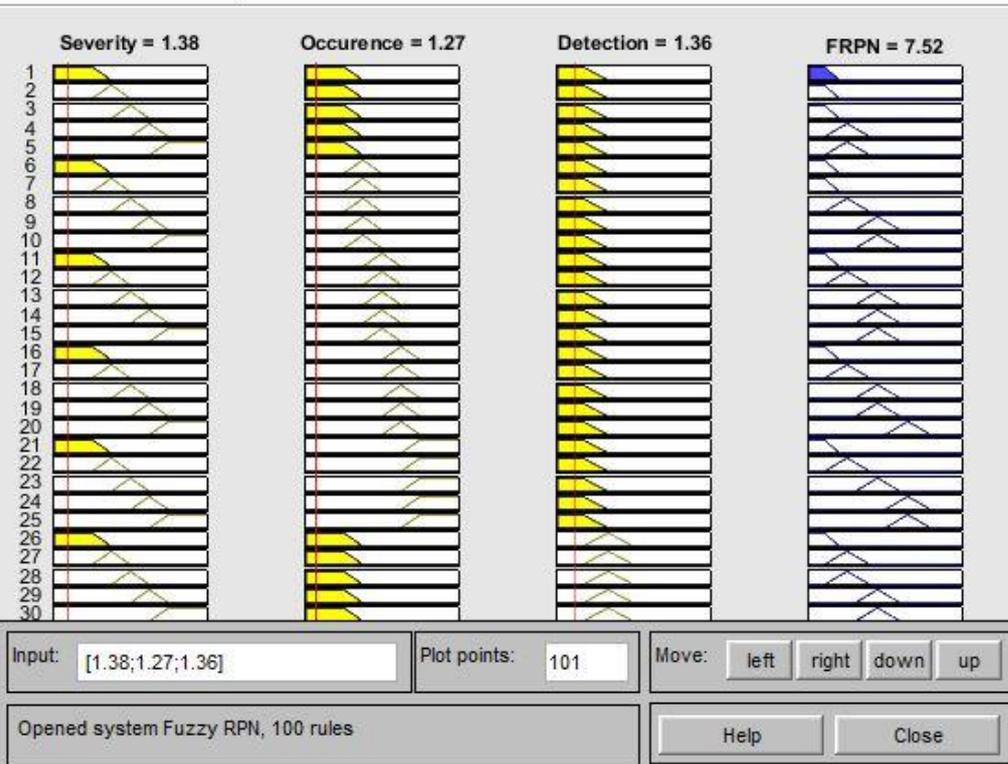


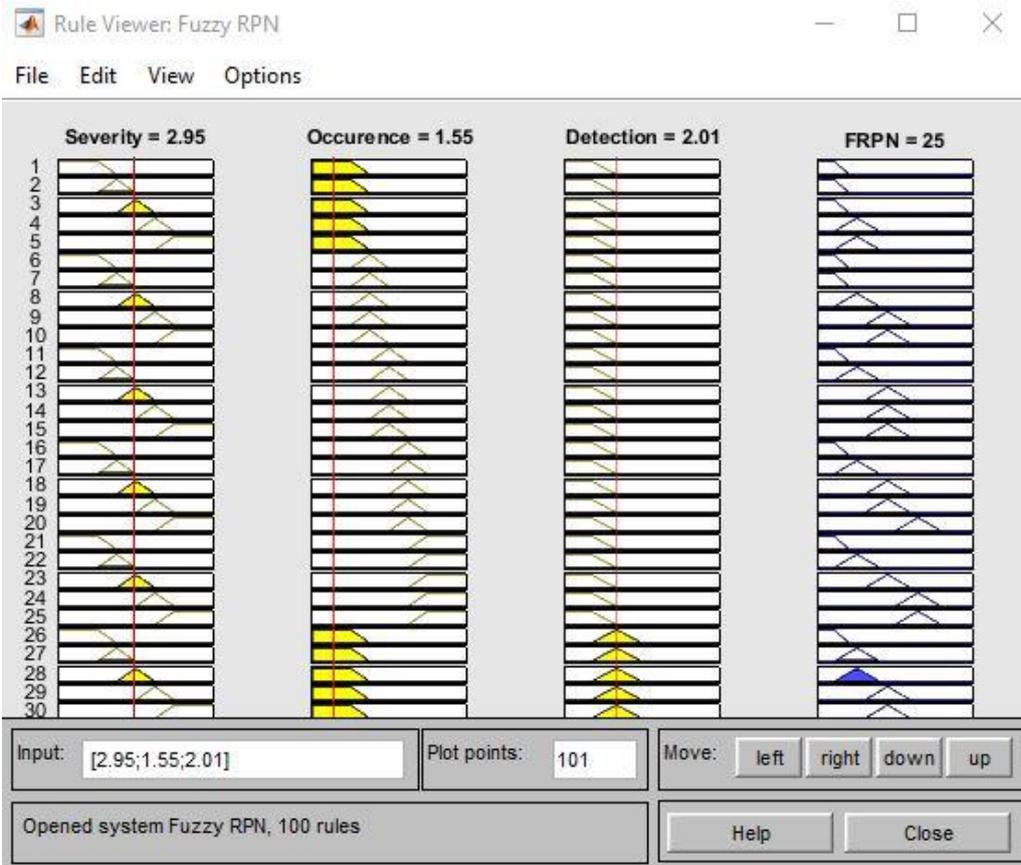




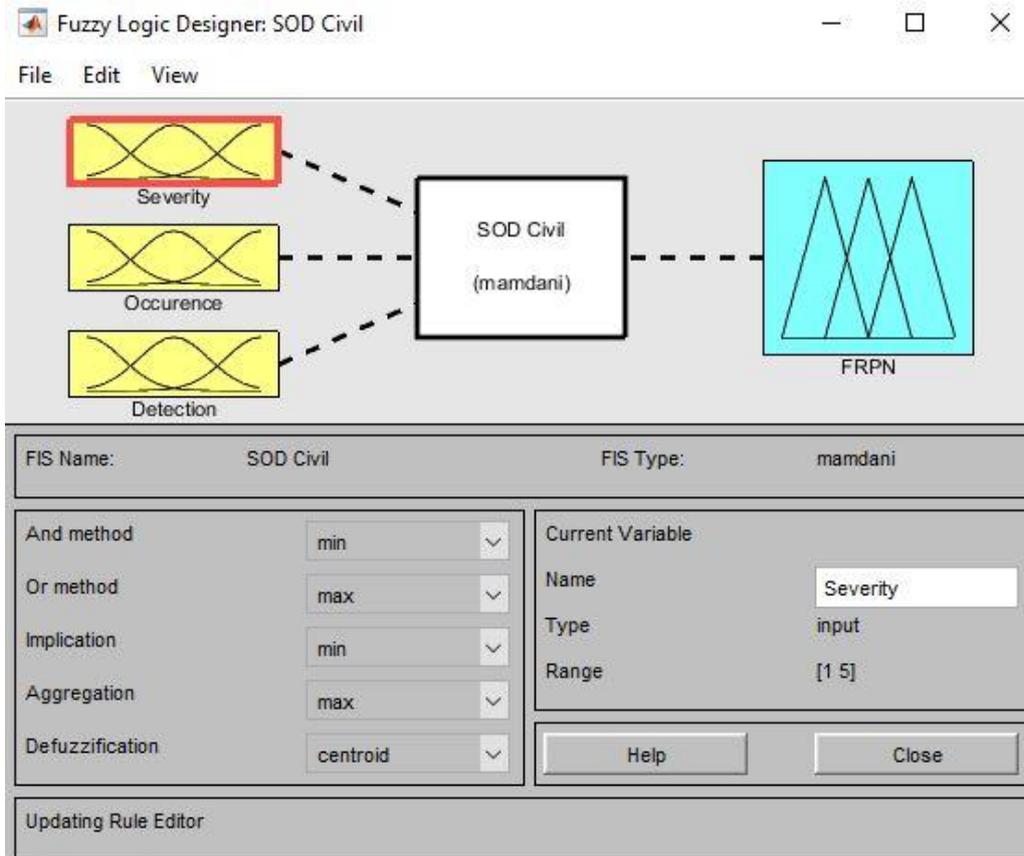




