



TESIS - RC185401

**EVALUASI RISIKO PROYEK KONSTRUKSI DENGAN  
METODE FUZZY SERTA HUBUNGANNYA TERHADAP  
BIAYA KONTINGENSI**

**PUTRI SUCI MAWARIZA  
03111850030003**

Dosen Pembimbing :  
Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2021





**TESIS - RC185401**

**EVALUASI RISIKO PROYEK KONSTRUKSI DENGAN  
METODE FUZZY SERTA HUBUNGANNYA  
TERHADAP BIAYA KONTINGENSI**

**PUTRI SUCI MAWARIZA  
NRP. 03111850030003**

**Dosen Pembimbing:  
Ir.I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2021**





**THESIS - RC185401**

**EVALUATION OF CONSTRUCTION PROJECT RISK  
USING FUZZY METHOD AND THE RELATIONSHIP  
TO CONTINGENCY COST**

**PUTRI SUCI MAWARIZA  
03111850030003**

**Supervisor  
Ir.I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.**

**Department of Civil Engineering  
Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2021**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Teknik (MT)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**PUTRI SUCI MAWARIZA**

**NRP: 03111850030003**

Tanggal Ujian : 09 Februari 2021

Periode Wisuda: April 2021

Disetujui oleh :

**Pembimbing:**

1. Ir. I Putu Artama Wiguna, MT., Ph.D.

NIP 19691125 199903 1 001



**Penguji:**

1. Christiono Utomo, S.T., M.T., Ph.D.

NIP 19670319 200212 1 005



2. Moh. Arif Rohman, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP 19771208 200501 1 002



Kepala Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan



Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

NIP : 19721202 199802 1 001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Putri Suci Mawariza  
Program Studi : Manajemen Proyek Konstruksi  
NRP. : 03111850030003

Dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tesis/disertasi saya dengan judul :

**ANALISA BIAYA KONTINGENSI BERBASIS EVALUASI RISIKO  
PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE FUZZY**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 3 Maret 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Putri Suci Mawariza

NRP.0311850030003

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan hidayahnya yang telah memberi petunjuk dan kekuatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tesis.

Penyusunan Tesis ini diajukan oleh penulis dalam rangka memenuhi persyaratan akademis pada mata kuliah Tesis tahun ajaran 2020/2021, Program Studi S2 Manajemen Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan (FTSLK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya .

Adapun topik dari penyusunan Tesis ini adalah **“Evaluasi Risiko Proyek Konstruksi dengan Metode Fuzzy Serta Hubungannya Terhadap Biaya Kontingensi”**

Tersusunnya tesis ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan.

Untuk itu begitu banyak ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta, sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil, terutama doa.
2. Bapak Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tesis ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas kesabarannya memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga Besar S2 Manajemen Konstruksi, kalian keluarga baru yang tidak akan pernah terlupa.
5. Seluruh responden yang telah membantu dan kerjasama yang baik dalam proses penelitian.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih belum sempurna dan untuk itu segala saran dan kritik maupun masukan yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Surabaya, Maret 2021

Putri Suci Mawariza  
NRP. 03111850030003

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# EVALUASI RISIKO PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE FUZZY SERTA HUBUNGANNYA TERHADAP BIAYA KONTINGENSI

Nama Mahasiswa : Putri Suci Mawariza  
NRP : 03111850030003  
Dosen Konsultasi : Ir I Putu Artama Wiguna, MT, Ph.d.

## ABSTRAK

Biaya kontingensi memiliki peranan yang penting pada saat pelaksanaan konstruksi, karena memperkirakan biaya kontingensi proyek secara tepat merupakan salah satu kunci sukses dari manajemen proyek. Penggunaan biaya kontingensi yang kurang tepat dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan. Pada penetapan biaya kontingensi praktisi selama ini menggunakan pendekatan yang masih sangat subjektif. Penelitian ini akan membahas penetapan biaya kontingensi bangunan gedung bertingkat, berdasarkan hasil dari evaluasi risiko.

Evaluasi risiko yang dilakukan adalah pada risiko berdasarkan risiko tahapan pelaksanaan konstruksi proyek gedung bertingkat. Penggunaan *fuzzy logic* dengan metode *weight risk analysis* dirasakan merupakan metode yang sangat tepat mengingat banyaknya keunggulan analisa *fuzzy logic* yang dapat membantu membuat analisa risiko menjadi lebih objektif. Lebih khususnya metode fuzzy digunakan untuk pendekatan analisa level risiko pada proyek yang di tinjau. Sedangkan penggunaan metode *weight risk analysis* dipilih karena dapat menghasilkan presentase pembobotan yang nantinya dapat di bandingkan dengan data histori biaya kontingensi yang didapatkan melalui sistem pencatatan proyek.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa hasil evaluasi risiko pada keenam proyek objek penelitian dikelompokkan menjadi kelompok tingkat risiko VL (*Very Low*) dan L (*Low*) sesuai dengan derajat keanggotaan fuzzy tiap proyek. Dengan *range* level risiko sebesar 7.415 sampai dengan 7.652. Semakin besar level risiko maka akan semakin besar pula biaya kontingensi yang di keluarkan oleh proyek, dengan persamaan jika risiko naik sebesar satu satuan, maka jumlah biaya kontingensi akan naik sebesar 0.0916 satuan.

**Kata Kunci** : Risiko, Biaya Kontingensi, dan *Fuzzy logic*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# EVALUATION OF CONSTRUCTION PROJECT RISK USING FUZZY METHOD AND THE RELATIONSHIP TO CONTINGENCY COST

*Student Name* : Putri Suci Mawariza  
*NRP* : 03111850030003  
*Supervisor* : Ir I Putu Artama Wiguna, MT, Ph.d.

## ***ABSTRACT***

Cost contingency have an important role during construction, because accurately estimating project costs contingency is one of the keys to successful project management. Inappropriate use of contingency fees can cause various problems. In determining contingency costs, practitioners have used a very subjective approach. This research will discuss the determination of the contingency cost of high buildings, based on the results of risk grouping analysis based.

The risk evaluation carried out is the risk based on the risk of the project construction implementation. The use of fuzzy logic with the weight risk analysis method is considered to be a very appropriate method considering the many advantages of fuzzy logic analysis that can help make risk analysis more objective. More specifically, the fuzzy method is used for the risk level analysis approach to the project under review. While the use of the weight risk analysis method was chosen because it can produce a percentage which can later be compared with historical contingency cost data obtained through the project recording system.

The results of this study indicate that the results of the risk evaluation on the six research object projects are grouped into VL (Very Low) and L (Low) risk levels according to the degree of fuzzy membership of each project. With a risk level range of 7,415 to 7,652. The greater the level of risk, the greater the contingency costs incurred by the project, with the equation if the risk increases by one unit, the total contingency costs will increase by 0.0916 units.

***Key words*** : Risk, Cost Contingency, and Fuzzy logic

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xxv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.3 Manfaat .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Manajemen Risiko .....	6
2.1.1 Identifikasi Risiko .....	7
2.1.2. Analisa Risiko Kualitatif.....	7
2.1.3 Analisa Risiko Kuantitatif.....	7
2.2 Definisi Risiko .....	8
2.2.1 Jenis- Jenis Risiko Tahap Pelaksanaan konstruksi .....	9

2.2.2 Alokasi Pemilikan Risiko .....	11
2.3 Mitigasi Risiko.....	12
2.4 Konsep Biaya Kontingensi .....	13
2.4 Pengaruh Biaya Kontingensi Terhadap Harga Penawaran Proyek .....	16
2.5 Atribut Kontingensi .....	17
2.6 Kelemahan Traditional Percentage Estimation .....	18
2.7 Metode Estimasi Biaya Kontingensi .....	20
2.8 Logika Fuzzy .....	21
2.8.1 Teori Fuzzy .....	21
2.8.2 Logika Fuzzy untuk Risk Assesment .....	22
2.5 Penelitian Terdahulu.....	22
<b>BAB 3 METODOLOGI .....</b>	<b>27</b>
3.1 Konsep Penelitian .....	27
3.2 Rancangan Penelitian .....	28
3.3 Studi literatur .....	30
3.4 Pengumpulan Data.....	30
3.5 Populasi dan Sampel.....	31
3.6 Objek Penelitian .....	32
3.7 Variabel Penelitian.....	32
3.8 Data Penelitian.....	35
3.8.1 Data Primer.....	35
3.8.2 Data sekunder .....	35
3.9 Pengumpulan data .....	35
3.10 Analisis .....	36
3.11 Pemodelan Fuzzy Weighted Risk Analysis.....	38
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>

4.1	Survey Pendahuluan.....	46
4.2	Survei Utama.....	48
4.2.1	Karakteristik Responden Survei Utama .....	48
4.3	Analisa Pembobotan Variabel Risiko.....	49
4.4	Analisis Metode Fuzzy Pairwise Berdasarkan Setiap Responden .....	51
4.4.1	Matriks Perbandingan Berpasangan.....	51
4.4.2	Variabel Risiko Metode <i>Pairwise-Comparision</i> Setiap Responden ....	51
4.4.3	Variabel Metode Fuzzy-Pairwise Berdasarkan Penilaian Responden .	57
4.4.4	Sub Variabel risiko <i>Pairwise-Comparision</i> Setiap Responden .....	64
4.4.5	Sub Variabel Risiko Metode Fuzzy-Pairwise Setiap Responden .....	69
4.5	Analisis Metode Fuzzy Pairwise Secara Berkelompok .....	75
4.5.1	Variabel Metode Fuzzy Berdasarkan Semua Responden .....	75
4.5.2	Proses Analisa Sub Variabel Metode Fuzzy Semua Responden .....	78
4.6	Rekapitulasi Pembobotan Risiko dan Sub Risiko.....	79
4.7	Penilaian Evaluasi Risiko.....	81
4.7.1	Memodelkan Risiko Dengan Fuzzy .....	82
4.7.2	Pembuatan Fuzzy Membership Function.....	82
4.7.3	Membuat Rules Pada sistem Fuzzy Logic yang Digunakan.....	84
4.7.4	Analisa Evaluasi Risiko dengan Metode Fuzzy.....	85
4.8	Evaluasi Risiko dengan <i>Weighted Fuzzy Analysis</i> .....	87
4.9	Biaya Kontingensi .....	91
4.10	Hubungan Biaya Kontingensi dengan Risiko Pelaksanaan .....	92
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>103</b>
5.1	Kesimpulan.....	103
5.2	Saran .....	103
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>105</b>

**LAMPIRAN ..... 109**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Konsep Biaya Kontingensi .....	15
Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	21
Gambar 2.3 Skema Metode Fuzzy untuk Risk Assessment.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	28
Gambar 3.2 Fuzzifikasi ke TFN.....	40
Gambar 3.3 Analisis penelitian .....	44
Gambar 4.1 Tingkat pendidikan responden .....	48
Gambar 4.2 Pengalaman Kerja Responden.....	49
Gambar 4.3 Fuzzifikasi Skala ke TFN.....	58
Gambar 4.4 Fuzzifikasi Skala ke TFN.....	70
Gambar 4.5 Variabel Input dan Output.....	82
Gambar 4.6 Membership Function untuk Input Probability .....	83
Gambar 4.7 Membership Function untuk Input Impact.....	83
Gambar 4.8 Input dan Output Penilaian Risiko .....	86
Gambar 4.9 Scatterplot of Risk Level vs Cost Contingency .....	93
Gambar 4.10 Analisa Regresi Linier Sederhana .....	98

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	24
Tabel 3.1 Objek penelitian .....	32
Tabel 3.2 Variabel Penelitian .....	33
Tabel 3.3 Matriks Perbandingan Berpasangan.....	39
Tabel 3.4 Matriks identitas bobot kepentingan .....	39
Tabel 3.5 TFN Untuk Penilaian Probabilitas .....	41
Tabel 3.6 TFN Untuk Penilaian Dampak.....	41
Tabel 4.1 Tentang Hasil Screening Variabel. ....	46
Tabel 4.2 Subvariael risiko yang Digunakan .....	50
Tabel 4.3 Tingkat kepentingan.....	52
Tabel 4.4 Hasil kuisisioner terhadap penilaian responden I.....	52
Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil penilaian kuisisioner .....	54
Tabel 4.6 Perbandingan Berpasangan Variabel Risiko dari Responden I .....	54
Tabel 4.7 Jumlah Kolom Penilaian Bobot Variabel Risiko Oleh Responden I ....	55
Tabel 4.8 Normalisasi Matriks.....	55
Tabel 4.9 Vektor Prioritas Kriteria Responden I .....	56
Tabel 4.10 Fuzifikasi Terhadap Skala Pairwise ke Skala Fuzzy .....	57
Tabel 4.11 Perbandingan berpasangan Fuzzy Antar Variabel dari Responden I..	58
Tabel 4.12 Jumlah baris Antar Variabel Risiko dari Responden I.....	59
Tabel 4.13 Synthethic Extent Antar Variabel dari Responden I.....	59
Tabel 4.14 Nilai Ordinat Perbandingan Berpasangan Antar Variabel Risiko .....	62
Tabel 4.15 Vektor Bobot Antar Variabel Utama .....	63
Tabel 4.16 Tabel Normalisasi Vektor Bobot Antar Variabel Utama.....	63
Tabel 4.17 Perankingan atribut kriteria berdasarkan responden I.....	63
Tabel 4.18 Tingkat kepentingan.....	64
Tabel 4.19 Tingkat kepentingan.....	65
Tabel 4.20 Hasil kuisisioner terhadap penilaian responden I.....	65
Tabel 4.21 Rekapitulasi hasil penilaian kuisisioner .....	66

Tabel 4.22 <i>Pairwise</i> Sub Variabel Risiko Pesonil Responden I .....	67
Tabel 4.23 Kolom Penilaian Sub Variabel Risiko Personil Oleh Responden I.....	67
Tabel 4.24 Normalisasi Matriks sub variabel personil responden I .....	68
Tabel 4.25 Vektor Prioritas Kriteria Responden I.....	68
Tabel 4.26 Fuzifikasi Terhadap Skala ke Skala Fuzzy.....	70
Tabel 4.27 <i>Pairwise</i> Fuzzy Antar Sub Variabel dari Responden I.....	71
Tabel 4.28 Jumlah baris Sub Variabel Risiko Personil dari Responden I.....	71
Tabel 4.29 Synthethic Extent Sub Variabel Risiko Personil dari Responden I.....	72
Tabel 4.30 Nilai Ordinat Antar Sub Variabel Risiko Personil .....	73
Tabel 4.31 Vektor Bobot Antar Sub Variabel Risiko Personil .....	74
Tabel 4.32 Tabel Normalisasi Vektor Sub Variabel Bobot Risiko Personil .....	74
Tabel 4.33 Perankingan atribut kriteria berdasarkan responden I.....	74
Tabel 4.34 Matriks Antar Variabel Hasil Gabungan Responden .....	76
Tabel 4.35 Rata-rata Geometrik Antar Variabel hasil Gabungan Responden.....	76
Tabel 4.36 Bobot Fuzzy antar Variabel hasil gabungan responden .....	77
Tabel 4.37 Perankingan bobot antar Variabel risiko hasil gabungan responden..	77
Tabel 4.38 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Sub variabel Risiko Personil.....	78
Tabel 4.39 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Sub Risiko Teknologi Desain .....	78
Tabel 4.40 Bobot dan Normalisasi Sub Risiko Peralatan dan Material .....	78
Tabel 4.41 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Untuk Sub Risiko Keselamatan ....	78
Tabel 4.42 Bobot Rata Rata dan Normalisasi variabel Risiko Alami (Eksternal)	79
Tabel 4.43 Rekapitulasi Pembobotan Risiko dan Sub Risiko. ....	79
Tabel 4.44 Skala Kemungkinan kejadian ( Probability).....	81
Tabel 4.45 Skala Dampak Risiko ( Impact) .....	81
Tabel 4.46 Fuzzy Rules .....	84
Tabel 4.47 Penilaian Evaluasi Risiko Responden 3 Proyek C .....	85
Tabel 4.48 Rekapitulasi Penilaian Evaluasi Risiko Responden 3 .....	87
Tabel 4.49 Rekapitulasi Risiko dengan Metode Weighted Fuzzy Analysis.....	89
Tabel 4.50 Biaya Kontingensi .....	91
Tabel 4.51 Rekapitulasi Level Risiko dan Biaya Kontingensi.....	92
Tabel 4.52 Rekapitulasi Level Evaluasi Risiko pada Setiap Sub Risiko. ....	94

## DAFTAR RUMUS

2.1 Triangular Fuzzy .....	21
3.1 Matriks Perbandingan Berpasangan .....	38
3.2 Normalisasi Matriks .....	38
3.3 Eigen vector.....	39
3.4 Eigen vector maksimum .....	39
3.5 Rasio konsistensi .....	39
3.6 Fuzzy syntethic extent .....	41
3.7 Fuzzy syntethic extent.....	41
3.8 Fuzzy syntethic extent.....	41
3.9 Menghitung total vector .....	41
4.1 Menghitung geometriks.....	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Laporan Wawancara Screening Variabel dan Sub Variabel .....	109
Lampiran 2. Kuisisionier Antara Variabel Risiko dan Sub Variabel.....	112
Lampiran 3. Kuisisionier Penilaian Evaluasi Risiko.....	125
Lampiran 4. Pembobotan Variabel Risiko.....	129
Lampiran 5. Pembobotan Sub Variabel 1.....	131
Lampiran 6. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 1.....	133
Lampiran 7. Pembobotan Sub Variabel 2.....	135
Lampiran 8. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 2.....	137
Lampiran 9. Pembobotan Sub Variabel 3.....	138
Lampiran 10. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 3.....	140
Lampiran 11. Pembobotan Sub Variabel 4.....	142
Lampiran 12. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 4.....	144
Lampiran 13. Pembobotan Sub Variabel 5.....	145
Lampiran 14. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 5.....	147
Lampiran 15. Pembobotan Sub Variabel 6.....	148
Lampiran 16. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 6.....	150
Lampiran 17. Rekap Responden I.....	152
Lampiran 18. Rekap Responden II.....	154
Lampiran 19. Rekap Responden III.....	155
Lampiran 20. Rekap Responden IV.....	156
Lampiran 19. Rekap Responden V.....	157
Lampiran 20. Rekap Responden VI.....	158
Lampiran 21. Rekap Matlab .....	159

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Rencana manajemen risiko memainkan peran yang semakin penting dalam keberhasilan setiap proyek. Keberhasilan suatu proyek konstruksi sangat dipengaruhi oleh kemampuan mengendalikan risiko akibat adanya kondisi ketidakpastian yang terjadi selama proyek berlangsung. Untuk itu diperlukan implementasi manajemen risiko secara komprehensif pada aktivitas-aktivitas yang mempengaruhi kinerja waktu, biaya dan mutu proyek. Rencana manajemen risiko memainkan peran yang semakin penting dalam keberhasilan setiap proyek. Rencana manajemen risiko yang memadai memungkinkan proyek untuk menghadapi risiko (ancaman / peluang) dan dapat membuat respon yang tepat dan tepat waktu yang meminimalkan kehilangan atau meningkatkan manfaat yang terkait dengan risiko tersebut. Oleh karena itu manajemen risiko telah menjadi bidang yang menarik bagi para peneliti, yang fokus pada identifikasi risiko, evaluasi, respons, pemantauan, dan *control*.

Evaluasi risiko merupakan proses perbandingan antara level risiko yang ditemukan selama proses pelaksanaan dengan kriteria risiko yang ditetapkan sebelumnya. Evaluasi risiko penting untuk dilakukan, tetapi kebanyakan proyek tidak pernah melakukan evaluasi risiko setelah menyelesaikan pelaksanaan proyek. Dengan mengetahui level risiko sebuah proyek kita tersebut juga menjelaskan bahwa respon risiko dan rencana risiko harus dipelajari dan dikendalikan untuk mengalihkan atau memitigasi dampak faktor-faktor tersebut agar dapat mengoptimalkan penggunaan biaya kontingensi yang disediakan untuk penanganan risiko. Risiko yang terkait dengan proyek membutuhkan sumber daya kontingensi yang harus dikurangi atau dioptimalkan penggunaannya. Pengoptimalan penggunaan biaya kontingensi tersebut dapat berlangsung jika di dorong dengan adanya estimasi yang baik mengenai anggaran diawal.

Sehingga penting bagi proyek untuk melakukan evaluasi risiko sebagai informasi dan rujukan yang dapat digunakan dalam pekerjaan selanjutnya.

Beberapa estimasi kontingensi dan metode alokasi kontingensi dapat ditemukan dalam literatur. Pada umumnya metode untuk perhitungan biaya kontingensi adalah sebagai berikut (Baccarini, 2012) yaitu berdasarkan pengalaman (persentase dari total biaya proyek), PERT, simulasi Monte Carlo, dan metode lainnya.

Biaya kontingensi telah menjadi salah satu bagian penting dari manajemen proyek dalam membuat estimasi anggaran biaya proyek. Biaya kontingensi didefinisikan sebagai cadangan biaya atau perkiraan biaya untuk mengantisipasi kondisi uncertainty yang dialokasikan pada item pekerjaan berdasarkan pengalaman dan pelaksanaan proyek-proyek sebelumnya dan merupakan biaya yang terintegral dari estimasi biaya proyek. Menurut Mak dan David (2000), biaya kontingensi adalah sejumlah dana yang disediakan sebagai cadangan untuk menghadapi ketidakpastian dan risiko yang berkaitan dengan proyek konstruksi. Tujuan pengalokasian biaya kontingensi adalah untuk memastikan anggaran biaya proyek yang diperkirakan proporsional dan realistis serta cukup untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh risiko-risiko akibat ketidakpastian yang disebabkan oleh kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan informasi/data proyek yang diperoleh. (PMBOK, 2017).

Beberapa penelitian memberikan hasil bahwa kisaran biaya kontingensi adalah sebesar 5%-25% (Salah dan Moselhi, 2015). Tetapi pada praktiknya penggunaan biaya kontingensi di lapangan hanya berkisar antara 3-10% yang ditetapkan berdasarkan metode tradisional yang sangat subjektif. Sehingga sering kali terjadi kesalahan pada saat penetapan biaya kontingensi pada proyek. Kesalahan penetapan biaya kontingensi tersebut dapat memberikan efek terhadap kontraktor dalam mempersiapkan ataupun merespon risiko yang timbul pada saat pelaksanaan proyek. Penetapan biaya kontingensi yang terlampau besar juga dapat memberikan dampak membesarnya harga penawaran yang tidak kompetitif sehingga memberikan peluang kontraktor untuk tidak terpilih saat pelaksanaan tender proyek. Begitupun sebaliknya ketika menetapkan biaya kontingensi yang terlalu kecil juga dapat meminimaisir profit yang di dapat oleh kontraktor. Oleh karena hal tersebut maka biaya kontingensi merupakan suatu hal yang penting yang harus di tetapkan secara objektif. Sehingga di anggap perlu adanya estimasi yang tepat mengenai biaya kontingensi.