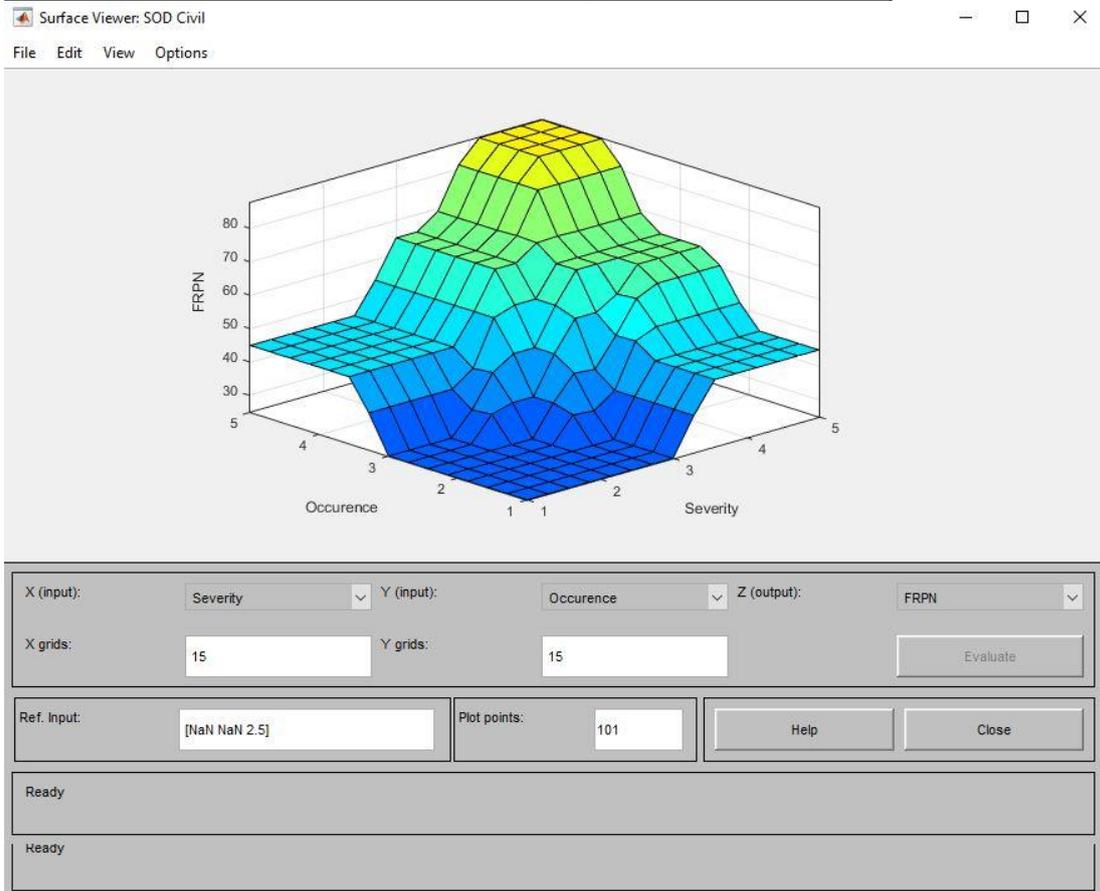
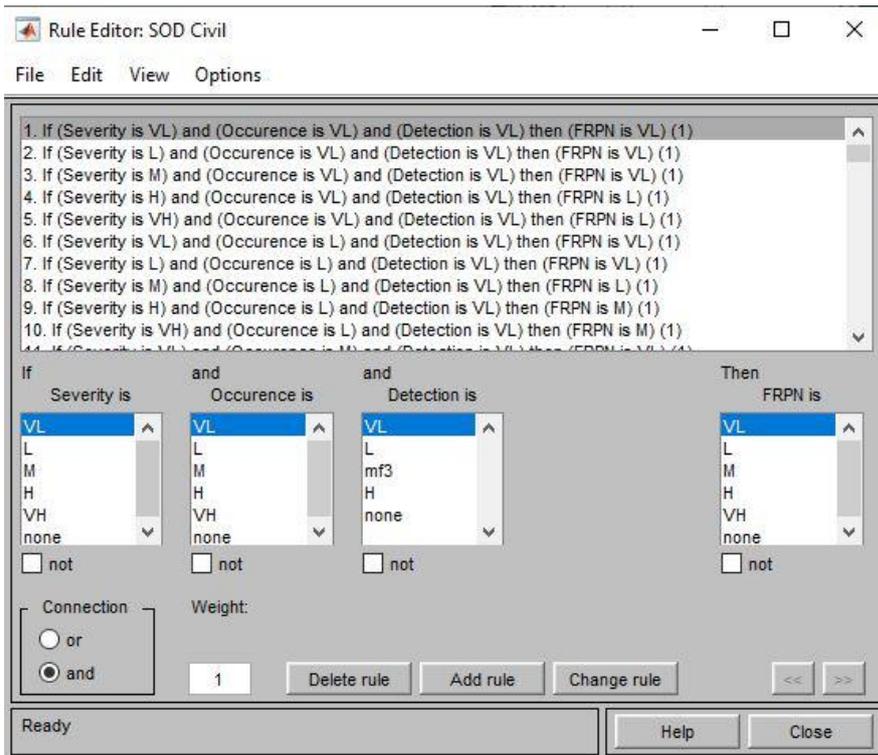




Perancangan Fuzzy untuk perhitungan nilai FRPN



Tampilan Rule Editor dan Surface viewer



(Halaman ini sengaja dikosongkan)