Menurut Al-bahar dan Crandall (1990), metode yang sering digunakan untuk menghitung biaya kontingensi adalah berdasarkan *subjective judgment* dan *predetermined percentage*. Namun, metode-metode tersebut tidak dapat mengukur atau mempresentasikan kondisi ketidakpastian yang dihadapi secara sistematis selama proyek berlangsung. Serta metode - metode yang ada bermasalah dalam kesulitan karena kompleksitas dalam penggunaannya (Sonmez dkk, 2007).

Baru – baru ini beberapa metode pendekatan biaya kontingensi banyak dilakukan. Lhee dkk (2014) menggunakan metode *Artificial neural Network* untuk menentukan biaya kontingensi. Gibrel dkk (2014) melakukan pendekatan dengan menggunakan *Theory of Constrain* dan *Multiobjective Optimization*. Aigbino dkk (2002) melakukan estimasi dengan metode *regretion Analisis*. Yunwanti dan Adi (2014) melakukan riset mengenai pemodelan estimasi biaya kontingensi berbasis risiko pada proyek EPC hasil studi ini telah melakukan estimasi yang cukup baik ketika dibandingkan dengan biaya kontingensi real. Rohman (2011) juga telah melakukan pendekatan dengan menggunakan *fuzzy set logic*. Tetapi beberapa penelitian di atas berfokus pada pendekatan biaya kontingensi pada sebuah proyek, sedangkan pada tesis ini penulis ingin melakukan analisa pengelompokan biaya kontingensi berdasarkan risiko dan menggunakan metode *fuzzy* untuk meminimalisir penetapan biaya kontingensi secara subjektif. Penggunaan *fuzzy* ini akan dikombinasikan dengan metode *weighted risk analysis* yang dapat menghasilkan besaran risiko secara persentase dari tiap-tiap proyek konstruksi yang ditinjau. Penggunaan metode *fuzzy* ini akan dilakukan dengan cara memuat *Triangular Fuzzy Number* yang akan digunakan untuk penilaian probabilitas dan dampak risiko.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, dapat dirumuskan menjadi beberapa detail permasalahan:

1. Bagaimana analisa evaluasi risiko pelaksanaan proyek konstruksi pada setiap proyek?
2. Bagaimana model pengelompokan biaya kontingensi berdasarkan hasil evaluasi risiko?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Menganalisis evaluasi risiko proyek dengan menggunakan metode *fuzzy* dan hubungannya dengan biaya kontingensi.

### **1.3 Manfaat**

Manfaat pada penelitian ini adalah dapat mengetahui analisa evaluasi risiko pelaksanaan proyek konstruksi serta hubungannya dengan biaya kontingensi. Selain itu juga dapat mengetahui risiko yang memiliki pengaruh yang besar terhadap biaya kontingensi sehingga dapat menentukan langkah mitigasi dan respon risiko dengan tepat.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar penulisan tugas akhir ini tidak keluar dari pembahasan yang dimaksudkan, maka penulis dibatasi untuk:

1. *Clustering* menggunakan data historikal dari proyek konstruksi.
2. Risiko yang dipertimbangkan dalam analisa hanya berupa risiko pelaksanaan. Tidak termasuk risiko pada fase lainnya.
3. Proyek yang ditinjau pada penelitian ini adalah proyek bangunan gedung.
4. Metode yang digunakan adalah dengan analisa *fuzzy* dan *weighting*, didukung dengan analisa regresi linier sederhana untuk melihat hubungan keduanya.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan tesis ini disusun dengan ketentuan sistematika penulisan sebagai berikut :

#### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang dilakukan, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan di akhiri dengan sistematika penulisan

#### **2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian ini menjelaskan mengenai dasar teori yang digunakan dalam penelitian, terkait pengertian manajemen risiko, identifikasi risiko, analisa risiko, jenis-jenis dan tahapan analisa risiko, alokasi pemilikan risiko, mitigasi risiko, konsep biaya kontingensi, kelemahan *traditional percentace* , metode estimasi biaya kontingensi, teori *fuzzy* dan logika *fuzzy* serta diakhiri dengan posisi penelitian dengan penelitian terdahulu.

### 3. BAB III METODOLOGI

Bagian ini mengenai metode yang digunakan dalam penelitian, termasuk teknik pengumpulan data, sumber data dan rincian terhadap proses analisa yang dilakukan, beserta alur proses penelitian.

### 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan gambaran hasil penelitian dan analisa, dimulai dari survei pendahuluan hingga pembahasan hasil akhir penelitian.

### 5. KESIMPULAN

Bagian ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan yang dituliskan berupa jawaban dari masalah yang telah ditetapkan dan saran adalah upaya pengembangan penelitian di masa mendatang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa teori, diantaranya mengenai pemahaman risiko, biaya kontingensi, bangunan gedung, serta tinjauan dari penelitian terdahulu. Hal-hal tersebut menjadi rujukan dan bahan dalam penelitian ini.

#### **2.1 Manajemen Risiko**

Terdapat beberapa pengertian mengenai manajemen risiko diantaranya adalah manajemen risiko proyek merupakan proses mengevaluasi risiko yang teridentifikasi atau peluang terjadinya untuk menemukan besarnya risiko, apakah layak mendapat tanggapan, dan bagaimana respons yang harus menjadi prioritas mengingat sumber daya yang terbatas (Loosemore dkk,2006). Selain itu Al Bahar (1988) mendefinisikan risiko sebagai proses yang menggabungkan ketidak pastian secara kuantitatif, menggunakan teori probabilitas, untuk mengevaluasi potensi dampak risiko.

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Labombang (2011) menyatakan bahwa Manajemen risiko adalah suatu pendekatan yang dilakukan terhadap risiko dengan tahapan dimulai dari memahami, mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko suatu proyek. Lebih terperinci dijelaskan bahwa manajemen risiko proyek mencakup proses perencanaan manajemen risiko, identifikasi, analisis, perencanaan respon, dan pemantauan serta pengendalian proyek. Manajemen risiko juga memiliki tujuan untuk meningkatkan kemungkinan dan dampak atas peristiwa positif dan mengurangi probabilitas dan dampak dari kejadian negatif dalam proyek . (PMI,2008)

Sehingga langkah langkah manajemen risiko adalah :

1. Identifikasi risiko
2. Analisa Risiko Kualitatif
3. Analisa Risiko Kuantitatif

### **2.1.1 Identifikasi Risiko**

Identifikasi risiko merupakan suatu langkah pertama dari manajemen risiko yang di dalam dunia konstruksi digunakan untuk mengidentifikasi risiko – risiko yang paling mungkin terjadi dan mendokumentasikan karakteristiknya (Al-Bahar dan Crandall, 1990). Dalam melakukan identifikasi risiko dapat menggunakan teknik *Documentation review*, teknik pengumpulan informasi, *Checlist Analysis*, teknik asumsi, teknik diagram, analisis SWOT, dan expert judgement (PMI,2008)

Dalam penelitian ini akan digunakan salah satu teknik pengumpulan informasi yaitu dengan studi literatur dan melakukan screening terhadap variabel hasil studi literatur kepada expert. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tanggapan mengenai variabel yang relevan dan tidak relevan dengan kondisi lapangan.

### **2.1.2. Analisa Risiko Kualitatif**

Analisa risiko merupakan proses evaluasi dari ketidakpastian yang berhubungan dengan risiko secara internal dan eksternal (Al Bahar dan Crandal ,1990). Analisa risiko kualitatif dilakukan untuk menentukan kemungkinan dan dampak potensi dari risiko-risiko yang teridentifikasi sebelumnya (Walke,2011). Definisi lainnya menyatakan analisa Risiko Kuantitatif adalah proses memprioritaskan risiko untuk analisa lebih lanjut atau dengan menilai dan mengkolaborasikan probabilitas terjadinya dan dampak dari risiko (PMI,2008). Teknik yang dapat digunakan diantaranya *Risk probability and impact assesment*, *Probability and impact matrix*, *Risk data quality assesment*, *Risk categorizatin*, *risk urgency assesment*, *expert judgment* (PMI,2008).

Dalam penelitian ini data analisa risiko didapat dari Risk probability and impact assesment dengan menggunakan *QRA (Qualitative Risk Analysis) sheet* dengan menggunakan skala pembobotan dari *Probability Consequence Matrix* untuk menentukan risiko – risiko yang berdampak signifikan.

### **2.1.3 Analisa Risiko Kuantitatif**

Analisa Risiko Kuantitatif adalah proses numerik menganalisis pengaruh risiko yang teridentifikasi pada tujuan proyek secara keseluruhan (PMI, 2008). Manfaat utama dari proses ini adalah bahwa ia menghasilkan informasi risik

kuantitatif untuk mendukung pengambilan keputusan dalam rangka mengurangi ketidakpastiaan yang berdampak negatif pada proyek.

Dalam langkah ini, risiko yang relevan dapat menyebabkan peningkatan biaya besar harus dihitung untuk mendapatkan total biaya yang dikeluarkan karena risiko (Walke,2011). Teknik yang dapat digunakan antara lain adalah *statistical sums*, *expected monetary value*. *Expected monetary value* adalah suatu kriteria yang memanfaatkan probabilitas terjadinya situasi dimasa yang akan datang dalam pemilihan alternatif – alternatif keputusan yang didasarkan pada perkiraan nilai moneter yang paling tinggi (Asih dan Kiswanto,2008)

Dalam penggunaannya, EMV tidak terbatas pada biaya hanya moneter, dapat digunakan dengan satuan ukuran lainnya, seperti waktu dihari kerja atau kurang umum, unit sumber daya atau bahan tertentu. Menghitung EMV cukup sederhana, apabila telah memperoleh probabilitas dalam persentase dari suatu peristiwa yang terjadi dan dampak kemungkinan untuk memiliki. EMV adalah produk dari probabilitas dan dampak, dengan mengalikan dampak dengan persentase dari probabilitas (Shrivastava dan George, 2013)

Penjelasan lebih detail dalam kaitannya dengan analisa risiko, Walke(2011) dalam penelitiannya menggunakan kemungkinan terjadinya risiko dikalikan dengan dampak / konsekuensi biaya terjadinya risiko tersebut. Proses EMV pertama dilakukan untuk menentukan besaran biaya berdasarkan kemungkinan konsekuensi biaya dari setiap risiko, kemudian dianalisa kembali menggunakan EMV berdasarkan probabilitas kejadian dasar risiko.

Dalam kaitannya untuk menentukan biaya kontingensi, output dari analisa kuantifikasi risiko dapat digunakan untuk dimungkinkan sebagai kuantifikasi biaya kontingensi (PMI, 2008). Menurut Shrivastava dan George (2013) langkah akhir dari kegiatan menentukan total biaya kontingensi adalah dengan jumlah EMV dari tiap individu risiko.

## **2.2 Definisi Risiko**

Penelitian ini akan menganalisis risiko-risiko pelaksanaan konstruksi. Untuk itu sebelumnya diperlukan untuk memahami bagaimana risiko itu. Terdapat

beberapa definisi mengenai risiko, diantaranya menyatakan bahwa terdapat berbagai persepsi risiko, diantaranya dari sudut pandang kontraktor yaitu kemungkinan dari faktor-faktor yang tidak terduga terjadi, dimana dapat memberikan dampak buruk atas keberhasilan proyek dalam kaitannya dengan waktu, biaya dan kualitas (Akintoye dan MacLeod, 1997).

Pengertian lainnya menyatakan bahwa risiko adalah suatu kejadian atau kondisi yang tidak pasti, di mana apabila terjadi akan memberikan efek setidaknya pada satu tujuan proyek (PMI,2008). Risiko dapat terdiri dari lebih dari satu penyebab, dimana jika terjadi akan menimbulkan berbagai dampak, termasuk memberikan pengaruh terhadap risiko lainnya.

Definisi yang lebih sederhana disampaikan Al-Bahar dkk (1990), bahwa risiko merupakan peristiwa yang tidak pasti yang berorientasi menimbulkan kerugian atau keuntungan. Sementara penjelasan lebih terperinci mengenai risiko pelaksanaan konstruksi dituliskan pada penelitian Ernestine (2017), bahwa risiko pelaksanaan proyek konstruksi dapat didefinisikan sebagai kombinasi-kombinasi dari peristiwa yang mengandung ketidak pastian (*uncertain events*) yang memiliki dampak buruk dan dapat mempengaruhi pelaksanaan proyek sehingga mendatangkan kerugian pada aspek finansial yang ditandai dengan meningkatnya biaya pelaksanaan.

### **2.2.1 Jenis- Jenis Risiko Tahap Pelaksanaan konstruksi**

Terdapat banyak jenis-jenis risiko dalam suatu proyek konstruksi, namun pembengkakan biaya proyek biasanya berlangsung dalam tahapan konstruksi, hal tersebut terjadi karena banyak sekali faktor tak terduga yang akan terlibat (Ramanathan dkk, 2012). Oleh karena itu diperlukan kajian pustaka mengenai risiko-risiko dalam pelaksanaan konstruksi.

Ada beberapa macam kategori jenis risiko pekerjaan konstruksi, diantaranya menurut Zhi (1995) yang melakukan pengkategorian menjadi *region / nation, industry* konstruksi, perusahaan, dan *level* proyek. (Edwards dan Bowen, 1998) mengkategorikan risiko menjadi dua, Natural and Human. Natural kemudian diperinci menjadi risiko geologi dan risiko cuaca. Sementara Human diperinci menjadi risiko sosial, politik, ekonomi, hukum dan budaya.

Terdapat kajian yang disusun oleh Fu li dkk (2013) yang menjelaskan tentang pengklasifikasian risiko pekerjaan konstruksi melalui *Risk Breakdown Structure* dengan menjadi dua faktor risiko yaitu risiko eksternal dan internal.

a. Risiko eksternal terdiri dari risiko – risiko yang berasal dari faktor- faktor di luar proyek. Diantaranya adalah risiko alami, risiko hukum, risiko politik, risiko ekonomi dan risiko sosial. Dalam penelitiannya, beberapa risiko yang disebabkan faktor eksternal proyek adalah sebagai berikut :

1. Risiko alam, yang terdiri dari kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk (seperti gempa, badai, dll), kondisi lapangan yang tidak diinginkan (misalnya ketidakstabilan pasokan air, listrik, dll), lokasi geografis yang merugikan.
2. Risiko yang berkaitan dengan hukum dan politik, merupakan faktor – faktor risiko yang berhubungan dengan hukum dan politik seperti adanya variasi kebijakan mikro, diskontinuitas dari hukum dan regulasi, permasalahan pada pemeriksaan dan prosedur konstruksi, kebijakan perlindungan regional, dampak peraturan lokal dan spesifikasi yang terkait tentang konstruksi. Terlalu banyak intervensi dari pemerintah atau departement terkait, perubahan pemerintahan dan kebijakan pemerintah serta konflik dengan berbagai instansi.
3. Risiko yang disebabkan faktor ekonomi, seperti situasi yang merugikan ekonomi makro, inflasi mata uang yang parah, kesulitan dalam finansial.
4. Risiko sosial, merupakan risiko yang berkaitan dengan masyarakat sekitar, seperti terjadinya perang, kerusuhan serta masalah yang dibuat oleh warga sekitar.

b. Faktor internal yang berasal dari proyek antara lain :

1. Risiko personil para pekerja di lingkungan proyek, seperti pekerja umum, tenaga teknis, personil manajemen, supervisi.
2. Risiko pada teknologi konstruksi yang digunakan, seperti skema teknologi konstruksi yang tidak masuk akal, tindakan perlindungan keselamatan konstruksi yang tidak sesuai, pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan, konstruksi yang tidak sesuai dengan gambar, melanggar standart konstruksi, penyusunan organisasi personil yang tidak baik, kegagalan sistem teknologi yang digunakan, serta infrastruktur teknologi yang belum mendukung.

3. Risiko yang disebabkan oleh teknologi desai seperti dampak buruk dari kualitas bagian perencanaan, ketidakpuasan dari materi perencanaan, penyimpangan konstruksi dari desain, kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain, serta terdapat variasi desain
4. Risiko yang disebabkan oleh peralatan dan material. Adapun jenis risiko ini seperti kesalahan jenis dan kualitas dari bahan baku material yang digunakan, produk jadi, sni manufaktur, diskualifikasi dari kualitas bahan baku, pembatasan transportasi lokal, keterlambatan penyediaan dan pemasukan alat dan material. Kerusakan mesin konstruksi, kerusakan atau konslet aliran listrik, kekurangan pemeliharaan peralatan atau kelebihan muatan, serta tantangan tidak tersedianya material.
5. Risiko akibat kontrak konstruksi misalnya kesalahan dalam pengabaian bq, kesalahan dalam harga satuan dan harga total proyek, ketentuan dalam kontrak yang tak tentu atau cacat, salah tafsir dalam ketentuan proyek, serta pelanggaran dari kewajiban kontrak.
6. Risiko keselamatan seperti cedera di site, kecelakaan di site, tidak berfungsinya peralatan *safety*, keamirian karena kecelakaan.

### **2.2.2 Alokasi Pemilikan Risiko**

Alokasi risiko adalah proses menentukan stakeholder pemegang tanggung jawab dari suatu risiko. Alokasi risiko adalah proses yang dilakukan setelah mengetahui identifikasi dan klasifikasi dari risiko – risiko yang akan terjadi. Alokasi risiko dilakukan berdasarkan penilaian terhadap hubungan antara pihak-pihak yang terlibat dengan risiko tersebut. Norken, dkk (2015) mengemukakan beberapa prinsip dalam pengalokasian risiko, yaitu: 1. Pihak mana yang mempunyai kontrol terhadap kejadian yang menimbulkan risiko 2. Pihak mana yang dapat menangani risiko apabila itu muncul. 3. Pihak mana yang mengambil tanggung jawab jika risiko tidak terkontrol. 4. Jika risiko diluar kontrol semua pihak, maka diasumsikan sebagai risiko bersama.

## 2.3 Mitigasi Risiko

Mitigasi risiko atau yang sering disebut dengan *risk mitigation* dapat didefinisikan juga sebagai penanganan risiko. Pada tahapan ini risiko ditangani sampai batas yang dapat diterima. Tujuan utama dari proses mitigasi risiko adalah untuk dapat mengurangi akibat negatif dari risiko yang telah teridentifikasi sebelumnya. Hal ini biasanya dilakukan dengan tahapan wawancara terhadap para ahli dibidang tersebut, diskusi pertukaran pendapat dan dapat juga berupa penyebaran kuisionier. Sehingga nantinya dapat menghasilkan masukan berupa langkah penanganan terhadap risiko dominan yang memiliki kategori *unacceptable* atau tidak dapat diterima dan *undesirable* atau tidak diharapkan (Norken dkk, 2015). Dalam *risk mitigation* atau penanganan risiko hal yang dapat dilakukan manajemen risiko seperti beberapa hal dibawah ini (Flanagan dkk, 1993)

1. *Risk retention* (menahan risiko)

Tindakan untuk menahan risiko ini dilakukan karena dampak dari risiko tersebut masih dalam batas yang dapat diterima. Sehingga masih dapat dikendalikan tanpa harus berpengaruh signifikan terhadap hal lainnya.

2. *Risk reduction* (mengurangi risiko)

Tindakan ini dilakukan untuk memahami risiko itu sendiri, dan melakukan usaha pencegahan pada sumber risiko serta mengkombinasikan tindakan sehingga konsekuensi risiko yang diperkirakan terjadi dapat berkurang dan tidak terjadi *Risk Mitigation, Risk Retention, Risk Reduction, Risk Transfer, Risk Avoidance* secara simultan. Pengurangan risiko ini biasanya masih menyisakan risiko (risiko sisa) tetapi masih pada tingkat konsekuensi yang dapat diterima.

3. *Risk transfer* (memindahkan risiko).

Tindakan ini dilakukan dengan memindahkan sebagian atau seluruh risiko yang mungkin terjadi kepada pihak lain yang memiliki kemampuan untuk memikul atau mengendalikannya.

4. *Risk avoidance* (menghindari risiko)

Menghindari risiko dilakukan dengan menghindari aktivitas yang tingkat kerugiannya tinggi atau dengan melakukan penolakan.

## 2.4 Konsep Biaya Kontingensi

Pada umumnya biaya kontingensi pada estimasi biaya proyek ditentukan berdasarkan intuisi dan pengalaman proyek sebelumnya mengingat waktu penyiapan dokumen tender yang cukup singkat sehingga tidak dapat menganalisis risiko yang ada pada suatu proyek secara sistematis dan mengevaluasi dampak potensial yang berhubungan dengan risiko dan ketidakpastian. Biaya kontingensi telah menjadi salah satu bagian penting dari manajemen proyek dalam membuat estimasi anggaran biaya proyek.

Biaya kontingensi didefinisikan sebagai cadangan biaya atau perkiraan biaya untuk mengantisipasi kondisi *uncertainty* yang dialokasikan pada item pekerjaan berdasarkan pengalaman dan pelaksanaan proyek-proyek sebelumnya dan merupakan biaya yang terintegral dari estimasi biaya proyek. Mak dan David (2000) biaya kontingensi adalah sejumlah dana yang disediakan sebagai cadangan untuk menghadapi ketidakpastian dan risiko yang berkaitan dengan proyek konstruksi. Tujuan pengalokasian biaya kontingensi adalah untuk memastikan anggaran biaya proyek yang diperkirakan proporsional dan realistis serta cukup untuk menutup biaya yang ditimbulkan oleh risiko - risiko akibat ketidakpastian yang disebabkan oleh kekurangan informasi dan kesalahan dalam menginterpretasikan informasi/data proyek (PMBOK,2012).

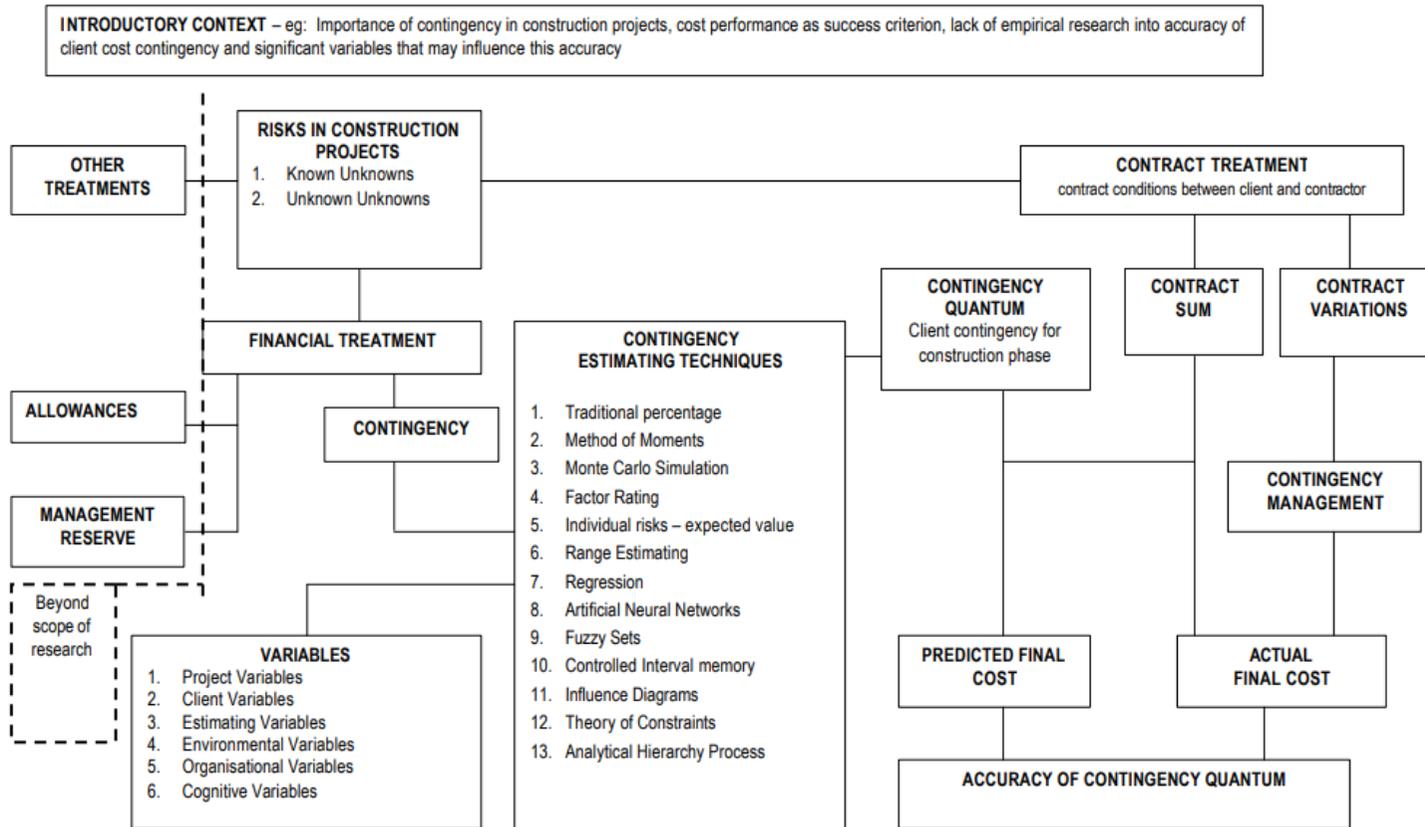
Pada umumnya metode untuk perhitungan biaya kontingensi adalah sebagai berikut (Hollman,2007) :

- *Expert judgement* (bersifat subyektif)
- *Predetermined percentage* (data historis proyek)
- *Risk analysis* dengan metode simulasi (misal :*Montecarlo Simulation*)
- *Parametric Modeling (based algorithm, regression analysis)*

Metode yang sering digunakan untuk menghitung biaya kontingensi adalah berdasarkan *subjective judgment* dan *predertemined percentage* (Al-bahar dan Crandall,1990). Namun, metode-metode tersebut tidak dapat mengukur / mempresentasikan kondisi ketidakpastian yang dihadapi secara sistematis selama proyek berlangsung. Selain itu, besarnya biaya kontingensi cost biasanya dinyatakan sebagai suatu persentasi *markup* atas estimasi dasar yaitu sekitar 10%

dari nilai kontrak oleh sebagian besar perusahaan kontraktor. Penentuan besarnya prosentase biaya kontingensi didasarkan pada intuisi dengan melihat pengalaman - pengalaman masa lalu serta catatan historis kontraktor (Baccarini, 2006).

Besarnya biaya kontingensi tergantung pada perilaku terhadap risiko, pemahaman dan pengalaman estimator. Melalui pendekatan statistik dapat diperoleh nilai suatu variabilitas yang lebih realistis sehingga dapat ditetapkan biaya kontingensi secara lebih proporsional dibandingkan dengan metode konvensional yang berdasarkan intuisi atau pengalaman yang lalu (Partawijaya, 2001). Salah satu cara mengantisipasi risiko adalah dengan merepresentasikan tingkat risiko dalam satuan biaya dan memasukkannya dalam biaya penawaran proyek pada proses tender atau sering diistilahkan sebagai biaya kontingensi. Biaya kontingensi (*contingency cost*) didefinisikan sebagai biaya yang ditambahkan pada biaya dasar proyek (*base cost estimate*) yang dipakai untuk mengatasi apabila beberapa faktor risiko terjadi dalam pelaksanaan proyek menurut tingkat yang dapat diterima oleh standar perusahaan (Rohman, 2011a).



Gambar 2.1 Peta Konsep Biaya Kontingensi

Sumber : David Baccarini,2012 (halaman 113)

## **2.4 Pengaruh Biaya Kontingensi Terhadap Harga Penawaran Proyek**

Strategi penetapan harga di dalam konstruksi lebih banyak menggunakan pendekatan berdasarkan biaya (Mochtar dan Arditi,2000) . Pada dasarnya, model strategi penetapan harga ini untuk mengoptimalkan *markup* berdasar pendekatan biaya dengan mengharapkan nilai keuangan atau nilai kegunaan untuk penawar. Kebanyakan model strategi penetapan harga mengasumsikan bahwa klien memilih penawar dengan tawaran yang paling rendah. Kebanyakan strategi penetapan harga juga menggunakan sejarah data dan data yang ada sekarang tentang penawar-penawar dan pesaing-pesaing secara keseluruhan dalam industri konstruksi. Akhir - akhir ini model strategi penetapan harga yang digunakan mencoba mendekatkan jarak antara model strategi dengan kondisi nyata yang ada di dalam proses pengambilan keputusan penawaran. Dalam merencanakan harga suatu proyek, perusahaan konstruksi / kontraktor harus dapat memenuhi dua syarat agar dapat sukses (Mochtar dan Arditi,2000). Pertama, harga harus mencerminkan keuntungan yang akan didapatkan agar perusahaan konstruksi dapat melakukan bisnis konstruksi. Kedua, yaitu harga harus mencerminkan nilai yang cukup bagi kedua belah pihak yang akan melakukan transaksi dalam hal ini adalah antara owner dan kontraktor. Kedua hal ini harus dipenuhi agar kedua belah pihak mendapatkan keuntungan dari transaksi yang akan dilakukan. Apabila salah satu syarat ini tidak dipenuhi maka transaksi tidak akan berhasil. Harga adalah satu elemen atau bagian dari bauran pemasaran yang dapat menghasilkan keuntungan elemen atau bagian yang lain (produk, distribusi, promosi) menghasilkan biaya-biaya. Harga juga merupakan salah satu elemen atau bagian yang sangat fleksibel di dalam bauran pemasaran, yang dapat berubah-ubah secara cepat, tidak seperti produk pada khususnya dan komitmen dari subkontraktor / penyedia produk. Salah satu masalah yang dihadapi dari kebanyakan eksekutif pemasaran adalah kompetisi harga. Sekalipun begitu banyak perusahaan konstruksi tidak dapat mengelola penetapan harga dengan baik.

Ada sedikitnya empat kesalahan yang dilakukan eksekutif pemasaran di dalam menerapkannya pada industri konstruksi. Pertama, Penetapan harga yang terlalu diorientasikan pada pendekatan biaya. Kedua, Setelah dilakukan penawaran, harga tidak ditinjau kembali terhadap kondisi pasar atau pendekatan akan tekanan kompetisi. Ketiga, Harga tidak dibuat atas dasar bagian yang sangat penting dari strategi kedudukan harga di dalam pasar. Dan keempat, Harga tidak disesuaikan terhadap klien yang berbeda, tipe proyek, banyaknya proyek yang ada, kepemilikan peralatan, dll. Ada dua strategi penetapan harga yang sangat berbeda sekali; strategi penetapan harga berdasarkan biaya dan strategi penetapan harga berdasar kondisi pasar, sebagai konsekuensi strategi lain hanya diantara dua strategi yang sangat berbeda ini. Strategi berdasarkan biaya dimulai dengan menetapkan total biaya yang dikeluarkan untuk membuat suatu produk. Dan kemudian produk itu dijual dengan menambahkan markup, untuk mendapatkan keuntungan. Ada dua masalah yang dihadapi dengan pemikiran pendekatan strategi ini. Pertama, Memungkinkan untuk menetapkan harga suatu produk semurah mungkin meskipun dengan keuntungan yang minim. Kedua, Kemungkinan terjadinya penetapan harga yang sangat berlebihan. Sejak harga dibuat berdasar biaya internal dan kebutuhan yang ada maka harga dapat terlalu tinggi atau terlalu rendah tergantung nilai suatu produk yang dapat dibandingkan secara kualitas maupun reputasinya. Penetapan harga dimulai dari kondisi pasar (pelanggan, pesaing, posisi produk), pelaku bisnis dapat mengetahui pengurangan biaya diperlukan untuk mencapai keinginan mendapatkan keuntungan. Tidak ada rumusan yang baku untuk menentukan besarnya biaya kontingensi suatu proyek karena setiap proyek memiliki karakteristik dan keunikannya masing-masing.

## **2.5 Atribut Kontingensi**

Dari analisa studi literatur di dapatkan atribut yang dapat mempengaruhi biaya kontingensi adalah :

1. Risiko dan Ketidakpastian : Kebutuhan dan jumlah untuk kontingensi mencerminkan adanya risiko dan ketidakpastian dalam proyek (Thompson dan Perry,1992). Kontingensi mencakup peristiwa dalam ruang lingkup proyek yang

- ditentukan yang tidak terduga (Moselhi 1997, Yeo 1990), (PMI 2000), (Mak dkk. 1998), (Levine 1995), (Clark dan Lorenzoni 1985, Thompson dan Perry 1992).
2. Manajemen Risiko : Kontingensi adalah penangkal risiko. Ada sejumlah strategi perawatan risiko untuk mengelola risiko dalam proyek-proyek seperti transfer risiko, pengurangan risiko, dan perawatan keuangan untuk risiko yang dipertahankan, misalnya kemungkinan. Begitu kontingensi digunakan bersama dengan strategi perawatan risiko lainnya.
  3. Total Komitmen : Perkiraan biaya disiapkan dan kontingensi ditambahkan untuk menunjukkan kemungkinan total biaya proyek. Dimasukkannya kontingensi dalam estimasi anggaran berarti bahwa estimasi tersebut mewakili total komitmen keuangan untuk suatu proyek. Kontingensi harus menghindari kebutuhan untuk mendapatkan dana tambahan yang sesuai dan mengurangi dampak terhadap biaya.
  4. Cadangan : Kontingensi biaya adalah cadangan uang. Cadangan adalah ketentuan dalam rencana proyek untuk mengurangi risiko biaya (PMI 2000).
  5. Hasil Proyek - Kontingensi dapat memiliki dampak besar pada hasil proyek untuk sponsor proyek. Jika kemungkinan terlalu tinggi itu dapat mendorong manajemen biaya yang ceroboh, menyebabkan proyek menjadi tidak ekonomis dan dibatalkan, dan mengunci dana tidak tersedia untuk kegiatan organisasi lainnya; jika terlalu rendah mungkin terlalu kaku dan menetapkan lingkungan keuangan yang tidak realistis, dan menghasilkan hasil kinerja yang tidak memuaskan (Dey dkk, 1994).

## **2.6 Kelemahan Traditional Percentage Estimation**

Thompson dan Perry (1992) mengamati risiko yang terlalu sering diabaikan atau ditangani dengan cara sewenang-wenang: hanya menambahkan 10% kontingensi ke dalam perkiraan biaya proyek adalah tipikal. Persentase bawah sewenang-wenang ini mungkin tidak sesuai untuk proyek yang diusulkan (Heinze, 1996). Dan sulit bagi estimator untuk membenarkan atau membela (Newton 1992) dan (Yeo, 1990). Ini adalah pendekatan yang tidak ilmiah dan alasan mengapa begitu banyak proyek melebihi anggaran (Hartman, 2000). Selain itu,

mengalokasikan persentase kontingensi tidak mencukupi kecuali jika dikaitkan dengan tingkat kepercayaan. misalnya tingkat probabilitas bahwa biaya proyek akhir akan berada dalam perkiraan termasuk kontingensi (Moselhi ,1997).

Metode penambahan persentase didasarkan pada pendekatan subyektif dan dapat mempertimbangkan karakteristik proyek seperti jenis pekerjaan, fase proyek, dan tingkat definisi ruang lingkup (Lorance dan Robert,2001). Metode perhitungan ini memuaskan untuk proyek-proyek sederhana dalam kondisi stabil tetapi tidak cocok untuk proyek-proyek besar dan kompleks (Newton,1992).

Ada kecenderungan untuk menggabungkan kontingensi tersembunyi dalam elemen biaya individu (*'padding'*) serta persentase tambahan terhadap total biaya (Mak dkk, 1998). Manajer proyek mungkin tidak menyadari penambahan dan oleh karena itu tidak akan dapat mengendalikan kontingensi tersembunyi ini. Unsur biaya tambahan dapat menjadi ramalan *selffulfilling* karena seluruh jumlah dihabiskan tidak perlu untuk membenarkan estimasi (Hamburger, 1994).

Persentase tambahan menghasilkan prediksi angka tunggal perkiraan biaya yang menyiratkan tingkat kepastian yang tidak dibenarkan (Mak dkk,1998). Ini tidak mendorong kreativitas dalam memperkirakan praktik, mempromosikan pendekatan administrasi rutin dan duniawi yang membutuhkan sedikit investigasi dan pengambilan keputusan, yang dapat meningkatkan pengawasan (Yeo 1990, Mak dkk,1998). Juga, penambahan persentase menunjukkan potensi risiko penurunan. Ini tidak menunjukkan potensi penghematan biaya dan karena itu dapat menutupi manajemen proyek yang buruk (Mak dkk,1998).

Dikatakan bahwa kemungkinan sering ditetapkan terlalu tinggi untuk proyek berisiko rendah dan terlalu rendah untuk proyek berisiko tinggi (Mak dkk,1998). Ada kecenderungan untuk melebih-lebihkan kemungkinan karena kontingensi yang diremehkan dapat menarik komentar negatif sementara tidak ada hukuman untuk perkiraan terlalu tinggi dan untuk menghindari perlunya mencari dana tambahan jika anggaran menjadi terlalu tinggi (Mak dkk,1998).

## 2.7 Metode Estimasi Biaya Kontingensi

Pengklasifikasian metode biaya kontingensi secara umum dapat dibagi menjadi 4 jenis yaitu presentase, penilaian ahli, analisa risiko dan analisa regresi (Nang ,2006).

Menurut Hobbs (2010) dan Baccarini (2004) ada beberapa metode estimasi pendekatan biaya kontingensi yang pernah digunakan, yaitu :

1. Metode Bola Kristal atau metode traditional. Dalam metode ini cara menentukan besaran biaya kontingensi berdasarkan persentase dari estimasi biaya proyek. Metode ini terlalu sederhana karena mengandalkan kepercayaan diri pengalaman ( intuisi) estimator dan tidak dapat menyajikan secara eksplisit risiko konstruksi yang benar – benar sebagai poin penting dari diperlukannya biaya kontingensi.
2. *Expected value Method*, dalam penelitian Hobbs (2010) menjelaskan individu risiko untuk proyek diidentifikasi terlebih bersama dengan nilai dampaknya (dalam biaya) dan probabilitas terjadinya. Untuk setiap risiko, nilai maksimum dari rata - rata nilai risiko dihitung dengan kontingensi mewakili jumlah nilai rata - rata risiko individu.
3. *Monte Carlo Simulation ( MCS)*, dalam metode ini dijelaskan pendekatan probabilistik pertama untuk menggambarkan setiap elemen biaya sebagai distribusi probabilitas. Setelah struktur biaya diidentifikasi, distribusi probabilitas dan pendefinisian parameter (seperti mean, deviasi standar, atau batas atas dan bawah) harus didefinisikan untuk setiap elemen biaya. Selanjutnya, simulasi *monte carlo* diterapkan yang pada dasarnya mempresentasikan pengulangan konstruksi proyek melalui percobaan dengan jumlah yang sangat besar (antara 1000 hingga 10.000) di mana nilai dipilih untuk masing-masing komponen biaya berdasarkan bentuk dan parameter probabilitas distribusi. Output dari MCS adalah distribusi probabilitas untuk total biaya proyek. Metode ini membutuhkan data historis proyek - proyek terdahulu yang sangat besar .
4. *Estimate Quality* merupakan salah satu model kuantitatif untuk memprediksi besarnya biaya kontingensi berdasarkan kualitas estimasi biaya proyek dan biaya historis (Oberlender dkk, 2001). Model prediksi

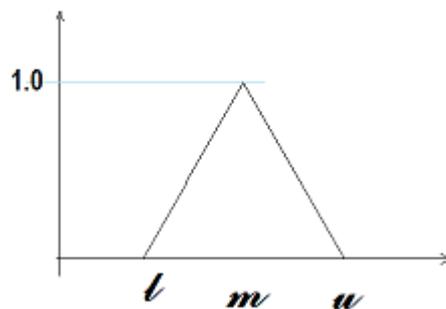
yang digunakan adalah  $y = mx + b$ , dimana  $y$  merupakan presentase kontingensi dan  $x$  merupakan nilai estimasi,  $m$  adalah kemiringan dan  $b$  adalah intersep. Skor kemudian memprediksi keakuratan estimasi. Dalam penilaian, semakin tinggi skor, semakin besar ketidak pastian yang dipilih.

5. Regresi, tujuan dari reggesi linier adalah dengan menggunakan hubungan regresi linier antara variabel dependen misalnya estimasi biaya akhir dan variabel independen misalnya lokasi dan ukuran proyek untuk memprediksi atau menjelaskan perilaku variabel dependen. Persamaan regresi dapat digunakan memprediksi nilai variabel dependen setelah nilai-nilai semua variabel dimasukkan.

## 2.8 Logika Fuzzy

### 2.8.1 Teori Fuzzy

Ketika berhadapan dengan hal-hal yang mempunyai nilai tidak pasti atau tidak tepat, biasanya penilaian dilakukan menggunakan nilai-nilai linguistic seperti "tinggi", "rendah", "baik", "menengah", dll, untuk menggambarkan hal tersebut (Gupta, 2005). Logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (fuzzyness) antara dua nilai (Anshori, 2012). Teori fuzzy pertama dikemukakan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 (Anshori, 2012). Sebuah bilangan fuzzy mempunyai fungsi keanggotaan yang didefenisikan oleh tiga bilangan real yang dinyatakan sebagai  $(l, m, u)$  yang disebut *Triangular Fuzzy Numbers* (TFN). Gambar 2.2. Menampilkan struktur *Triangular Fuzzy Number* (TFN).



Gambar 2. 2 Fungsi Keanggotaan Segitiga

(Sumber : Chaterjee dkk, 2010)

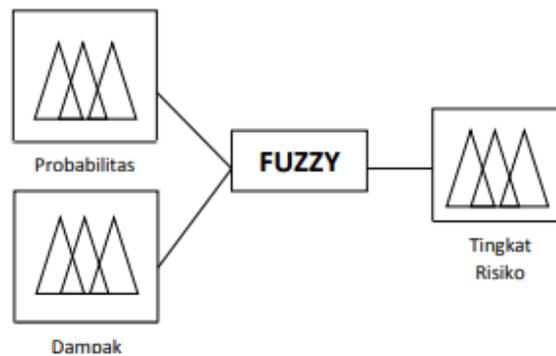
Dimana  $u_a = \frac{x-l}{m-l}, l \leq x \leq m$

$$= \frac{u-x}{u-m}, m \leq x \leq u$$

$$= 0, x < m \text{ dan } x > u \dots \dots \dots (2.1)$$

### 2.8.2 Logika Fuzzy untuk Risk Assesment

Logika *Fuzzy* (*Fuzzy Logic*) atau biasa juga disebut dengan Logika Samar merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang *output* didasari oleh konsep himpunan *fuzzy*. Dalam kondisi yang nyata, beberapa aspek dalam dunia nyata selalu atau biasanya berada diluar model matematis dan bersifat inexact. Konsep ketidakpastian inilah yang menjadi konsep dasar munculnya konsep logika *fuzzy*. Titik awal dari konsep modern mengenai ketidakpastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti A Zadeh (1965), dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki obyek-obyek dari himpunan fuzzy yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan fuzzy, dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) atau salah (*false*), tapi dinyatakan dalam derajat (*degree*). Seperti dijelaskan pada gambar 2.2 mengenai penggunaan logika *fuzzy* dalam *risk assesment*.



Gambar 2.3 Skema Metode Fuzzy untuk Risk Assessment.

(Sumber : Latief dkk, 2015)

### 2.5 Penelitian Terdahulu

Adapun Beberapa Penelitian Terdahulu yang membahas mengenai biaya kontingensi dapat dilihat pada tabel 2.1. tentang penelitian terdahulu.

Dari hasil penelitian terdahulu sudah banyak pendekatan yang dilakukan peneliti untuk menentukan biaya kontingensi. Metode *fuzzy clustering* yang akan digunakan untuk menghasilkan tabel pendekatan biaya kontingensi dirasa dapat memberikan kemudahan bagi praktisi untuk menerapkannya. Sehingga penelitian

ini sangat penting untuk dilakukan dan dapat memberikan pendekatan yang lebih objektif terhadap penetapan biaya kontingensi.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Ulasan	Keterangan
1	<i>Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system</i>	Penetapan biaya kontingensi dengan pendekatan rasional untuk menghilangkan penilaian subjektif menggunakan fuzzy expert system sehingga tidak membutuhkan data catatan kontingensi di masa lampau. Di kembangkan untuk proyek infrastruktur di malaysia.	(Rohman dkk,2011b)
2	<i>Understanding Project cost Kontingensi - A survey</i>	Pemahaman praktisi proyek tentang biaya kontingensi. 77% menggunakan pendekatan deterministik, 36 % tidak mengelola penggunaan kontigenci, 46 % tdk mempunyai kebijakan untuk biaya kontigensi.	(Baccarini, 2005)

3	<p>Pemodelan estimasi biaya kontingensi berbasis risiko pada proyek</p> <p><i>Engineering-procurement-construction</i></p>	<p>kelemahan dimana risiko hanya diasumsikan dengan memberikan nilai batas bawah dan atas dari biaya risiko yang mungkin terjadi pada aktivitas proyek. Pada kenyataannya setiap kegiatan memiliki risiko yang berbeda beda dengan bobot risiko yang berbeda pula . membuat model estimasi biaya kontingensi berbasis risiko dengan mempertimbangkan jenis risiko dan pengaruhnya terhadap aktivitas proyek. Model Relevan dan memiliki deviasi kecil dengan data di lapangan.</p>	(Yunwanti dan Adi, 2014)
4	<p><i>Quantitative Methodology for Determination of Cost Contingency in International Projects</i></p>	<p>Metodologi yang disajikan memberikan pendekatan statistik yang kuat dan praktis untuk penentuan kontingensi dengan berfokus pada faktor risiko penting.</p>	(Birgonul dkk, 2007)
5	<p><i>Fuzzy set-based contingency Estimating and management</i></p>	<p>Thesis ini membuat pendekatan perkiraan biaya kontingensi dengan berdasarkan <i>fuzzy set</i> teori</p>	(Salah,dkk 2012)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

Penjelasan mengenai tahapan pengerjaan penelitian dan metodologi yang akan digunakan oleh peneliti akan di jelaskan pada bab ini. Penelitian dilakukan dengan empat tahapan yaitu tahap pengidentifikasian, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi, dan yang terakhir tahap kesimpulan dan saran. Dalam metodologi ini juga ditampilkan dalam gambar 1

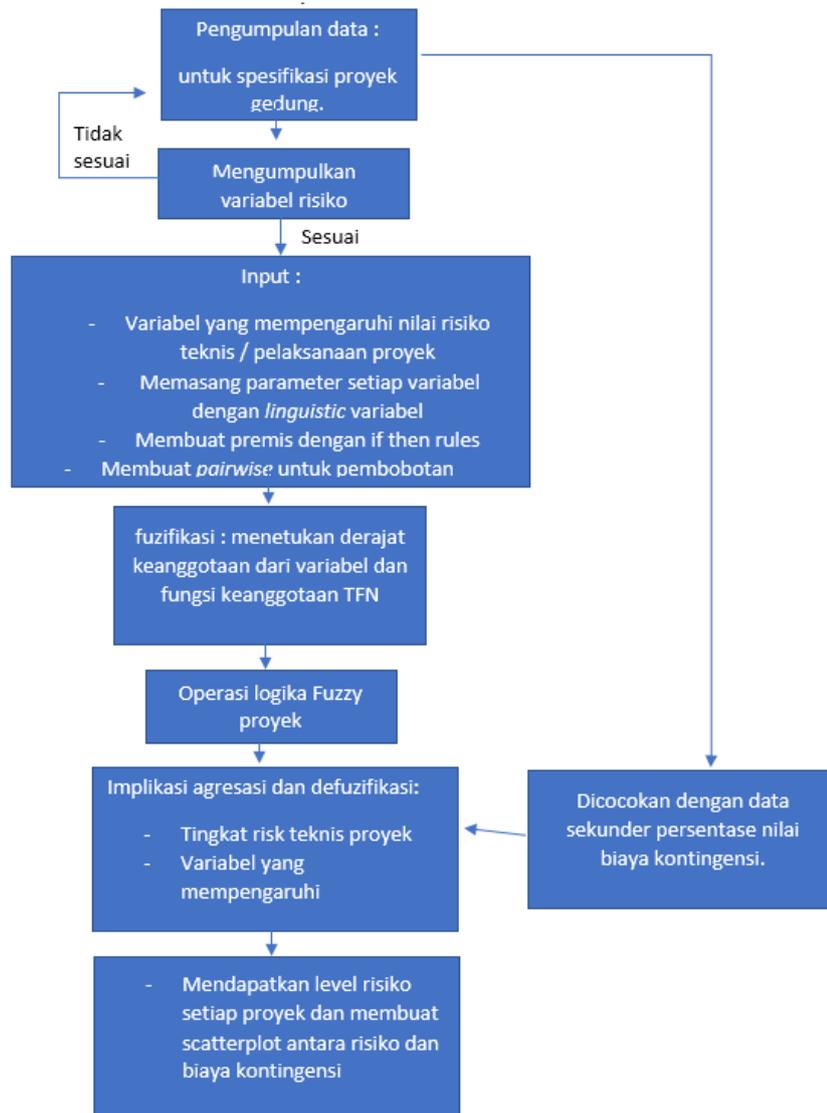
#### **3.1 Konsep Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah studi dalam hal mengelompokan biaya kontingensi yang diperlukan untuk mengolah risiko – risiko yang dapat mempengaruhi biaya proyek, dengan studi kasus masa lampau yaitu 6 proyek bangunan gedung yang di bangun dari tahun 2014-2019 pada sebuah perusahaan konstruksi.

Data sekunder berupa RAB dan RAP proyek didapatkan dari kontraktor. Dari data tersebut disusun survei pendahuluan yang dikelola dengan teknik delphi. Pertanyaan – pertanyaan yang diajukan mengenai risiko- risiko pelaksanaan yang relevan dengan pelaksanaan pekerjaan proyek-proyek yang ditinjau. Variabel awal didapatkan melalui kajian pustaka dan laporan proyek mengenai kendala – kendala pelaksanaan. Tabulasi dari survei pendahuluan ini akan digunakan sebagai variabel-variabel risiko pelaksanaan dalam penelitian ini.

Kemudian variabel – variabel tersebut dipetakan dalam *risk register* sebagai bagian dari evaluasi risiko. Selanjutnya dilakukan analisa kuantitatif untuk menentukan kemungkinan dan dampak yang signifikan terjadi dengan menggunakan QRA Sheet dan weighted risk analysis dengan pengolahan menggunakan metode *Fuzzy*. Penggunaan *fuzzy* karena dapat memberikan penilaian yang tegas atau tidak samar antar risiko. Disebabkan proyek yang ditinjau adalah proyek masa lampau yang berkemungkinan besar akan memberikan hasil evaluasi risiko yang tidak objektif. Selain itu *fuzzy* juga digunakan karena walaupun sudah beberapa kali risiko tersebut terjadi tetapi tetap belum bisa di tentukan secara pasti. Hasil analisa ini berupa evaluasi risiko - risiko yang signifikan terjadi dan berdampak pada proyek – proyek yang ditinjau. Langkah selanjutnya adalah

merepresentasikan besarnya dampak risiko setiap proyek yang ditinjau dengan *percentage* atau pembobotan. Sedangkan biaya kontingensi yang digunakan adalah sesuai dengan data proyek yang telah didapat sebelumnya. Langkah terakhir dari penelitian ini adalah mengelompokkan besaran persentase risiko pelaksanaan proyek terhadap besaran persentase biaya kontingensi yang harus disiapkan.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah rencana dan struktur penyelidikan yang disusun sedemikian rupa sehingga penelitian akan memperoleh jawaban untuk

pertanyaan-pertanyaan penelitiannya (Kerlinger, 1990). Desain penelitian merupakan tahapan-tahapan yang akan dilakukan oleh penulis dalam penelitian.

Penjelasan lebih rinci dari rancangan penelitian diatas adalah sebagai berikut:

- 1) studi literatur digunakan untuk membuat analisa risiko teknis berdasarkan identifikasi risiko berdasarkan studi literatur. Mencari juga penelitian terdahulu terkait pendekatan biaya kontingensi berbasis risiko.
- 2) Pengumpulan Data Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data RAB dan data RAP proyek konstruksi yang dikhususkan pada konstruksi gedung bertingkat.
- 3) *Preprocessing* Proses yang dilakukan dalam tahapan ini adalah sebagai berikut:
  - a) *Case Folding*, yaitu untuk menyeragamkan objek proyek konstruksi yang ditinjau yaitu bangunan gedung bertingkat
  - b) *Sorting*, yaitu proses mengurutkan data. Di sini penulis mengurutkan data berdasarkan waktu proyek.
  - c) *Risk level analysis* yang akan dilakukan adalah diawali dengan pemilihan variabel risiko berdasarkan hasil studi literatur dan dilakukan Relevansi *expert judgement* untuk variabel risiko yang digunakan saat analisa. menggunakan metode *fuzzy* untuk menetapkan level risiko proyek. Dengan pembentukan TFN pada probabilitas dan dampak risiko untuk penilaian risiko yang digunakan.
- 4) Pelabelan adalah tahapan di mana tingkatan risiko dan biaya kontingensi diberikan label pada setiap tingkatannya yang nantinya akan digunakan pada proses *training* ditahap klasifikasi.
- 5) fuzifikasi dilakukan dengan menentukan derajat keanggotaan dari setiap variabel dan memasukan fungsi keanggotaan TFN untuk dilanjutkan dalam pembuatan premis *if then rules*.
- 6) Operasi logika *fuzzy* dilakukan. Selanjutnya dilakukan implikasi dengan defuzifikasi dengan tingkat *risk* teknis proyek dan variabel yang mempengaruhi. Hal ini dicocokkan dengan data sekunder yang didapat yaitu delta biaya dari RAB dan RAP.
- 6) membuat klasifikasi range of cost kontingensi berdasarkan hasil analisa evaluasi risiko dan di cocokkan dengan klasifikasi tingkat risiko.

7) Visualisasi Informasi Pada tahap ini informasi yang dihasilkan dari proses clustering selanjutnya akan divisualisasikan ke dalam format yang mudah dimengerti oleh para pengguna. Pada penelitian ini visualisasi akan dibentuk dalam tabel pendekatan.

### **3.3 Studi literatur**

Studi literatur yang dilakukan peneliti mengkaji beberapa sumber yang terkait dengan biaya kontijensi dan penetapan serta pendekatan pendekatan yang pernah di lakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Studi literatur di ambil dari beberapa sumber seperti buku, jurnal ilmiah bereputasi dan artikel. Hasil studi literatur di jadikan acuan dalam pembuatan model dengan pendekatan menggunakan metode *fuzzy* ini . Studi literatur juga digunakan untuk membuat evaluasi risiko teknis untuk mendukung pendekatan biaya kontingensi.

### **3.4 Pengumpulan Data**

Data risiko didapatkan berdasarkan pembobotan dan penialian evaluasi risiko keenam proyek dari responden. Pembobotan risiko dilakukan dengan *fuzzy - pairwise comparision* berdasarkan bobot kepentingan variabel dan sub variabel risiko. Penilaian dilakukan dengan model analisa *fuzzy* menggunakan alat bantu TFN ( *triangular fuzzy number*). Dan untuk proses output menggunakan *if then rules* yang mengadopsi dari matriks penilaian risiko yang di buat oleh Tah dkk(2000). Proses ini akan menghasilkan nilai risiko *fuzzy* pada setiap sub variabel risiko. Hasil nilai risiko tersebut akan dikalikan dengan hasil pembobotan sehingga akan menghasilkan level risiko pada proyek tersebut.

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek konstruksi dari sebuah perusahaan penyedia jasa konstruksi. Data proyek yang diambil merupakan proyek bangunan gedung karena klasifikasi ini menunjau dari segi risiko yang mana risiko pada setiap jenis konstruksi berbeda. Sehngga perlu dikelompokkan kedalam objek konstruksi yang lebih spesifik. Selain data RAB juga di perlukan data Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP). Sedangkan data biaya kontingensi merupakan data sekunder

yang didapatkan dari hasil pencatatan biaya yang dilakukan oleh divisi operasional perusahaan. Data sekunder yang didapatkan adalah data besaran RAB, RAP, Persentase biaya kontingensi rencana, dan persentase biaya kontingensi aktual.

Alat untuk mendapatkan data disebut instrumen (Nurgiyantoro dkk,2000). Instrumen yang digunakan adalah kuisisioner yang penyebarannya dilaksanakan dengan cara penyampaian langsung ke pada para responden. Kuisisioner yang dibagikan adalah kuisisioner penilaian perbandingan berpasangan untuk pembobotan risiko dan kuisisioner penilaian untuk evaluasi risiko . Selain kuisisioner penulis juga akan melakukan wawancara semi terstruktur untuk memudahkan pengumpulan data.

### **3.5 Populasi dan Sampel**

Objek atau subjek yang berada pada suatu wilayah dan memenuhi syarat – syarat tertentu yang berkaitan dengan masalah penelitian (Riduwan 2004) merupakan populasi. Populasi yang peneliti maksud dalam konteks ini adalah proyek konstruksi yang dispesifikasikan dalam sebuah perusahaan konstruksi. Sedangkan yang dimaksud sampel adalah data proyek dari tahun 2014 sampai dengan 2020. Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel pertimbangan (*purposive sampling*), yaitu suatu teknik yang di ambil untuk menentukan sampel jika peneliti memiliki pertimbangan – pertimbangan tertentu dalam pengambilan sampel atau penentuan sampel untuk tujuan tertentu. Dalam hal ini hanya mereka yang ahli (*expert*) yang patut memberikan pertimbangan untuk pengambilan sampel yang diperlukan. Pengambilan data ini diambil untuk mendapatkan data analisa risiko pada proyek konstruksi yang di gunakan. Selanjutnya peneliti menggunakan teknik pengambilan sampel dengan metode pengambilan sampel *Quota Sampling*. Teknik sampling ini mengambil jumlah sampel sebanyak jumlah yang telah ditentukan oleh peneliti.

Pada penelitian ini populasi penelitian adalah proyek tahun 2014- 2020 berjumlah 55 proyek, yang merupakan bangunan beringkat 36 buah. Sisanya merupakan bangunan gudang, pabrik, jembatan dan bangunan selain bangunan bertingkat. Sehingga untuk sampel diambil 6 sampel proyek.

### 3.6 Objek Penelitian

Menurut Arikunto (2002) objek penelitian adalah variabel atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Adapun pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah sebagai berikut :

1. Objek penelitian berupa proyek-proyek gedung bertingkat seperti apartment, hotel, rumah sakit, kampus, dll.
2. Selain berupa proyek bangunan gedung bertingkat pada penelitian ini proyek yang diambil adalah proyek- proyek yang berjalan dari rentang tahun 2014-2020.

Pada penelitian ini objek penelitian yang akan ditinjau adalah sebagai dijelaskan pada tabel 3.1 Objek penelitian.

Tabel 3. 1 Objek penelitian

No	Nama proyek	Periode	Deskripsi
1	Hotel dan apartment X jogja	2014-2015	2 tower bangunan hotel dan apartment 18 lt dengan 3 besment
2	Apartment Y Surabaya	2014-2015	2 tower bangunan 15 lantai dengan 2 besment
3	Rumah Sakit Z (by pass Kirian) ,Sidoarjo	2017-2018	Bangunan rumah sakit 8 lantai
4	Hotel A, Solo	2019-Juni 2020	Bangunan hotel 9 lantai
5	Rumah Duka B , Sidoarjo	2019- Sep 2020	Bangunan rumah duka 9 lantai
6	Hotel C,Solo	2019-Agt 2020	Bangunan hotel 9 lantai

### 3.7 Variabel Penelitian

Variabel awal penelitian ini didapatkan berdasarkan *literature review* mengenai risiko - risiko pekerjaan konstruksi dan kemudian akan disempurnakan melalui metode *delphi* dengan melakukan survei pendahuluan untuk mendapatkan variabel yang lebih relevan pada proyek - proyek yang ditinjau. Adapun variabel penelitian dapat dilihat pada tabel 3.2 Variabel Penelitian

Tabel 3. 2 Variabel Penelitian

No	Jenis Risiko	Sumber
Internal (Risiko Personil)		
1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	(Fu Li dkk,2013) , (Walke,2011)
2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	(Fu Li dkk,2013), (Zou dkk,2006)
3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	(Fu Li dkk,2013)
4	Kegagalan sistem teknologi internal	(Walke,2011)
Risiko Teknologi Desain		
6	Penyimpangan desain dari konstruksi	(Fu Li dkk,2013)
7	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	(Fu Li dkk,2013)
Risiko Peralatan dan Material		
8	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	(Fu Li dkk,2013)
9	Pembatasan transportasi lokal	(Fu Li dkk,2013)
10	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	(Fu Li dkk,2013)
11	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	(Fu Li dkk,2013)

12	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	(Fu Li dkk,2013) (Walke,2011)
13	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	(Fu Li dkk,2013)
14	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi	(Fu Li dkk,2013)
15	Kerusakan peralatan karena faktor alam	(Walke,2011)
16	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	(Walke,2011)
17	Tidak tersedianya atau kekurangan material	(Walke,2011)
18	Pencurian peralatan dan materil di site	(Walke,2011)
Risiko Keselamatan		
19	Kecelakaan di site	(Walke,2011)
20	Cedera di <i>site</i>	(Walke,2011)
Risiko teknologi konstruksi		
21	Kematian karena kecelakaan	(Fu Li dkk,2013) (Walke,2011)
Risiko Eksternal ( Risiko Alami)		
22	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	(Fu Li dkk,2013) (Walke,2011)
23	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan (ketidak stabilan pasokan air, listrik, dsb)	(Fu Li dkk,2013) (Walke,2011)
24	Lokasi geografis yang merugikan	(Fu Li dkk,2013) (Walke,2011)
25	Menipisnya sumber daya alam	(Walke,2011)
Risiko Sosial		
26	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	(Walke,2011)

Verifikasi variabel penelitian dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Screening wawancara dengan *expert* (*expert judgement*).
2. Menggunakan acuan data dari dokumen proyek.

### **3.8 Data Penelitian**

Data adalah fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi (Arikunto, 2002). Tipe data yang diperlukan akan disesuaikan dengan kebutuhan dalam penelitian yang akan di lakukan, pada skala pengukuran dapat berupa bermacam betuk data. Antara lain nominal dan ordinal, data interval ataupun data ratio. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### **3.8.1 Data Primer**

Data primer adalah data yang di dapat dari sumber pertama (Umar,2000) data primer yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

- a. Hasil wawancara dengan *expert* untuk menentukan *level* risiko dari proyek yang ditinjau. Data ini dihasilkan dari analisa dengan menggunakan studi literatur sebelum melakukan wawancara.
- b. Hasil kuisisioner penilaian atau analisa risiko yang akan dibagikan kepada responden.

#### **3.8.2 Data sekunder**

Data sekunder ialah data Data Sekunder adalah data yang tidak diperoleh langsung dari pihak yang diperlukan datanya. Adapun data sekunder yang penulis miliki adalah data. :

- a. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya
- b. Rekapitulasi Rencana Anggaran Pelaksanaan
- c. Persentase Biaya kontingensi aktual
- d. Persentase Biaya Kontingensi rencana

### **3.9 Pengumpulan data**

Data primer dikumpulkan dengan cara menggunakan metode melalui kuisisioner dan wawancara, dimana informasi diperoleh dari permintaan keterangan kepada responden / pemberi keterangan. Proyek yang akan ditinjau pada penelitian

ini adalah 6 buah proyek dengan jumlah total 9 responden. Responden data primer dalam penelitian ini adalah :

- a. 6 Kepala proyek (*Project manager*) dari pihak kontraktor pada masing-masing proyek.
- b. 3 Direktur Utama, Direktur Operasional, dan Direktur Teknik dari pihak kontraktor.

Adapun pengumpulan data ini tahapan yang harus dilakukan adalah :

- Tahapan 1. Identifikasi variabel risiko pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang dapat digunakan dalam analisa risiko (studi literatur).
- Tahapan 2. Verifikasi variabel risiko dengan *expert judgement*, untuk menyeleksi variabel risiko yang sesuai dengan kondisi proyek yang ditinjau.
- Tahapan 3. Pembuatan kuisisionier untuk analisa risiko dengan menggunakan probabilitas *fuzzy* dan *weighted risk analysis* untuk mendapatkan persentase bobot risiko proyek.
- Tahapan 4. Melakukan analisis

### **3.10 Analisis**

Analisis merupakan langkah-langkah penelitian yang digunakan untuk memecahkan permasalahan penelitian dan mencapai tujuan penelitian. Dalam menjawab tujuan penelitian, dibentuk tahapan penelitian seperti yang digambarkan dalam Gambar 3. Setiap langkah terdiri dari masukan (*input*), proses serta metode yang dilakukan, dan keluaran (*output*). Masing-masing langkah pada gambar dikelompokkan ke dalam kategori - kategori besar, yaitu:

1. Analisa risiko dengan *fuzzy*

Analisa risiko dengan *fuzzy* di mulai dengan pembentukan himpunan *fuzzy*, penentuan fungsi keanggotaan, penentuan aturan inferensi, dan defuzifikasi. Pada analisa di penelitian ini digunakan metode TFN (*Triangular Fuzzy Number*). Metode pendekatan *triangular fuzzy* number menekankan pada proses objektivitas penilaian responden terhadap analisis probabilitas dan dampak. Hasil penyebaran kuesioner dari 6 responden dikumpulkan untuk menghasilkan kualitatif daftar risiko

yang membentuk masukan untuk analisis logika *fuzzy*. Adapun prosedur dari penilaian risiko dengan pendekatan *triangular fuzzy number* ini adalah sebagai berikut:

1. Mengubah variable linguistik menjadi bilangan *fuzzy*.
2. Menghitung *Fuzzy average* probabilitas dan dampak.
3. Penilaian Risiko (*Risk Calculator*).
4. Defuzzifikasi/Penegasan.

Dari analisa risiko menggunakan *fuzzy* akan di dapatkan tingkat risiko pada setiap proyek yang di tinjau. Dari mengetahui tingkat risiko ini kita harus mengubah data tersebut menjadi persentase tingkat risiko. Yang mana persentase tingkat risiko dilakukan dengan metode *Weighted risk analysis*.

## 2. *Weighted risk analysis*.

Untuk menghasilkan hasil yang menjadi persentase maka di perlukan analisa *pairwise comprison*. Analisa ini dilakukan dengan sebelumnya menetapkan hirarki dan bobot pada setiap kriteria risiko yang akan digunakan. Langkah pertama dalam analisis menggunakan metode ini adalah mengumpulkan data berdasarkan perbandingan pasangan. Sedangkan input data yang dilakukan dalam analisa ini adalah berdasarkan hasil rata-rata dari kuesioner. Perbandingan berpasangan pertama dilakukan pada variabel yang ada. Dari hasil perbandingan berpasangan pada tahap kriteria atau variabel kita bisa tahu besar faktor bobot dari setiap variabel.

## 3. Visualisasi

Dilakukan dengan cara membuat *scatterplot* dapat menunjukkan hubungan dari persentase risiko dan persentase biaya kontingensi. *Scatterplot* di buat dengan menggunakan bantuan *software* minitab.

### **3.11 Pemodelan Fuzzy Weighted Risk Analysis**

Pemodelan untuk analisa risiko yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Weighted Risk analysis* untuk evaluasi risiko. Yang mana tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### **1. Matriks Perbandingan Berpasangan**

Matriks perbandingan berpasangan yang disusun berdasarkan elemen – elemen dalam variabel risiko pelaksanaan, maka matriks perbandingan berpasangan terdiri dari :

1. 21 matriks perbandingan berpasangan antar variabel risiko untuk penilaian probabilitas.
2. 21 matriks perbandingan berpasangan antar variabel risiko untuk penilaian dampak.
3. 63 matriks perbandingan berpasangan antara sub variabel risiko untuk penilaian probabilitas.
4. 63 matriks perbandingan berpasangan antara sub variabel risiko untuk penilaian dampak.

Matriks perbandingan berpasangan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2. Mengenai kuisisioner perbandingan berpasangan antar variabel risiko dan sub variabel.

#### **2. Mengisi matriks perbandingan berpasangan**

Setelah mendapatkan hasil kuisisioner, ubah ke dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan. Memperhatikan variabel mana yang dianggap lebih penting. Memberi nilai di sel pada perbandingan variabel yang dimaksud, bila lebih penting A, maka langsung diisi dengan nilai yang tertera dalam kuisisioner. Lain halnya bila yang lebih penting B, maka angka yang dimasukkan dalam sel adalah nilai  $1/n$  dari nilai kuisisioner.

Tabel 3. 3 Matriks Perbandingan Berpasangan

	A1	A2	.....	An
A1	A11	Ann	.....	A1n
A2	A21	A22	.....	A2n
.....	.....	.....	.....	.....
An	An1	An2		Ann

(Sumber: Saaty, 1986)

Nilai hasil kuesioner hanya dimasukkan dalam sel dengan posisi di atas sel diagonal, sel-sel di bawah sel kuning diagonal merupakan nilai 1/n dari sel dengan variabel pembanding yang sama. Bila elemen A dengan parameter i, dibandingkan dengan elemen operasi A dengan parameter j, maka bobot perbandingan elemen operasi Ai berbanding Aj dilambangkan dengan Aij maka:

$$a(i,j) = A_i / A_j, \text{ dengan: } i, j = 1, 2, 3, \dots, n \dots \dots \dots (3.1)$$

Bila vektor-vektor pembobotan operasi A1, A2,....., An maka hasil perbandingan berpasangan dinyatakan dengan vector W, dengan  $W = (W_1, W_2, W_3, \dots, W_n)$  maka nilai Intensitas kepentingan elemen operasi Ai terhadap Aj yang dinyatakan sama dengan aij. Dari penjelasan tersebut maka matrik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison* matrik), dapat digambarkan menjadi matrik perbandingan preferensi seperti diperlihatkan pada tabel 3.4 Matriks identitas bobot kepentingan

	W1	W2	.....	Wn
W1	W1/W1	W1/W2	.....	W1/Wn
W2	W2/W1	W2/W2	.....	W2/Wn
.....	.....	.....	.....	.....
Wn	Wn/W1	Wn/W2		Wn/Wn

(Sumber: Saaty, 1986)

### 3. Normalisasi matriks

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi guna menyederhanakan nilai menjadi bilangan desimal dengan nilai antara 0 sampai 1 yang memberi informasi besaran pengaruhnya sebuah variabel. Proses pengerjaan normalisasi adalah perbandingan nilai dengan total nilai, dilakukan dengan pembagi setiap angka dalam kolom dengan total dari setiap kolom matriks, kemudian nilai bobot adalah nilai rata-rata dari nilai kolom.

$$W_i = n \sqrt{(a_{i1} \times a_{i2} \times a_{i3}, \dots \times a_{in})} \dots \dots \dots (32)$$

Matrik yang diperoleh tersebut merupakan eigen vector adalah (Xi), dengan:  
 $X_i = (W_i / \sum W_i)$ .....(3.3)

Dengan nilai eigen vector terbesar ( $\lambda$  maks) dengan:

$$\lambda_{maks} = \sum a_{ij} \cdot X_j$$
.....(3.4)

4. Menghitung Rasio Konsistensi

Matriks perbandingan berpasangan dikalikan dengan vektor prioritas. vektor baru tersebut dinyatakan sebagai vektor jumlah bobot. Penyimpangan terhadap konsistensi dinyatakan dengan indeks konsistensi didapat rumus:

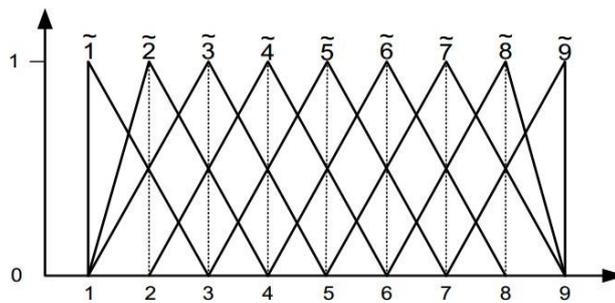
$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$
.....(3.5)

Dengan:

$\lambda_{maks}$  = Nilai Eigen Vektor Maksimum, n = Ukuran Matrik.

5. Fuzzifikasi

Gambar grafik Fuzzifikasi skala likert ke TFN dapat digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 2 Fuzzifikasi ke TFN

Penilai dari hasil kuisisionier diubah menjadi matriks perbandingan berpasangan dan dikonversi menjadi matriks perbandingan *fuzzy* dengan ketentuan seperti Tabel 3.5 TFN Untuk Penilaian Probabilitas dan Tabel 3.6 TFN Untuk Penilaian Dampak.

Tabel 3. 5 TFN Untuk Penilaian Probabilitas

Intensitas kepentingan	Himpunan Linguistik penilaian probabilitas	TFN
1	Probabilitas kedua risiko sama	(1,1,1)
2	Pertengahan	(1,2,4)
3	Probabilitas Elemen Risiko satu cukup lebih tinggi dari yang lainnya.	(1,3,5)
4	Pertengahan	(2,4,6)
5	Probabilitas Elemen risiko satu lebih tinggi dari yang lainnya.	(3,5,7)
6	Pertengahan	(4,6,8)
7	Probabilitas Elemen risiko satu sangat lebih tinggi probabilitasnya yang lainnya.	(5,7,9)
8	Pertengahan	(6,8,9)
9	Probabilitas Elemen risiko satu mutlak lebih tinggi dari yang lainnya.	(7,9,9)

Tabel 3. 6 TFN Untuk Penilaian Dampak

Intensitas kepentingan	Himpunan Linguistik Penilaian Dampak	TFN
1	Dampak kedua risiko sama	(1,1,1)
2	Pertengahan	(1,2,4)
3	Dampak Elemen Risiko satu cukup lebih tinggi dari yang lainnya.	(1,3,5)
4	Pertengahan	(2,4,6)
5	Dampak Elemen risiko satu lebih tinggi dari yang lainnya.	(3,5,7)
6	Pertengahan	(4,6,8)

7	Dampak Elemen risiko satu sangat lebih tinggi probabilitasnya yang lainnya.	(5,7,9)
8	Pertengahan	(6,8,9)
9	Dampak Elemen risiko satu mutlak lebih tinggi dari yang lainnya.	(7,9,9)

Menghitung nilai  $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$  dengan operasi penjumlahan untuk keseluruhan bilangan triangular fuzzy dalam matriks perbandingan berpasangan.

### 6. Menghitung nilai *fuzzy syntethic extent*

Dari matriks perbandingan berpasangan, selanjutnya dihitung nilai *fuzzy syntethic extent*. *Fuzzy syntethic extent* ini didapatkan dari persamaan di bawah ini

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_i^j \times \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana :

$$\sum_{j=1}^m M_i^j = \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j, \dots \dots \dots (3.7)$$

Sedangkan :

$$\frac{1}{\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_i, \sum_{i=1}^n l_i} \dots \dots \dots (3.8)$$

### 7. Menghitung Nilai Vektor

Dilakukan perbandingan tingkat kemungkinan antar fuzzy synthetic extent dengan nilai minimumnya. Menghitung nilai vektor *Fuzzy* (V) Jika telah didapat nilai Si, maka dapat didefinisikan sebagai nilai *vector* (V) .Dengan menggunakan ketentuan :

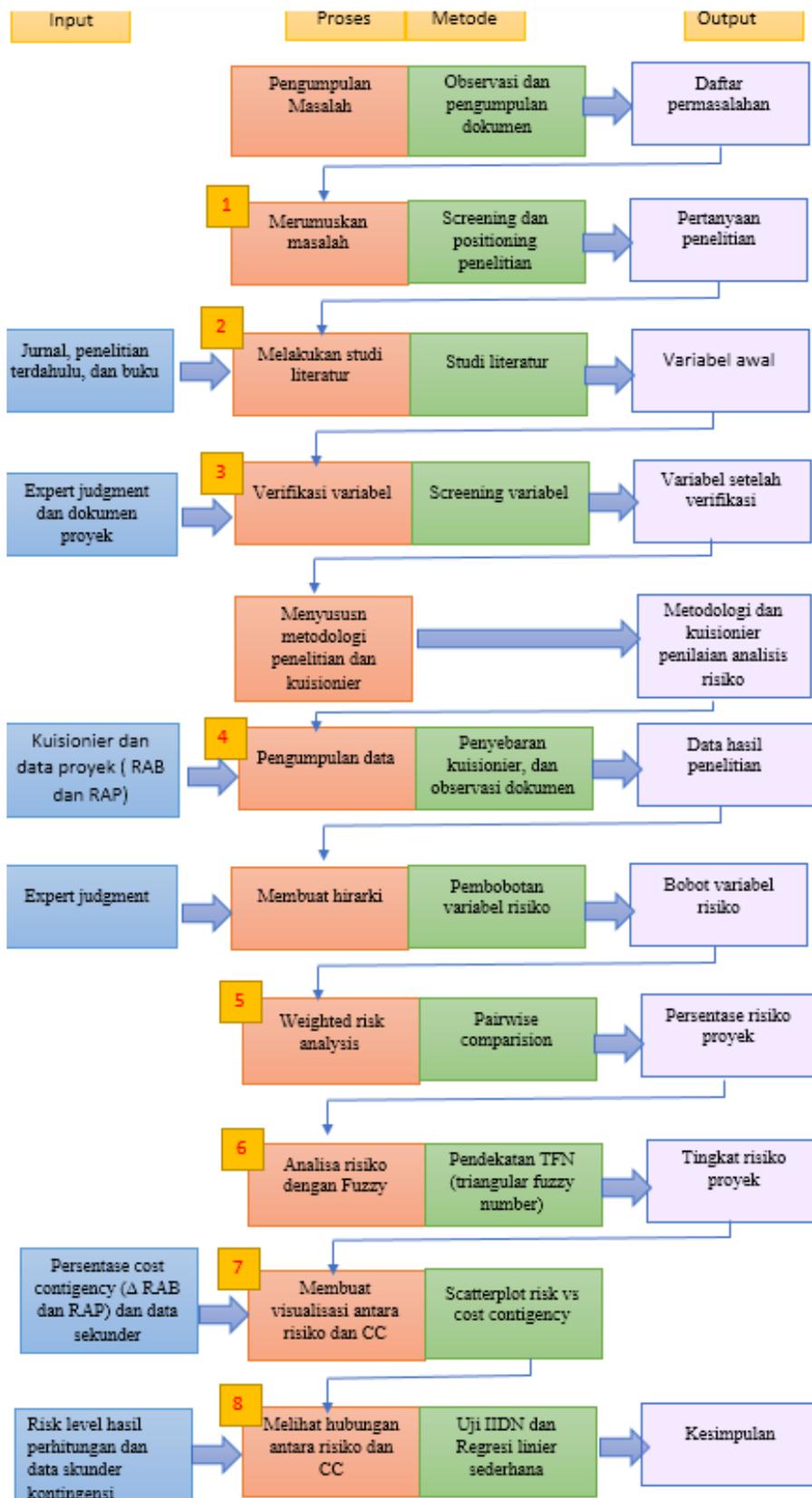
$$v (M_2 \geq M_1) = \sup [\min(\mu M_1 (x), \min \mu M_1 (y))] \dots \dots \dots (3.9)$$

$$v (M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 \\ 0 \\ \frac{l_2 - l_1}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \end{cases}$$

Normalisasi nilai bobot vektor dilakukan dengan cara membagi tiap ordinat kriteria dengan total ordinat kriteria.

### 8. Perankingan bobot kriteria.

Perankingan atau pengurutan dilakukan dengan mengurutkan bobot kriteria sesuai dengan besaran bobotnya mulai dari yang paling besar ke yang paling kecil.



Gambar 3. 3 Analisis penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Survey Pendahuluan

Pada survey pendahuluan dilakukan terhadap tiga orang yang merupakan praktisi pada sektor konstruksi yaitu direktur teknik, direktur operasional, dan *Project Manager* yang berpengalaman kerja lebih dari 25 tahun dari sebuah perusahaan kontraktor. Ketiga *expert* tersebut memiliki jabatan yang berhubungan langsung terhadap keenam proyek konstruksi di perusahaan tersebut. Sehingga memang cocok untuk memberikan tanggapan mengenai relevansi risiko yang terjadi pada tahapan konstruksi. *Survey* ini dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap *expert* untuk melakukan screening terhadap variabel risiko yang didapat dari literatur. *Survey* pedahuluan ini bertujuan untuk mendapatkan variabel yang relevan untuk diterapkan saat evauasi risiko menggunakan metode *fuzzy* terhadap proyek objek penelitian. Jika dua dari tiga responden menyatakan bahwa variabel tersebut relevan, maka variabel tersebut digunakan sebagai variabel dalam kuisisioner utama.

Pada sub bab ini akan dijabarkan hasil kuisisioner pendahuluan mengenai variabel risiko pelaksanaan konstruksi yang relevan. Hasil kuisisioner pendahuluan dapat dilihat pada tabel.4.1 tentang hasil screening variabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 Tentang Hasil Screening Variabel.

Variabel	Responden			Kesimpulan
	1	2	3	
<b>Internal (Risiko Personil)</b>				
Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	√	√	√	Relevan
Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	√	√	√	Relevan

Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	√	√	√	Relevan
Kegagalan sistem teknologi internal	-	√	√	Relevan
Infrastruktur teknologi yang tidak benar	-	-	-	Tidak Relevan
<b>Risiko Teknologi Desain</b>				
Penyimpangan desain dari konstruksi	√	√	√	Relevan
Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	√	√	√	Relevan
<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>				Relevan
Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	√	√	√	Relevan
Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	√	√	√	Relevan
Lokasi geografis yang merugikan	√	√	√	Relevan
Menipisnya sumber daya alam	√	√	√	Relevan
<b>Risiko Sosial</b>				Relevan
Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	√	√	√	Relevan

Sumber : Hasil Olahan Peneliti (2020)

Dari 26 variabel risiko yang didapatkan dari studi literatur, ada 25 variabel yang relevan untuk diterapkan dalam evaluasi risiko di sektor konstruksi khususnya proyek objek penelitian ini. Sebagian besar responden menyatakan hal yang hampir sama bahwa hampir seluruh variabel risiko yang didapat dari studi literatur relevan terhadap hasil evaluasi risiko proyek objek penelitian. Sebagai contoh, sub variabel risiko kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk yang merupakan bagian dari variabel risiko eksternal (risiko alami), ketiga responden menyatakan relevan dengan praktik evaluasi risiko pada keenam proyek yang ditinjau, sehingga variabel tersebut relevan untuk diterapkan pada evaluasi risiko proyek bangunan gedung bertingkat. Contoh selanjutnya adalah subvariabel risiko Infrastruktur teknologi yang tidak benar dalam variabel Risiko Personil (*Internal*), tidak ada responden yang menyatakan relevan sehingga variabel tersebut tidak relevan untuk diterapkan dalam variabel *suvey* utama mengenai evaluasi risiko pelaksanaan proyek. Hasil *survey* pendahuluan secara lengkap dapat dilihat

pada lampiran 1. Laporan wawancara screening variabel dan sub variabel. Variabel dan subvariabel yang relevan tersebut nantinya akan dijadikan variabel dalam survei utama ( evaluasi risiko).

## 4.2 Survei Utama

### 4.2.1 Karakteristik Responden Survei Utama

Responden penelitian ini semuanya adalah *project manager* dan *site manager* yang bekerja pada sebuah perusahaan kontraktor, yang terlibat dalam proyek - proyek konstruksi gedung bertingkat. Karakteristik responden dalam penelitian ini berupa tingkat pendidikan dan pengalaman bekerja pada sektor konstruksi. Kuisisionier pembobotan dan penilaian risiko disebarkan kepada 9 responden yang diwakili oleh 1 responden untuk setiap proyek objek penelitian. Responden diharapkan dapat memberikan pembobotan risiko yang telah terjadi pada proyek objek penelitian dan memberikan penilaian mengenai *probability* dan *impact* pada tiap - tiap risiko.

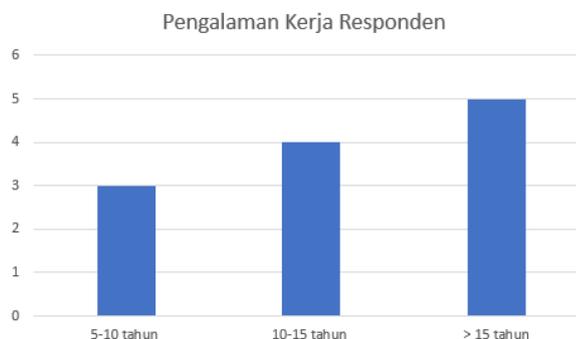
Karakteristik pendidikan responden, pada bagian ini dapat terlihat bahwa untuk kelompok tingkat pendidikan responden terbagi menjadi dua kelompok yaitu tingkat pendidikan terakhir S1 dan S2. Untuk tingkat pendidikan S1 terdapat 10 responden, sedangkan untuk tingkat pendidikan S2 terdapat 2 responden. Karakteristik responden berdasarkan tingkat pendidikan dapat dilihat pada Gambar 4.1 mengenai pendidikan responden seperti berikut :



Gambar 4. 1 Tingkat pendidikan responden

Karakteristik responden selanjutnya adalah mengenai pengalaman kerja. Apabila dilihat dari pengalaman bekerja di sektor konstruksi, dari 12 responden terdapat 3 orang responden yang memiliki pengalaman 5-10 tahun, 4 orang responden yang memiliki pengalaman 10-15 tahun dan 5 orang responden memiliki

pengalaman > 15 tahun. Karakteristik responden berdasarkan pengalaman bekerja dapat dilihat pada Gambar 4.2 Pengalaman Kerja Responden di bawah ini.



Gambar 4. 2 Pengalaman Kerja Responden

### 4.3 Analisa Pembobotan Variabel Risiko

Dalam sub bab ini akan dijabarkan mengenai analisa pembobotan variabel risiko pelaksanaan konstruksi bangunan bertingkat dengan menggunakan metode *fuzzy - pairwise comparison*. Analisa data dimulai dari menyusun matriks perbandingan berpasangan sesuai dengan isi kuisisioner reponden hingga menghitung bobot dari masing-masing variabel, uji konsistensi dan dilanjutkan dengan perhitungan *fuzzy*.

#### 4.3.1 Variabel Risiko yang Digunakan

Variabel risiko sebagai atribut dalam pembobotan menggunakan metode *Fuzzy – Pairwise* ini diambil berdasarkan hasil dari studi literatur yang dilakukan penulis. Agar kriteria yang digunakan sesuai dengan kondisi proyek yang dijadikan objek penelitian maka perlu di lakukan screening terhadap hasil studi literatur. Screening di lakukan oleh 3 *expert* yang dianggap mengetahui permasalahan di lapangan yaitu Direktur Operasional, Direktur Teknis dan Direktur Utama dari sebuah perusahaan konstruksi . Proses penentuan variabel ini di jelaskan pada bab sebelumnya mengenai survey pendahuluan. Maka variabel yang di tetapkan sebagai atribut pembobotan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Risiko Personil (Internal)
- Risiko Teknologi Desain (Internal)
- Risiko Peralatan dan Material (Internal)
- Risiko Keselamatan (Internal)
- Risiko Teknologi Konstruksi (Internal)

#### 4.3.2 Subvariabel Risiko yang Digunakan

Seperti variabel yang digunakan, hal yang sama juga dilakukan pada subvariabel risiko yang digunakan pada penelitian ini. Subvariabel didapatkan dari hasil studi literatur yang selanjutnya di lakukan *screening* terhadap hasilnya untuk melihat variabel mana saja yang relevan terhadap kondisi lapangan dari proyek - proyek objek penelitian. Adapun subvariabel tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4. 2 Subvariaael risiko yang Digunakan

No	Jenis Risiko
<b>Internal (Risiko Personil)</b>	
1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).
2	Kualitas dari personil manajemen (Termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).
3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.
4	Kegagalan sistem teknologi internal
<b>Risiko Teknologi Desain</b>	
5	Penyimpangan desain dari konstruksi
6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain
<b>Risiko Peralatan dan Material</b>	
7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.
8	Pembatasan transportasi lokal
9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi
10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup
11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi
12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik
13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi
14	Kerusakan peralatan karena faktor alam
15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama
16	Tidak tersedianya atau kekurangan material
17	Pencurian peralatan dan materil di site
<b>Risiko Keselamatan</b>	
18	Kecelakaan di site
19	Cedera di site
Risiko teknologi konstruksi	

20	Kematian karena kecelakaan
Risiko Eksternal ( Risiko Alami)	
21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk
22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)
23	Lokasi geografis yang merugikan
24	Menipisnya sumber daya alam
Risiko Sosial	
25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar

Sumber : Olahan Peneliti (2020)

#### 4.4 Analisis Metode Fuzzy Pairwise Berdasarkan Setiap Responden

Analisa metode *Fuzzy - Pairwise* pada masing-masing responden dilakukan untuk mengetahui pembobotan risiko pelaksanaan konstruksi dari masing-masing responden karena responden - responden yang memberikan pembobotan mewakili masing- masing proyek objek penelitian dan tidak berada dalam satu team kerja. Pada penelitian mengenai evaluasi risiko untuk pelaksanaan proyek bangunan betingkat digunakan masukan penilaian dan pembobotan dari 12 orang responden. Adapun penjelasan tentang responden telah dijelaskan pada subbab 3.9 tentang pengumpulan data.

##### 4.4.1 Matriks Perbandingan Berpasangan

Matriks perbandingan berpasangan yang disusun berdasarkan elemen – elemen yang dikembangkan dalam penelitian ini, yaitu variabel risiko dan subvariabel risiko. Sehingga pada penelitian ini matriks perbandingan berpasangan terdiri dari :

- matriks perbandingan berpasangan antar variabel risiko.
- matriks perbandingan berpasangan antara sub variabel risiko.

Matriks perbandingan berpasangan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4. Mengenai pembobotan variabel risiko.

##### 4.4.2 Variabel Risiko Metode *Pairwise-Comparison* Setiap Responden

Untuk mengetahui apakah suatu kuesioner telah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan, maka perlu diperiksa apakah hasil jawabannya telah konsisten atau belum. Di subbab ini, hanya ditampilkan beberapa contoh perhitungan saja, keseluruhan jawaban akan ditampilkan dalam lampiran 4 sampai dengan lampiran 16 mengenai pembobotan . Berikut adalah penghitungan dengan responden *Expert*

nomor 1 (PM atau kepala proyek) pada penilaian terhadap besarnya pengaruh sebuah faktor risiko yang telah diubah dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan.

Menurut Saaty (1994), langkah awal untuk menentukan susunan prioritas elemen adalah menyusun perbandingan berpasangan. Tabel skala perbandingan tingkat kepentingan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 3 Tingkat kepentingan

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh sama besar
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya	Pengalaman dan penilaian dengan kuat menyokong satu elemen dibanding elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam kenyataan
9	Satu elemen mutlak lebih penting dari elemen lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang menguatkan
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai di antara dua pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua komponen di antara dua pilihan

Sumber : Saaty(1994)

Dengan menggunakan tabel hasil kuisisioner mengenai perbandingan antar variabel menurut responden 1

Tabel 4. 4 Hasil kuisisioner terhadap penilaian responden I

No	Variabel	Expert 1	
		Penting	Bobot
1	Internal ( personil )	1	5
	Risiko Teknologi Desain		
2	Internal ( personil )	1	3
	Risiko Peralatan dan Material		
3	Internal ( personil )	2	8
	Risiko Keselamatan		
4	internal ( personil )	1	6
	Risiko teknologi konstruksi		
5	Internal ( personil )	1	5
	Risiko Eksternal (Risiko Alami)		
6	internal ( personil )	1	7
	Risiko Sosial		
7	Risiko Teknologi Desain	2	5
	Risiko Peralatan dan Material		

8	Risiko Teknologi Desain	2	8
	Risiko Keselamatan		
9	Risiko Teknologi Desain	1	3
	Risiko teknologi konstruksi		
10	Risiko Teknologi Desain	2	2
	Risiko Eksternal (Risiko Alami)		
11	Risiko Teknologi Desain	1	3
	Risiko Sosial		
12	Risiko Peralatan dan Material	2	5
	Risiko Keselamatan		
13	Risiko Peralatan dan Material	1	2
	Risiko teknologi konstruksi		
14	Risiko Peralatan dan Material	1	3
	Risiko Eksternal (Risiko Alami)		
15	Risiko Peralatan dan Material	1	4
	Risiko Sosial		
16	Risiko Keselamatan	1	9
	Risiko teknologi konstruksi		
17	Risiko Keselamatan	1	5
	Risiko Eksternal (Risiko Alami)		
18	Risiko Keselamatan	1	6
	Risiko Sosial		
19	Risiko teknologi konstruksi	2	4
	Risiko Eksternal (Risiko Alami)		
20	Risiko teknologi konstruksi	2	3
	Risiko Sosial		
21	Risiko Eksternal (Risiko Alami)	1	5
	Risiko Sosial		

Setelah mendapatkan hasil kuesioner, diubah ke dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan . Adapun langkah -langkah proses analisa metode *Fuzzy – Pairwise Comparison* pada hasil kuisisionier dengan *Project Manager* proyek I, adalah sebagai berikut :

Memperhatikan variabel mana yang dianggap lebih penting .Memberi nilai di sel pada perbandingan variabel yang dimaksud, bila lebih penting variabel pertama (1), maka langsung diisi dengan nilai yang tertera dalam kuisisionier. Lain halnya bila yang lebih penting variabel kedua (2), maka angka yang dimasukkan dalam sel adalah nilai  $1/n$  dari nilai kuisisionier. Jawaban dimasukkan dengan posisi

sesuai dengan kolom dan baris setiap variabel risiko yang dibandingkan seperti pada tabel 4.5 rekapitulasi hasil penilaian kuisisionier.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi hasil penilaian kuisisionier

	<u>Personil</u>	<u>Tek. design</u>	<u>Peralatan Material</u>	<u>Keselamatan</u>	<u>tek. Konst</u>	<u>Alami</u>	<u>sosial</u>
<u>Personil</u>	1.00	5.00	3.00	0.13	6.00	5.00	7.00
<u>Tek. design</u>		1.00	0.20	0.13	3.00	0.50	3.00
<u>Peralatan Material</u>			1.00	0.20	2.00	3.00	4.00
<u>Keselamatan</u>				1.00	9.00	5.00	6.00
<u>Tek. Konst</u>					1.00	0.25	0.33
<u>Alami</u>						1.00	5.00
<u>Sosial</u>							1.00

Nilai hasil kuesioner hanya dimasukkan dalam sel dengan posisi di atas sel diagonal berwarna merah, sel-sel di bawah sel diagonal merah merupakan nilai 1/n dari sel dengan variabel pembanding yang sama. Contoh: jawaban no.1 variabel 1 atau variabel A dianggap lebih penting dengan bobot 5, maka pada baris personil kolom Tek. desain dimasukkan =5. Jawaban no.3 variabel 2 atau B dianggap lebih penting dengan bobot 8, maka pada baris personil kolom keselamatan dimasukkan angka  $1/n = 1/8 = 0.13$ .

Tabel 4. 6 Perbandingan Berpasangan Variabel Risiko dari Responden I

	<u>Personil</u>	<u>Tek. design</u>	<u>Peralatan Material</u>	<u>Keselamatan</u>	<u>tek. Konst</u>	<u>Alami</u>	<u>sosial</u>
<u>Personil</u>	1.00	5.00	3.00	0.13	6.00	5.00	7.00
<u>Tek. design</u>	0.20	1.00	0.20	0.13	3.00	0.50	3.00
<u>Peralatan Material</u>	0.33	5.00	1.00	0.20	2.00	3.00	4.00
<u>Keselamatan</u>	8.00	8.00	5.00	1.00	9.00	5.00	6.00
<u>Tek. Konst</u>	0.17	0.33	0.50	0.11	1.00	0.25	0.33
<u>Alami</u>	0.20	2.00	0.33	0.20	4.00	1.00	5.00
<u>Sosial</u>	0.14	0.33	0.25	0.17	3.00	0.20	1.00

Untuk semua sel pada sisi bagian bawah sel diagonal merah diisi dengan  $=1/n$  pada sel yang berlawanan. Misalnya pada jawaban perta sel baris pesonil dan kolom teknologi desain berisi 5, sehingga untuk sel yang berlawanan yang terletak di bawah sel diagonal merah yaitu baris teknologi desain dan kolom personil diisi dengan  $1/5 = 0.20$ . hal yang sama dilakukan untuk semua sel yang ada seperti terlihat pada Tabel 4.5 mengenai Perbandingan Berpasangan Variabel risiko responden I.

Menjumlahkan masing – masing kolom

Tabel 4. 7 Jumlah Kolom Penilaian Bobot Variabel Risiko Oleh Responden I

	personil	tek.design	Prltn Mtrl	keselamatan	tek. Konst	alami	sosial
personil	1.00	5.00	3.00	0.13	6.00	5.00	7.00
tek.design	0.20	1.00	0.20	0.13	3.00	0.50	3.00
Prltn Mtrl	0.33	5.00	1.00	0.20	2.00	3.00	4.00
keselamatan	8.00	8.00	5.00	1.00	9.00	5.00	6.00
tek. Konst	0.17	0.33	0.50	0.11	1.00	0.25	0.33
alami	0.20	2.00	0.33	0.20	4.00	1.00	5.00
sosial	0.14	0.33	0.25	0.17	3.00	0.20	1.00
jumlah	10.04	21.67	10.28	1.93	28.00	14.95	26.33

Pada setiap kolom kriteria dilakukan penjumlahan. Misalnya untuk kolom variabel personil didapatkan jumlah 10.04 dari penjumlahan  $1 + 0.20 + 0.33 + 8.00 + 0.17 + 0.20 + 0.14$ . Hal yang sama dilakukan terhadap setiap kolom yang ada untuk mengetahui jumlah penilaian bobot terhadap variabel risiko tersebut.

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi guna menyederhanakan nilai menjadi bilangan desimal dengan nilai antara 0 sampai 1 yang memberi informasi besaran pengaruhnya sebuah variabel. Proses pengerjaan normalisasi adalah membandingkan nilai dengan total nilai, dilakukan dengan pembagian setiap angka dalam kolom dengan total dari setiap kolom matriks, kemudian nilai bobot adalah nilai rata-rata dari nilai kolom personil hingga kolom sosial.

Tabel 4. 8 Normalisasi Matriks

	personil	tek.design	Prltn Mtrl	keselamatan	tek. Konst	alami	sosial	jumlah
personil	0.10	0.23	0.29	0.06	0.21	0.33	0.27	1.50
tek.design	0.02	0.05	0.02	0.06	0.11	0.03	0.11	0.40
Prltn Mtrl	0.03	0.23	0.10	0.10	0.07	0.20	0.15	0.89
keselamatan	0.80	0.37	0.49	0.52	0.32	0.33	0.23	3.05
tek. Konst	0.02	0.02	0.05	0.06	0.04	0.02	0.01	0.20
alami	0.02	0.09	0.03	0.10	0.14	0.07	0.19	0.65
sosial	0.01	0.02	0.02	0.09	0.11	0.01	0.04	0.30
jumlah	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.00

Contoh perhitungan normalisasi:

Normalisasi baris personil kolom personil :  $1/10.04 = 0,10$

Normalisasi baris personil kolom peralatan dan material :  $3.00/10.28 = 0.29$

Contoh perhitungan jumlah:

jumlah baris personil  $= (0.10 + 0.23 + 0.29 + 0.06 + 0.21 + 0.33 + 0.27) = 1.56$

Jumlah dari setiap baris di bagi dengan total jumlah semua baris.

Contoh perhitungan vektor prioritas :

$$\text{Vektor prioritas personil} = (1.50/7) = 0.214$$

Dilakukan pada setiap baris sehingga mendapatkan bobot untuk semua variabel risiko. Dapat dilihat pada tabel 4.9 vektor prioritas kriteria responden I

Tabel 4. 9 Vektor Prioritas Kriteria Responden I

Vektor Prioritas
0.21
0.06
0.13
0.44
0.03
0.09
0.04

Selanjutnya menghitung Rasio Konsistensi (CR). Matriks perbandingan berpasangan dikalikan dengan vektor prioritas. vektor baru tersebut dinyatakan sebagai vektor jumlah bobot.

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 & 0.13 & 6 & 5 & 7 \\ 0.20 & 1 & 0.20 & 0.13 & 3 & 0.5 & 3 \\ 0.33 & 5 & 1 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 8 & 8 & 15 & 15 & 1/5 & 5 & 6 \\ 0.17 & 0.33 & 0.5 & 0.5 & 1 & 0.25 & 0.33 \\ 0.20 & 32 & 0.33 & 0.33 & 1/3 & 1 & 5 \\ 0.14 & 0.33 & 30.25 & 0.25 & 1/4 & 0.20 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.21 \\ 0.06 \\ 0.13 \\ 0.44 \\ 0.03 \\ 0.09 \\ 0.04 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.88 \\ 0.44 \\ 1.08 \\ 4.23 \\ 0.23 \\ 0.71 \\ 0.30 \end{bmatrix}$$

Entri dari vektor jumlah bobot dibagi dengan entri yang berpasangan dari vektor prioritas dan dinyatakan hasilnya sebagai bobot prioritas.

$$\begin{aligned} \text{Bobot prioritas} &= \left[ \frac{1.88}{0.21} \quad \frac{0.44}{0.06} \quad \frac{1.08}{0.13} \quad \frac{4.23}{0.44} \quad \frac{0.23}{0.03} \quad \frac{0.71}{0.09} \quad \frac{0.30}{0.04} \right] \\ &= [8.74 \quad 7.65 \quad 8.52 \quad 9.69 \quad 8.04 \quad 7.67 \quad 7.09] \end{aligned}$$

Menghitung rata-rata dari nilai pada langkah b di atas, dan hasilnya dinotasikan dengan  $\lambda_{maks}$

$$\begin{aligned} \lambda_{maks} &= (8.74 + 7.65 + 8.52 + 9.69 + 8.04 + 7.67 + 7.09) / 7 \\ &= 7.320 \end{aligned}$$

Menghitung *Consistency Index* (CI) dengan rumus sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$

Dengan:

$\lambda_{maks}$  = Nilai Eigen Vektor Maksimum,  $n$  = Ukuran Matrik.

Sehingga di dapat :

$$CI = \frac{7.320 - 7}{7 - 1}$$

$$= 0.053$$

Menghitung *Consistency Ratio* (CR) dengan rumus sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

RI , dengan  $RI = 1.98(n-2)/n$

$$= 0.038$$

#### 4.4.3 Variabel Metode Fuzzy-Pairwise Berdasarkan Penilaian Responden

Menurut Saaty (1994), jika  $CR \leq 10\%$  maka matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten. Konsisten artinya semua elemen telah dikelompokkan secara homogen dan relasi antara kriteria saling membenarkan secara logis. Setelah matriks dinyatakan konsisten langkah selanjutnya adalah mengubah Matriks perbandingan kedalam angka *fuzzy*. Sehingga proses konversi perbandingan matriks ke *Fuzzy - Pairwise* sebagai berikut:

Proses konversi matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* dimulai dengan penilai dari hasil kuisisionier di ubah menjadi matriks perbandingan berpasangan seperti tahapan di atas dan dikonversi menjadi matriks perbandingan *fuzzy* dengan ketentuan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.10 fuzifikasi terhadap skala *pairwise* ke skala *fuzzy* .

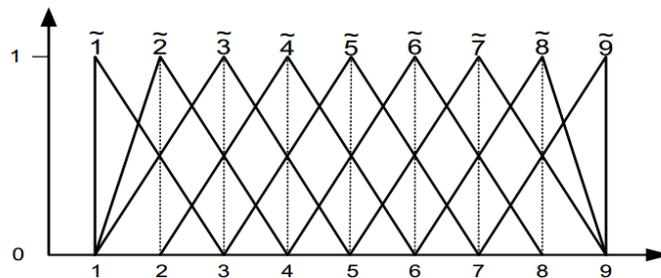
Tabel 4. 10 Fuzifikasi Terhadap Skala *Pairwise* ke Skala *Fuzzy*

Skala AHP	Skala Fuzzy	Invers Skala Fuzzy
1	$\tilde{1} = (1,1,1)$ = jika diagonal $\tilde{1} = (1,1,3)$ = selainnya	(1/3, 1/1, 1/1)

3	$\tilde{3} = (1,3,5)$	$(1/5, 1/3, 1/1)$
5	$\tilde{5} = (3,5,7)$	$(1/7, 1/5, 1/3)$
7	$\tilde{7} = (5,7,9)$	$(1/9, 1/7, 1/5)$
9	$\tilde{9} = (7,9,9)$	$(1/9, 1/9, 1/7)$
2	$\tilde{2} = (1,2,4)$	$(1/4, 1/2, 1/1)$
4	$\tilde{4} = (2,4,6)$	$(1/6, 1/4, 1/2)$
6	$\tilde{6} = (4,6,8)$	$(1/8, 1/6, 1/4)$
8	$\tilde{8} = (6,8,9)$	$(1/9, 1/8, 1/6)$

Sumber :M.L. Chuang, J.H.Liou (2008)

Gambar grafik Fuzzifikasi skala *pairwise* ke TFN dapat digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 3 Fuzzifikasi Skala ke TFN

Grafik fuzzifikasi skala diatas dapat menjelaskan fungsi keanggotaan antara 0 - 1 pada setiap skala *Pairwise*. Misalnya untuk skala yang memiliki bobot 5 maka TFN akan menjadi (3,5,7). Sehingga dari hasil kuisisionier di susun perbandingan dan dari matriks perbandingan berpasangan kita ubah menjadi matriks perbandingan *fuzzy* dengan cara mengkonversi skala menjadi TFN (*triangular fuzzy number*). Maka dari matriks perbandingan berpasangan di konversi dengan TFN di dapat tabel perbandingan berpasangan *fuzzy* seperti di bawah ini.

Tabel 4. 11 Perbandingan berpasangan *Fuzzy* Antar Variabel dari Responden I

	personil			tek.design			Pritn Mtrl			keselamatan			tek. Konst			alami			sosial		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
personil	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	0.11	0.13	0.17	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	5.00	7.00	9.00
tek.design	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	0.11	0.13	0.17	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00
Pritn Mtrl	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00
keselamatan	6.00	8.00	9.00	6.00	8.00	9.00	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	7.00	9.00	9.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00
tek. Konst	0.13	0.17	0.25	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	0.11	0.11	0.14	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00
alami	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	0.14	0.20	0.33	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00
sosial	0.11	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	1.00	3.00	5.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00

Konversi dilakukan dengan melihat penilaian dari responden pada perbandingan berpasangan dan menggubah menjadi TFN (*triangular fuzzy number*) sesuai dengan acuan tabel 4.10 fuzifikasi terhadap skala pairwise ke skala *fuzzy* .

Menghitung nilai  $\sum_{j=1}^m \sum_{gi}^1 = (\sum_{j=1}^m lj, \sum_{j=1}^m mj, \sum_{j=1}^m uj)$  dengan operasi penjumlahan pada tiap-tiap bilangan triangular fuzzy pada setiap barisnya.

Tabel 4. 12 Jumlah baris Perbandingan berpasangan Antar Variabel Risiko dari Responden I

jumlah baris		
l	m	u
17.11	27.13	37.17
3.65	8.03	12.83
8.34	15.53	24.33
30.00	42.00	50.00
2.05	2.69	4.89
7.49	12.73	19.67
2.75	5.09	8.28

Misalnya pada kolom pertama baris pertama (l) merupakan penjumlahan dari  $1+3+1+0.11+4+3+5= 17.11$ .

Menghitung nilai  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]$  dengan operasi penjumlahan untuk keseluruhan bilangan *triangular fuzzy* dalam matriks perbandingan berpasangan.

$$\begin{bmatrix} l & m & u \\ 71.38 & 113.204 & 157.1762 \end{bmatrix}$$

Contoh :  $l= 17.11+ 3.65+ 8.34+ 30.00+ 2.05+ 7.49 +2.75 = 71.38$

Dari matriks perbandingan berpasangan, selanjutnya dihitung nilai *fuzzy syntethic extent* untuk tiap kriteria utama sebagai ditunjukkan dalam tabel 4.13 *Synthetic Extent* Perbandingan berpasangan Antar Variabel dari Responden I.

Tabel 4. 13 Synthetic Extent Antar Variabel dari Responden I

	Si		
	l	m	u
K1	0.109	0.240	0.521
K2	0.023	0.071	0.180
K3	0.053	0.137	0.341
K4	0.191	0.371	0.700
K5	0.013	0.024	0.069
K6	0.048	0.112	0.276
K7	0.017	0.045	0.116

*Fuzzy syntethic extent* ini didapatkan dari persamaan di bawah ini :

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_i^j x \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j}$$

Dimana:

$$\sum_{j=1}^m M_i^j = \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j$$

Sedangkan,  $\frac{1}{\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i, \sum_{i=1}^m, \sum_{i=1}^n l_i}$

Misalnya kolom 1 baris K1 =  $2.54 \times \frac{1}{63.17} = 0.109$ .

Dilakukan perbandingan tingkat kemungkinan antar *fuzzy synthetic extent* dengan nilai minimumnya. Menghitung nilai vektor *Fuzzy (V)* Jika telah didapat nilai  $S_i$ , maka dapat didefinisikan sebagai nilai *vector (V)*. Dengan menggunakan ketentuan :

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup[\min(\mu_{M_1}(x), \min(\mu_{M_2}(y), ]$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & , \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & , \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - l_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{selain di atas} \end{cases}$$

Sehingga penghitungan K1 adalah :

K1

$$VsK1 \geq (VsK2, VsK3, VsK4, VsK5, VsK6, VsK7)$$

$$VsK1 \geq VsK2 = 1$$

$$VsK1 \geq VsK3 = 1$$

$$VsK1 \geq VsK4 = 0.715$$

$$VsK1 \geq VsK5 = 1$$

$$VsK1 \geq VsK6 = 1$$

$$VsK1 \geq VsK7 = 1$$

$$d'1 = 0.715$$

K2

$$VsK2 \geq (VsK1, VsK3, VsK4, VsK5, VsK6, VsK7)$$

$$VsK2 \geq VsK1 = 0.296$$

$$VsK2 \geq VsK3 = 0.656$$

$$\begin{aligned}
V_{sK2} \geq V_{sK4} &= 0.038 \\
V_{sK2} \geq V_{sK5} &= 1 \\
V_{sK2} \geq V_{sK6} &= 0.761 \\
V_{sK2} \geq V_{sK7} &= 1 \\
d'2 &= 0.038
\end{aligned}$$

K3

$$\begin{aligned}
V_{sK3} \geq (V_{sK1}, V_{sK2}, V_{sK4}, V_{sK5}, V_{sK6}, V_{sK7}) \\
V_{sK3} \geq V_{sK1} &= 0.694 \\
V_{sK3} \geq V_{sK2} &= 1 \\
V_{sK3} \geq V_{sK4} &= 0.391 \\
V_{sK3} \geq V_{sK5} &= 1 \\
V_{sK3} \geq V_{sK6} &= 1 \\
V_{sK3} \geq V_{sK7} &= 1 \\
d'3 &= 0.391
\end{aligned}$$

K4

$$\begin{aligned}
V_{sK4} \geq (V_{sK1}, V_{sK2}, V_{sK3}, V_{sK5}, V_{sK6}, V_{sK7}) \\
V_{sK4} \geq V_{sK1} &= 1 \\
V_{sK4} \geq V_{sK2} &= 1 \\
V_{sK4} \geq V_{sK3} &= 1 \\
V_{sK4} \geq V_{sK5} &= 1 \\
V_{sK4} \geq V_{sK6} &= 1 \\
V_{sK4} \geq V_{sK7} &= 1 \\
d'4 &= 1.000
\end{aligned}$$

K5

$$\begin{aligned}
V_{sK5} \geq (V_{sK1}, V_{sK2}, V_{sK3}, V_{sK4}, V_{sK6}, V_{sK7}) \\
V_{sK5} \geq V_{sK1} &= 0.230 \\
V_{sK5} \geq V_{sK2} &= 0.491 \\
V_{sK5} \geq V_{sK3} &= 0.120 \\
V_{sK5} \geq V_{sK4} &= 0.544 \\
V_{sK5} \geq V_{sK6} &= 0.191 \\
V_{sK5} \geq V_{sK7} &= 0.707 \\
d'5 &= 0.120
\end{aligned}$$

K6

$$VsK5 \geq (VsK1, VsK2, VsK3, VsK4, VsK5, VsK7)$$

$$VsK6 \geq VsK1 = 0.567$$

$$VsK6 \geq VsK2 = 1$$

$$VsK6 \geq VsK3 = 0.900$$

$$VsK6 \geq VsK4 = 0.247$$

$$VsK6 \geq VsK5 = 1$$

$$VsK6 \geq VsK7 = 1$$

$$d'6 = 0.247$$

K7

$$VsK7 \geq (VsK1, VsK2, VsK3, VsK4, VsK5, VsK6)$$

$$VsK7 \geq VsK1 = 0.036$$

$$VsK7 \geq VsK2 = 0.782$$

$$VsK7 \geq VsK3 = 0.406$$

$$VsK7 \geq VsK4 = 0.298$$

$$VsK7 \geq VsK5 = 1$$

$$VsK7 \geq VsK6 = 0.503$$

$$d'7 = 0.036$$

Setelah menentukan nilai vektor dan melakukan perbandingan tingkat kemungkinan antar *fuzzy synthetic extent* dengan nilai minimumnya (nilai ordinat). Hasil hasil setiap vektor di buat dalam bentuk matriks seperti Tabel 4.14 Nilai Ordinat Perbandingan Berpasangan Antar Variabel Risiko.

Tabel 4. 14 Nilai Ordinat Perbandingan Berpasangan Antar Variabel Risiko

	Si						
	k1≥	k2≥	k3≥	k4≥	k5≥	k6≥	k7≥
K1		0.296	0.694	1	0.230	0.567	0.036
K2	1		1	1	0.491	1	0.782
K3	1	0.656		1	0.120	0.900	0.406
K4	0.715	0.038	0.391		0.544	0.247	0.298
K5	1	1	1	1		1	1
K6	1	0.761	1	1	0.191		0.503
K7	1	1	1	1	0.707	1	
minimum	0.715	0.038	0.391	1.000	0.120	0.247	0.036

Selanjutnya dari setiap vektor dicari nilai minimum untuk setiap kriteria. Misalnya pada kolom kriteria pertama nilai minimum dari vektor K1 terhadap vektor K2, K3, K4, K5 adalah 1, 1, 0.715, 1, 1 dan 1 sehingga nilai minimumnya adalah 0.715.

Menghitung nilai bobot vektor ( $w'$ ). Kemudian dilakukan perhitungan bobot dan normalisasi vektor bobot sehingga diketahui nilai bobot variabel utama. Perhitungan dari setiap nilai ordinat tiap kriteria pengambilan keputusan di jumlahkan.

Tabel 4. 15 Vektor Bobot Antar Variabel Utama

	d(K1)	d(K2)	d(K3)	d(K4)	d(K5)	d(K6)	d(K7)	total
$w'$	0.715	0.038	0.391	1.000	0.120	0.247	0.036	2.546

Normalisasi nilai bobot vektor *Fuzzy* ( $W$ )

Normalisasi nilai bobot vektor dilakukan dengan cara membagi tiap ordinat kriteria dengan total ordinat kriteria. Contohnya untuk  $K1 = 0.715/2.546=0.281$

Tabel 4.16 Tabel Normalisasi Vektor Bobot Antar Variabel Utama

	(K1)	(K2)	(K3)	(K4)	(K5)	(K6)	(K7)
$w$	0.281	0.015	0.153	0.393	0.047	0.097	0.014

Perankingan bobot kriteria. Perankingan atau pengurutan dilakukan dengan mengurutkan bobot variabel risiko sesuai dengan besaran bobotnya mulai dari yang paling besar ke yang paling kecil. Sehingga didapatkan seperti yang tertulis pada Tabel 4.17 Perankingan atribut kriteria berdasarkan responden I.

Tabel 4.17 Perankingan atribut kriteria berdasarkan responden I

	kode	w	rank
personil	R1	0.281	2
tek.design	R2	0.015	6
Pritn Mtrl	R3	0.153	3
keselamatan	R4	0.393	1
tek. Konst	R5	0.047	5
alami	R6	0.097	4
sosial	R7	0.014	7

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa variabel dengan bobot terbesar yaitu 0.393 adalah keselamatan, selanjutnya urutan kedua adalah variabel risiko personil dengan bobot 0.281. Variabel urutan ketiga adalah risiko perakatan dan

material dengan bobot 0.153, dan pada urutan keempat adalah variabel risiko alamidengan bobot 0.097. variabel kelima adalah risiko teknologi konstruksi dengan bobot 0.047, keenam adalah variabel risiko teknologi desain dengan bobot 0.015 dan terakhir adalah variabel risiko sosial dengan bobot 0.014.

Perhitungan diatas di dapatkan dari hasil pembobotan oleh responden 1 sedangkan untuk responden lainnya perhitungan terdapat pada lampiran 4 sampai dengan lampiran 16 mengenai pembobotan.

#### **4.4.4 Sub Variabel risiko *Pairwise-Comparision* Setiap Responden**

Setelah melakukan perhitungan *fuzzy* untuk variabel risiko, langkah berikutnya adalah menganalisa bagian sub variabel untuk mengetahui besaran bobot setiap sub variabel terhadap variabel risikonya. Langkah pertama yang dilakukan akan sama seperti analisa variabel risiko yang dijelaskan pada sub bab 4.4.2 mengenai proses analisa variabel risiko. Untuk mengetahui apakah hasil kuisisioner yang diisi responden telah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan, maka perlu diperiksa apakah hasil jawabannya telah konsisten atau belum. Pada subbab ini, hanya ditampilkan beberapa contoh perhitungan saja, keseluruhan jawaban akan ditampilkan dalam lampiran 4 sampai dengan lampiran 16 mengenai pembobotan risiko. Berikut adalah penghitungan dengan responden Expert nomor 1 (PM atau kepala proyek) pada penilaian terhadap besarnya pengaruh sebuah faktor sub risiko yang telah diubah dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan.

Menurut Saaty (1994), langkah awal untuk menentukan susunan prioritas elemen adalah menyusun perbandingan berpasangan. Tabel skala perbandingan tingkat kepentingan dapat dilihat pada tabel 4. 18 Tingkat kepentingan.

Tabel 4. 19 Tingkat kepentingan

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh sama besar
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya	Pengalaman dan penilaian dengan kuat menyokong satu elemen dibanding elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam kenyataan
9	Satu elemen mutlak lebih penting dari elemen lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang menguatkan
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai di antara dua pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua komponen di antara dua pilihan

Sumber : Saaty (1994)

Dengan menggunakan tabel hasil kuisionier mengenai perbandingan antar sub variabel menurut responden 1.

Tabel 4. 20 Hasil kuisionier terhadap penilaian responden I

No	Sub Variabel Risiko	Expert 1	
		Penting	bobot
1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	1	5
	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).		
2	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	1	3
	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.		
3	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	1	8
	Kegagalan sistem teknologi internal		
4	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	1	2
	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.		
5	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	1	5
	Kegagalan sistem teknologi internal		
6	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	1	7
	Kegagalan sistem teknologi internal		

Setelah mendapatkan hasil kuesioner, diubah ke dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan. Adapun langkah-langkah proses analisa metode *Fuzzy – Pairwise Comparision* pada hasil kuisisionier dengan *Project Manager* proyek I.

Memperhatikan variabel mana yang dianggap lebih penting. Memberi nilai di sel pada perbandingan variabel yang dimaksud, bila lebih penting variabel pertama (1), maka langsung diisi dengan nilai yang tertera dalam kuisisionier. Lain halnya bila yang lebih penting fariabel kedua (2), maka angka yang dimasukkan dalam sel adalah nilai  $1/n$  dari nilai kuesioner. Sebelum melakukan hal tersebut, harus di buat terlebih dahulu matriks perbandingan berpasangan sesuai banyaknya variabel yang akan dibandingkan. Pada variabel risiko pelaksanaan ini terdapat 4 sub variabel yang berasal dari variabel risiko personil ( internal) yang dibandingkan satu sama lainnya, sehingga akan terdapat matriks perbandingan berpasangan dengan jumlah kolom 4 dan jumlah baris 4. Dengan kode penomoran baris dan kolom sesuai dengan lampiran mengenai kode sub variabel risiko. Jawaban dimasukkan dengan posisi sesuai dengan kolom dan baris setiap variabel risiko yang dibandingkan seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 21 Rekapitulasi hasil penilaian kuisisionier

	s1	s2	s3	s4
s1	1	5	3	8
s2		1	2	5
s3			1	7
s4				1

Nilai hasil kuesioner hanya dimasukkan dalam sel dengan posisi di atas sel diagonal berwarna merah, sel-sel di bawah sel diagonal merah merupakan nilai  $1/n$  dari sel dengan variabel pembanding yang sama. Contoh: jawaban no.1 sub variabel 1 dianggap lebih penting dengan bobot 5, maka pada baris s1 dan kolom s2. Sehingga pada sel tersebut dimasukkan nilai 5. Jawaban no.2 variabel pertama dianggap lebih penting dengan bobot 3, maka pada baris s1 kolom s3 dimasukkan angka 3.

Tabel 4. 22 *Pairwise* Sub Variabel Risiko Pesonil Responden I

	<b>s1</b>	<b>s2</b>	<b>s3</b>	<b>s4</b>
<b>s1</b>	1.00	5.00	3.00	8.00
<b>s2</b>	0.20	1.00	2.00	5.00
<b>s3</b>	0.33	0.50	1.00	7.00
<b>s4</b>	0.13	0.20	0.14	1.00

Untuk semua sel pada sisi bagian bawah sel diagonal merah diisi dengan  $=1/n$  pada sel yang berlawanan. Misalnya pada jawaban perta sel baris s1 dan kolom s2 berisi 5, sehingga untuk sel yang berlawanan yang terletak dibawah sel diagonal merah yaitu baris s2 desain dan kolom s1 diisi dengan  $1/5 = 0.20$ . hal yang sama dilakukan untuk semua sel yang ada seperti terlihat pada Tabel 4.20 mengenai Perbandingan Berpasangan Sub Variabel risiko responden I.

Menjumlahkan masing – masing kolom

Tabel 4. 23 Kolom Penilaian Sub Variabel Risiko Personil Oleh Responden I

	<b>s1</b>	<b>s2</b>	<b>s3</b>	<b>s4</b>
<b>s1</b>	1.00	5.00	3.00	8.00
<b>s2</b>	0.20	1.00	2.00	5.00
<b>s3</b>	0.33	0.50	1.00	7.00
<b>s4</b>	0.13	0.20	0.14	1.00
<b>jumlah</b>	1.66	6.70	6.14	21.00

Pada setiap kolom sub variabel risiko dilakukan penjumlahan. Misalnya untuk kolom S1 didapatkan jumlah 1.66 dari penjumlahan  $1+ 0.20+ 0.33+ 0.13$ . Hal yang sama dilakukan terhadap setiap kolom yang ada untuk mengetahui jumlah penilaian bobot terhadap variabel risiko tersebut.

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi guna menyederhanakan nilai menjadi bilangan desimal dengan nilai antara 0 sampai 1 yang memberi informasi besaran pengaruhnya sebuah sub variabel terhadap variabel risiko tersebut. Proses pengerjaan normalisasi adalah membandingkan nilai dengan total nilai, dilakukan dengan pembagi setiap angka dalam kolom dengan total dari setiap kolom matriks, kemudian nilai bobot adalah nilai rata-rata dari nilai kolom personil hingga kolom sosial.

Tabel 4. 24 Normalisasi Matriks sub variabel personil responden I

	s1	s2	s3	s4	jumlah
s1	0.60	0.75	0.49	0.38	2.22
s2	0.12	0.15	0.33	0.24	0.83
s3	0.20	0.07	0.16	0.33	0.77
s4	0.08	0.03	0.02	0.05	0.18
jumlah	1.00	1	1	1	4.00

Contoh perhitungan normalisasi:

Normalisasi baris ps1 kolom s1 :  $1/1.66 = 0.60$

Normalisasi baris s3 pkolom s4 :  $7.00/21.00=0.33$

Contoh perhitungan jumlah:

jumlah baris personil  $= (0.60+0.75+0.49+0.38) = 2.22$

Jumlah dari setiap baris di bagi dengan total jumlah semua baris.

Contoh perhitungan vektor prioritas :

Vektor prioritas personil=  $(2.22/4) = 0.55$

Dilakukan pada setiap baris sehingga mendapatkan bobot untuk semua sub variabel risiko. Dapat dilihat pada tabel 4.24 vektor prioritas kriteria responden I.

Tabel 4. 25 Vektor Prioritas Kriteria Responden I

Vektor Prioritas
0.55
0.21
0.19
0.04

Selanjutnya menghitung Rasio Konsistensi (CR). Matriks perbandingan berpasangan dikalikan dengan vektor prioritas. Vektor baru hasil pengalian tersebut dinyatakan sebagai vektor jumlah bobot.

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 & 8 \\ 0.2 & 1 & 2 & 5 \\ 0.33 & 0.50 & 1 & 7 \\ 0.13 & 0.20 & 0.14 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.55 \\ 0.21 \\ 0.19 \\ 0.04 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.53 \\ 0.93 \\ 0.79 \\ 0.18 \end{bmatrix}$$

Entri dari vektor jumlah bobot dibagi dengan entri yang berpasangan dari vektor prioritas dan dinyatakan hasilnya sebagai bobot prioritas.

$$\begin{aligned} \text{Bobot prioritas} &= \left[ \frac{2.53}{0.55} \quad \frac{0.93}{0.21} \quad \frac{0.79}{0.19} \quad \frac{0.18}{0.04} \right] \\ &= [4.56 \quad 4.44 \quad 4.10 \quad 4.15] \end{aligned}$$

Menghitung rata-rata dari nilai pada langkah b di atas, dan hasilnya dinotasikan dengan  $\lambda_{\text{maks}}$

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{maks}} &= (4.56 + 4.44 + 4.10 + 4.15) / 4 \\ &= 4.310 \end{aligned}$$

Menghitung *Consistency Index* (CI) dengan rumus sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1}$$

Dengan:

$\lambda_{\text{maks}}$  = Nilai Eigen Vektor Maksimum,  $n$  = Ukuran Matrik.

Sehingga di dapat :

$$\begin{aligned} CI &= \frac{4.310 - 4}{4 - 1} \\ &= 0.103 \end{aligned}$$

Menghitung *Consistency Ratio* (CR) dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CR &= \frac{CI}{RI} \\ &\text{RI, dengan RI} = RI = 1.98(n-2)/n \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

#### 4.4.5 Sub Variabel Risiko Metode *Fuzzy - Pairwise* Setiap Responden

Menurut Saaty (1994), jika  $CR \leq 10\%$  maka matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten. Konsisten artinya semua elemen telah dikelompokkan secara homogen dan relasi antara kriteria saling membenarkan secara logis. Setelah matriks dinyatakan konsisten langkah selanjutnya adalah

mengubah matriks perbandingan kedalam angka *fuzzy*. Sehingga proses konversi perbandingan matriks ke *Fuzzy - Pairwise* sebagai berikut:

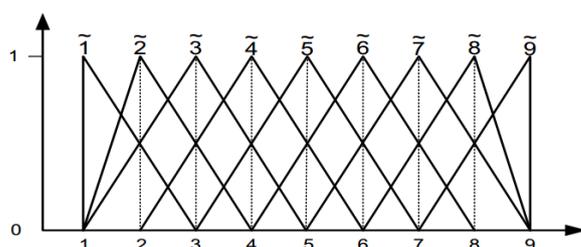
Proses konversi matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* dimulai dengan penilai dari hasil kuisionier di ubah menjadi matriks perbandingan berpasangan seperti tahapan di atas dan dikonversi menjadi matriks perbandingan *fuzzy* dengan ketentuan seperti pada tabel 4.25 Fuzifikasi terhadap skala ke skala *fuzzy*.

Tabel 4. 26 Fuzifikasi Terhadap Skala ke Skala *Fuzzy*

Skala AHP	Skala Fuzzy	Invers Skala Fuzzy
1	$\tilde{1} = (1,1,1) =$ jika diagonal $\tilde{1} = (1,1,3) =$ selainnya	(1/3, 1/1, 1/1)
3	$\tilde{3} = (1,3,5)$	(1/5, 1/3, 1/1)
5	$\tilde{5} = (3,5,7)$	(1/7, 1/5, 1/3)
7	$\tilde{7} = (5,7,9)$	(1/9, 1/7, 1/5)
9	$\tilde{9} = (7,9,9)$	(1/9, 1/9, 1/7)
2	$\tilde{2} = (1,2,4)$	(1/4, 1/2, 1/1)
4	$\tilde{4} = (2,4,6)$	(1/6, 1/4, 1/2)
6	$\tilde{6} = (4,6,8)$	(1/8, 1/6, 1/4)
8	$\tilde{8} = (6,8,9)$	(1/9, 1/8, 1/6)

Sumber :M.L. Chuang, J.H.Liou (2008)

Gambar grafik Fuzzifikasi skala ke TFN dapat digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 4 Fuzzifikasi Skala ke TFN

Grafik fuzzifikasi skala pairwise diatas dapat menjelaskan fungsi keanggotaan antra 0-1 pada setiap skala . Misalnya untuk skala pairwise yang memiliki bobot 5 maka TFN akan menjadi (3, 5, 7). Sehingga dari hasil kuisionier di susun perbandingan dan dari matriks perbandingan berpasangan kita ubah menjadi matriks perbandingan fuzzy dengan cara mengkonversi skala menjadi TFN (*triangular fuzzy number*). Maka dari matriks perbandingan berpasangan di

konversi dengan TFN di dapat tabel perbandingan berpasangan *fuzzy* seperti di bawah ini.

Tabel 4. 27 *Pairwise Fuzzy* Antar Sub Variabel dari Responden I

	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1	1	1	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	6.00	8.00	9.00
s2	0.14	0.20	0.33	1	1	1	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00
s3	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	1	1	1	5.00	7.00	9.00
s4	0.11	0.13	0.17	0.14	0.20	0.33	0.11	0.14	0.20	1	1	1

Konversi dilakukan dengan melihat penilaian dari responden pada perbandingan berpasangan dan menggubah menjadi TFN (*triangular fuzzy number*) sesuai dengan acuan tabel 4.25 Fuzifikasi terhadap skala ke skala *fuzzy*.

Menghitung nilai  $\sum_{j=1}^m \sum_{gi}^1 = (\sum_{j=1}^m lj, \sum_{j=1}^m mj, \sum_{j=1}^m uj)$  dengan operasi penjumlahan pada tiap - tiap bilangan *triangular fuzzy* pada setiap barisnya.

Tabel 4. 28 Jumlah baris Sub Variabel Risiko Personil dari Responden I

jumlah baris		
l	m	u
11.00	17.00	22.00
5.14	8.20	12.33
6.45	8.83	12.00
1.37	1.47	1.70
23.96	35.5	48

Misalnya pada kolom pertama baris pertama (l) merupakan penjumlahan dari  $1+3+1+6= 11$

Menghitung nilai  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]$  dengan operasi penjumlahan untuk keseluruhan bilangan *triangular fuzzy* dalam matriks perbandingan berpasangan.

$$\left[ \begin{array}{ccc} l & m & u \\ 23.96 & 35.5 & 48 \end{array} \right]$$

Contoh :  $l= 11+ 5.14+ 6.45+ 1.37= 23.96$

Dari matriks perbandingan berpasangan, selanjutnya dihitung nilai *fuzzy syntethic extent* untuk tiap kriteria utama sebagai berikut :

Tabel 4. 29 *Synthetic Extent* Sub Variabel Risiko Personil dari Responden I

	Si		
	l	m	u
K1	0.229	0.479	0.918
K2	0.107	0.231	0.515
K3	0.134	0.249	0.501
K4	0.028	0.041	0.071

*Fuzzy synthetic extent* ini didapatkan dari persamaan di bawah ini :

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_i^j \times \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j}$$

Dimana:

$$\sum_{j=1}^m M_i^j = \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j$$

Sedangkan,  $\frac{1}{\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i, \sum_{i=1}^m, \sum_{i=1}^n u_i}$

Misalnya kolom l baris K1 =  $11 \times \frac{1}{48} = 0.229$ .

Dilakukan perbandingan tingkat kemungkinan antar *fuzzy synthetic extent* dengan nilai minimumnya. Menghitung nilai vektor *Fuzzy (V)* Jika telah didapat nilai *Si*, maka dapat didefinisikan sebagai nilai *vector (V)*. Dengan menggunakan ketentuan :

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup[\min(\mu_{M_1}(x), \min(\mu_{M_2}(y), ]$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & , \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & , \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - l_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{selain di atas} \end{cases}$$

Sehingga penghitungan K1 adalah :

K1

$$VsK1 \geq (VsK2, VsK3, VsK4, VsK5)$$

$$VsK1 \geq VsK2 = 1$$

$$VsK1 \geq VsK3 = 1$$

$$VsK1 \geq VsK4 = 1$$

$$d'1 = 1.000$$

K2

$$VsK2 \geq (VsK1, VsK3, VsK4, VsK5)$$

$$VsK2 \geq VsK1 = 0.536$$

$$VsK2 \geq VsK3 = 0.955$$

$$VsK2 \geq VsK4 = 1.000$$

$$d'2 = 0.536$$

K3

$$VsK3 \geq (VsK1, VsK2, VsK4, VsK5)$$

$$VsK3 \geq VsK1 = 0.542$$

$$VsK3 \geq VsK2 = 1$$

$$VsK3 \geq VsK4 = 1$$

$$d'3 = 0.542$$

K4

$$VsK4 \geq (VsK1, VsK2, VsK3, VsK5)$$

$$VsK4 \geq VsK1 = 0.566$$

$$VsK4 \geq VsK2 = 0.235$$

$$VsK4 \geq VsK3 = 0.439$$

$$d'4 = 0.235$$

Setelah menentukan nilai vektor dan melakukan perbandingan tingkat kemungkinan antar *fuzzy synthetic extent* dengan nilai minimumnya (nilai ordinat).

Hasil hasil setiap vektor di buat dalam bentuk matriks seperti dibawah ini :

Tabel 4. 30 Nilai Ordinat Sub Variabel Risiko Personil

	Si			
	k1≥	k2≥	k3≥	k4≥
K1		0.536	0.542	0.566
K2	1		1	0.235
K3	1	0.955		0.439
K4	1	1.000	1	
minimum	1.000	0.536	0.542	0.235

Selanjutnya dari setiap vektor dicari nilai minimum untuk setiap kriteria. Misalnya pada kolom kriteria pertama nilai minimum dari vektor K1 terhadap vektor K2, K3, K4, adalah 1, 1, 1, dan 1 sehingga nilai minimumnya adalah 1.

Menghitung nilai bobot vektor (w'). Kemudian dilakukan perhitungan bobot dan normalisasi vektor bobot sehingga diketahui nilai bobot variabel utama.

Perhitungan dari setiap nilai ordinat tiap kriteria pengambilan keputusan di jumlahkan.

Tabel 4. 31 Vektor Bobot Antar Sub Variabel Risiko Personil

	d(K1)	d(K2)	d(K3)	d(K4)	total
w'	1.000	0.536	0.542	0.235	2.312

Normalisasi nilai bobot vektor *Fuzzy* (W)

Normalisasi nilai bobot vektor dilakukan dengan cara membagi tiap ordinat kriteria dengan total ordinat kriteria. Contohnya untuk K1 =  $1/2.312 = 0$

Tabel 4. 32 Tabel Normalisasi Vektor Sub Variabel Bobot Risiko Personil

	(K1)	(K2)	(K3)	(K4)
w	0.432	0.232	0.234	0.102

Perankingan bobot sub variabel risiko personil dari responden I. Perankingan atau pengurutan di lakukan dengan mengurutkan bobot sub variabel risiko sesuai dengan besaran bobotnya mulai dari yang paling besar ke yang paling kecil. Sehingga di dapatkan seperti tabel Tabel 4.32 Perankingan atribut kriteria berdasarkan responden I.

Tabel 4.33 Perankingan atribut kriteria berdasarkan responden I

kode	w	rank
s1	0.432	1
s2	0.232	3
s3	0.234	2
s4	0.102	4

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sub variabel dengan bobot terbesar yaitu 0.432 adalah sub variabel kode s1 mengenai Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi) . Urutan kedua adalah Sub variabel risiko kode s3 tentang pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan dalam variabel risiko personil dengan bobot 0.234. Sub variabel urutan ketiga adalah dengan kode s2 tentang kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen) dengan bobot 0.232 , dan pada urutan keempat adalah s4 mengenai kegagalan sistem teknologi internal bobot 0.102.

## 4.5 Analisis Metode Fuzzy Pairwise Secara Berkelompok

Untuk mencari satu hasil akhir dari penilaian kesembilan responden maka perlu dicari rata-rata geometrik penilaian para responden dengan metode :

$$a_w = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana :

$a_w$  = Penilaian gabungan (akhir)

$a_i$  = Penilaian responden ke-i

n = Banyak responden

setelah  $a_w$  didapat untuk setiap sel, dibentuk sebuah matriks perbandingan dan kemudian dicari bobot prioritasnya.

### 4.5.1 Variabel Metode Fuzzy Berdasarkan Semua Responden

Berikut contoh proses dan hasil matriks rata-rata perbandingan berpasangan antara variabel risiko, untuk proses dan hasil matriks rata-rata geometrik perbandingan berpasangan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4 sampai dengan lampiran 16 mengenai pembobotan. Rata-rata penilaian matriks perbandingan berpasangan antar variabel risiko diperoleh dari menghitung rata-rata hasil penilaian perbandingan berpasangan antar variabel tersebut.

Matriks penilaian perbandingan berpasangan *Fuzzy* antar variabel hasil penilaian pada kuisisioner menurut responden pembobotan I-IX dilihat pada lampiran 4 sampai dengan lampiran 16 mengenai pembobotan. Dari kesembilan matriks perbandingan tersebut dapat diperoleh rata-rata penilaian antar variabel risiko, contoh perhitungan rata-rata perbandingan berpasangan antar kriteria dari semua reponden.

Pada baris teknologi desain kolom personil 1 :

- Reponden 1 memberi penilaian : 0.14
- Reponden 2 memberi penilaian : 0.11
- Reponden 3 memberi penilaian : 0.11
- Reponden 4 memberi penilaian : 4.00
- Reponden 5 memberi penilaian : 1.00
- Reponden 6 memberi penilaian : 3.00
- Reponden 7 memberi penilaian : 0.13

Reponden 8 memberi penilaian : 0.25

Reponden 9 memberi penilaian : 0.20

$$a_w = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}$$

$$a_{21} = \sqrt[69]{0.14 \times 0.11 \times 0.11 \times 4 \times 1 \times 3 \times 0.13 \times 0.25 \times 0.20}$$

$$a_{21} = 0.371$$

Sehingga dari perhitungan di atas didapatkan matriks perbandingan berpasangan antar variabel risiko keseluruhan dapat terlihat pada tabel 4.33 matriks perbandingan berpasangan antar variabel hasil gabungan responden.

Tabel 4. 34 Matriks Antar Variabel Hasil Gabungan Responden

	personil			tek.design			Prltn Mtrl			keselamatan			tek. Konst			alami			sosial		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
personil	1.00	1.00	1.00	1.01	1.66	2.70	0.61	1.22	2.37	0.50	0.83	1.47	0.92	1.91	3.32	1.22	2.62	4.39	1.95	3.95	6.05
tek.design	0.37	0.60	0.99	1.00	1.00	1.00	0.27	0.43	0.81	0.33	0.67	1.20	0.70	1.33	2.66	0.48	0.87	1.62	1.35	2.66	4.48
Prltn Mtrl	0.42	0.82	1.65	1.24	2.31	3.74	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	2.62	4.64	1.88	4.02	6.01	1.19	2.09	3.63
keselamatan	0.68	1.20	2.01	0.83	1.50	3.02	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	0.76	1.44	2.62	0.94	1.88	3.20	1.02	2.08	3.71
tek. Konst	0.30	0.52	1.09	0.38	0.75	1.43	0.22	0.38	1.00	0.38	0.69	1.31	1.00	1.00	1.00	0.52	0.98	1.85	0.49	1.00	2.10
alami	0.23	0.38	0.82	0.62	1.15	2.09	0.17	0.25	0.53	0.31	0.53	1.07	0.54	1.03	1.91	1.00	1.00	1.00	0.97	1.99	3.44
sosial	0.17	0.25	0.51	0.22	0.38	0.74	0.28	0.48	0.84	0.27	0.48	0.98	0.48	1.00	2.04	0.29	0.50	1.03	1.00	1.00	1.00

Dari matriks di atas dapat dibuat rata-rata nilai geometriks dari penilaian perbandingan berpasangan kriteria keseluruhan. Hal tersebut dilakukan dengan persamaan

$$\tilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n d_{ij} \right)^{1/n}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga untuk baris personil} &= (1 \times 1.01 \times 0.61 \times 0.50 \times 0.92 \times 1.22 \times 1.95)^{\frac{1}{7}} \\ &= 0.542781 \end{aligned}$$

Tabel 4. 35 Rata-rata Geometrik Antar Variabel hasil Gabungan Responden

	rata rata geometrik		
	$\bar{r}$		
personil	0.94	1.65	2.61
tek.design	0.55	0.91	1.52
Prltn Mtrl	0.77	1.35	2.14
keselamatan	1.03	1.75	2.79
tek. Konst	0.42	0.72	1.35
alami	0.45	0.74	1.30
sosial	0.32	0.53	0.94
total	4.49	7.66	12.66
reserve (pow of-1)	0.22	0.13	0.08
increasing order	0.08	0.13	0.22

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai total masing-masing kolom rata-rata geometrik *fuzzy* dengan cara menjumlahkan seluruh nilai vektor  $\bar{r}$ . Langkah berikutnya adalah mengitung *reserve(pow of-1)* dengan pangkat dari penjumlahan vektor dan selanjutnya diubah ke bilangan triangular. Setelah mendapatkan hasil *reserve(pow of-1)* melakukan pembobotan *fuzzy* dari kriteria ke i (kalikan setiap jumlah  $\bar{r}$  dengan vektor kebalikannya). Sehingga didapatkan tabel 4.35 Bobot *Fuzzy* antar Variabel hasil gabungan responden.

Tabel 4. 36 Bobot Fuzzy antar Variabel hasil gabungan responden

	bobot fuzzy		
	$\hat{w}$		
personil	0.07	0.216	0.5812
tek.design	0.04	0.119	0.3381
Prltn Mtrl	0.06	0.177	0.4771
keselamatan	0.08	0.229	0.6213
tek. Konst	0.03	0.094	0.2993
alami	0.04	0.096	0.2901
sosial	0.03	0.069	0.2096

Karena nilai bobot ( $\hat{w}$ ) masih dalam bentuk bilangan triangular maka perlu dicari nilai tengah (*center of area*) menggunakan persamaan :

$$M_i = \frac{lwi+mwi+uwi}{3}$$

Tabel 4. 37 Perankingan bobot antar Variabel risiko hasil gabungan responden

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	$\hat{w}$					
personil	0.07	0.216	0.5812	0.3	0.209	2
tek.design	0.04	0.119	0.3381	0.2	0.120	4
Prltn Mtrl	0.06	0.177	0.4771	0.2	0.171	3
keselamatan	0.08	0.229	0.6213	0.3	0.223	1
tek. Konst	0.03	0.094	0.2993	0.1	0.102	5
alami	0.04	0.096	0.2901	0.1	0.101	6
sosial	0.03	0.069	0.2096	0.1	0.073	7

$M_i$  merupakan bilangan non *fuzzy* sehingga perlu dilakukan normalisasi ( $N_i$ ) Langkah tersebut juga dilakukan terhadap nilai setiap alternatif terhadap setiap kriteria dari penilaian berkelompok semua responden. Sehingga setelah di dapatkan bobot untuk kriteria secara berkelompok menggunakan metode *fuzzy pairwise* harus dilakukan juga analisa sub variabel risiko metode berdasarkan penilaian berkelompok.

#### 4.5.2 Proses Analisa Sub Variabel Metode Fuzzy Semua Responden

Didapatkan bobot untuk variabel terhadap setiap sub variabel risiko dengan cara analisa yang sama seperti pada analisa variabel. Untuk setiap analisa dapat dilihat pada lampiran. Untuk itu pada akhir analisa variabel risiko terhadap setiap Subvariabel menggunakan penilaian berkelompok akan di dapat hasil bobot rata-rata dan normalisasi setiap sub variabel risiko.

Tabel 4. 38 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Untuk Sub variabel Risiko Personil

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	w̄					
s1	0.12	0.304	0.6989	0.4	0.29	1
s2	0.11	0.286	0.6958	0.4	0.29	2
s3	0.1	0.25	0.6552	0.3	0.26	3
s4	0.07	0.16	0.3705	0.2	0.16	4

Tabel 4. 39 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Untuk Sub variabel Risiko Teknologi Desain

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	w̄					
s5	0.27	0.422	0.6834	0.5	0.43	2
s6	0.36	0.578	0.8934	0.6	0.57	1

Tabel 4. 40 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Untuk Sub Risiko Peralatan dan Material

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	w̄					
s7	0.04	0.118	0.3488	0.2	0.12	3
s8	0.02	0.054	0.167	0.1	0.06	6
s9	0.09	0.232	0.5727	0.3	0.22	1
s10	0.03	0.088	0.2698	0.1	0.1	5
s11	0.04	0.109	0.3086	0.2	0.11	4
s12	0.01	0.032	0.0925	0	0.03	10
s13	0.01	0.036	0.1141	0.1	0.04	9
s14	0.02	0.048	0.1397	0.1	0.05	7
s15	0.02	0.04	0.1205	0.1	0.04	8
s16	0.07	0.213	0.5206	0.3	0.2	2
s17	0.01	0.029	0.087	0	0.03	11

Tabel 4. 41 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Untuk Sub variabel Risiko Keselamatan

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	w̄					
s18	0.59	0.824	1.1266	0.8	0.82	1
s19	0.13	0.176	0.2515	0.2	0.18	2

Tabel 4. 42 Bobot Rata Rata dan Normalisasi Untuk Sub variabel Risiko Alami (Eksternal)

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	w					
s21	0.11	0.274	0.6838	0.4	0.28	2
s22	0.17	0.404	0.9238	0.5	0.39	1
s23	0.08	0.206	0.5466	0.3	0.22	3
s24	0.05	0.117	0.2972	0.2	0.12	4

Hasil pembobotan diatas dapat memberikan penilaian gabungan dari setiap sub variabel terhadap semua variabel risiko yang ada. Selain itu juga dilakukan perankingan untuk memudahkan melihat urutan sub variabel risiko berdasarkan tingkat kepentingannya. Misalnya pada tabel bobot rata - rata dan normalisasi setiap sub variabel untuk variabel risiko alami di dapatkan urutan sub variabel peringkat pertama adalah s22 yaitu risiko kondisi lapangan yang tidak diinginkan (ketidak stabilan pasokan air, listrik, dsb) dengan bobot 0.28 dari bobot keseluruhan variabel risiko alami. Sehingga di perlukan perhitungan untuk mengetahui bobot global dari setiap sub variabel risiko terhadap variabel risiko yang ada.

#### 4.6 Rekapitulasi Pembobotan Risiko dan Sub Risiko

Untuk mengetahui seberapa besar bobot sub risiko terhadap bobot risiko keseluruhan maka dilakukan pengalihan antra setiap bobot sub variabel terhadap variabel risikonya. Sehingga didapatkan rekapitulasi pembobotan risiko dan sub risiko yang akan digunakan dalam penilaian evaluasi risiko dengan metode *weighted fuzzy analysis* adalah ditunjukkan oleh tabel mengenai rekapitulasi pembobotan risiko dan sub risiko.

Tabel 4. 43 Rekapitulasi Pembobotan Risiko dan Sub Risiko.

Kode	Jenis Risiko	Bobot	Bobot Global
	Internal (Risiko Personil)	0.210	
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.290	0.061
s2	Kualitas dari personil manajemen	0.290	0.061

	(termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).		
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.260	0.055
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.160	0.034
Risiko Teknologi Desain		0.120	
s5	Penyimpangan desain dari konstruksi	0.430	0.052
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.570	0.068
Risiko Peralatan dan Material		0.171	
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.120	0.021
s8	Pembatasan transportasi lokal	0.060	0.010
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.220	0.038
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.100	0.017
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.110	0.019
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.030	0.005
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi	0.040	0.007
s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.050	0.009
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.040	0.007
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.200	0.034
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.030	0.005
Risiko Keselamatan		0.223	
s18	Kecelakaan di site	0.820	0.183
s19	Cedera di site	0.180	0.040
Risiko teknologi konstruksi		0.102	
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	0.102
Risiko Eksternal ( Risiko Alami)		0.101	
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.280	0.028
s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.390	0.038
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.220	0.022
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.120	0.012
Risiko Sosial		0.073	
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	0.073

Sumber : Olahan Penulis ( 2020)

Dari tabel rekapitulasi di atas dapat dilihat bahwa bobot *global* yang di dapatkan nantinya akan digunakan dalam analisa evaluasi risiko. Yang berikutnya setiap bobot akan dikalikan dengan penilaian tiap responden berdasarkan penilaian pada setiap proyek objek penelitian yang ditinjau.

#### 4.7 Penilaian Evaluasi Risiko

Pada tahapan ini penilaian dilakukan oleh responden penelitian yang memberikan tanggapan mengenai risiko proyek yang pernah mereka kerjakan. Penilaian tersebut dilakukan oleh responden dengan memberikan penilaian terhadap risiko pelaksanaan yang terjadi dilapangan. Pemberian nilai dilakukan dengan menggunakan skala likert sebagai berikut :

Tabel 4. 44 Skala Kemungkinan kejadian ( *Probability* )

Skala	<i>Probability</i>	Kriteria
1	Sangat Rendah	Sangat tidak mungkin/ hampir mustahil ( 0-10%)
2	Rendah	Kecil kemungkinan, tapi tidak mustahil (10-30%)
3	Sedang	Kemungkinan terjadi (30-50%)
4	Tinggi	Kemungkinan sering terjadi ( 50-90%)
5	Sangat Tinggi	Hampir pasti terjadi (> 90%)

Sumber : Olahan penulis (2020)

Tabel 4. 45 Skala Dampak Risiko ( *Impact* )

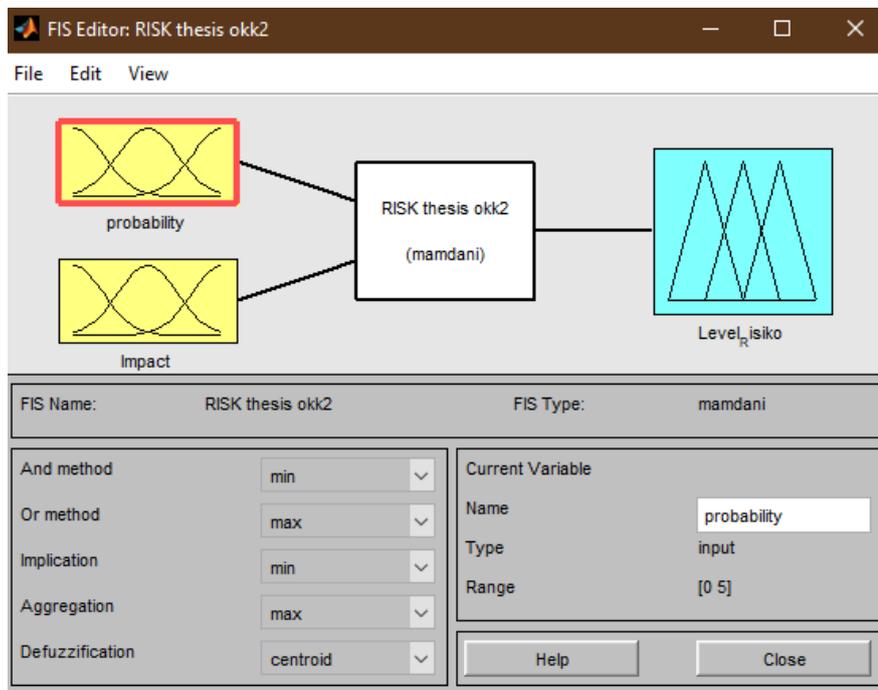
Skala	<i>Impact</i>	Kriteria
1	Sangat Rendah/ tidak signifikan	Dampaknya dapat ditangani pada tahapan kegiatan rutin. Kerugian kurang material dan tidak mempengaruhi stakeholders.
2	Rendah	Mengancam efisiensi dan efektivitas pekerjaan beberapa aspek program. Kerugian kurang material dan sedikit mempengaruhi stakeholder
3	Sedang	Mengganggu administrasi program. Kerugian keuangan cukup besar.

4	Tinggi	Mengancam fungsi program yang efektif kerugian yang besar bagi keuangan.
5	Sangat Tinggi	Mengancam program dan organisasi serta stakeholder. Kerugian keuangan yang sangat besar.

Sumber : Olahan penulis (2020)

#### 4.7.1 Memodelkan Risiko Dengan Fuzzy

Pada tahapan ini penulis menggunakan alat bantu *software* untuk melakukan analisa risiko. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat pemodelan risiko dengan menetapkan input dan output. Pada penelitian ini yang menjadi variabel masukan adalah *probability* dan *Impact* sedangkan sebagai variabel keluaran adalah *level* risiko. Yang dapat digambarkan seperti di bawah ini :



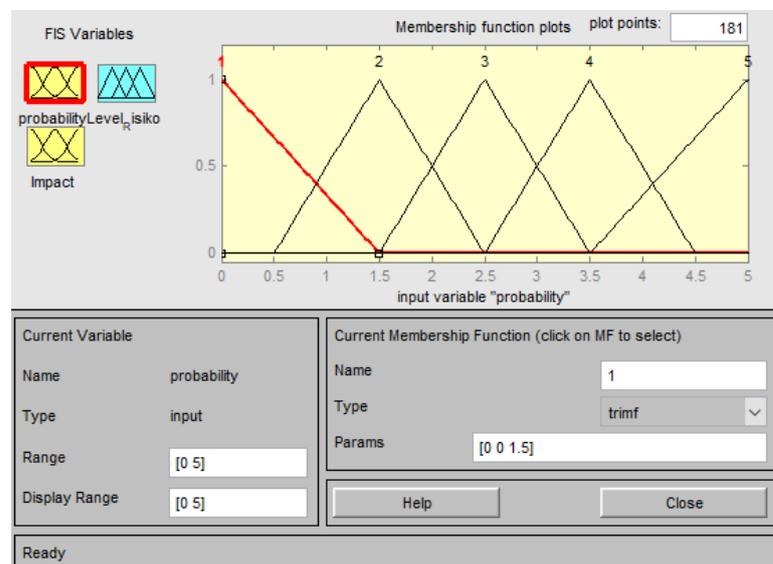
Gambar 4. 5 Variabel Input dan Output

Pada pemodelan sistem *fuzzy logic* ini hubungan ketiganya dinyatakan dalam bentuk aturan dasar yang di gunakan dalam istilah linguisti ( *if then rules* ). sehingga dapat menghasilkan *level* risiko yang tidak berbentuk crisp atau samar. Tahapan selanjutnya adalah dengan membuat *Fuzzy membership function*.

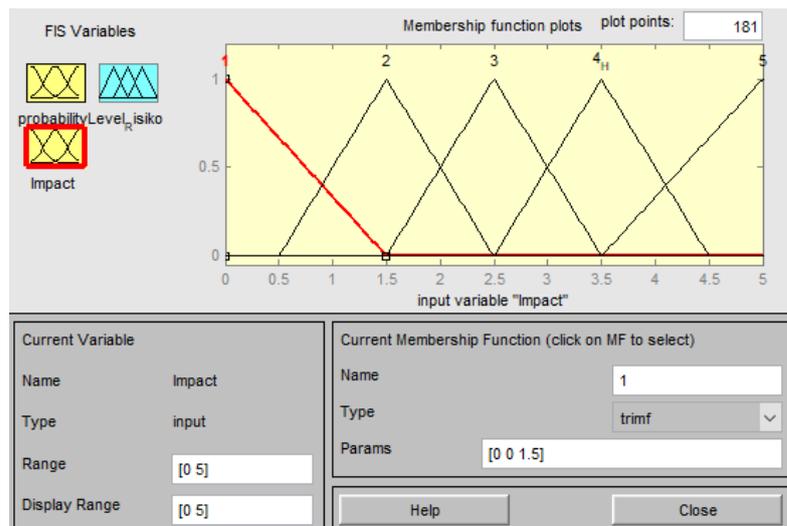
#### 4.7.2 Pembuatan Fuzzy Membership Function

Pembuatan *Fuzzy Membership Function* dilakukan dengan cara mengubah istilah linguistik kedalam bilangan *fuzzy*. Pada himpunan *fuzzy* memiliki elemen

himpunan dan tingkat keanggotaan. Jika pada konsep himpunan crisp yang hanya dapat dinyatakan dalam bilangan 0 atau 1, konsep himpunan *fuzzy* dapat memungkinkan untuk sebuah elemen memiliki nilai keanggotaan antara 0 hingga 1. Hal tersebut jika digambarkan dalam bentuk kurva dapat membentuk *overlapping* atau irisan antara satu anggota dan anggota yang lainnya. Sehingga sangat mungkin terjadi kesamaran antara satu istilah dengan istilah lainnya. Adapun nilai *Fuzzy Membership Function* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 6 Membership Function untuk Input Probability



Gambar 4. 7 Membership Function untuk Input Impact

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa pada masukan kemungkinan kejadian (*Probability*) ketika responden memberi penilaian 2 maka akan diubah kedalam angka keanggotaan fuzzy ( 0.5, 2, 2.5). Sama seperti dampak ketika diberikan nilai 3 maka akan diubah menjadi ( 0.15, 3, 3.5).

#### 4.7.3 Membuat Rules Pada sistem Fuzzy Logic yang Digunakan

Setelah melakukan pembuatan *Membership Function* untuk keanggotaan fuzzy, langkah berikutnya adalah melakukan input *if then rules* yang nantinya menjadi dasar pengolahan untuk menghasilkan *Output*. Pembuatan *if then rules* pada perhitungan risiko ini mengikuti aturan matriks risiko yang dibuat oleh Tah dkk(2000) sebagai berikut :

Tabel 4. 46 *Fuzzy Rules*

	<i>Impact</i>				
<i>Probability</i>	1	2	3	4	5
1	VL	VL	L	L	M
2	VL	L	L	M	M
3	L	L	M	M	H
4	L	M	M	H	VH
5	M	M	H	VH	VH

Sumber : Tah dkk(2000)

Keterangan :

VL = Sangat Rendah

L = Rendah

M = Sedang

H = Tinggi

VH = Sangat Tinggi

Tabel di atas menjelaskan bahwa ketika risiko dinilai memiliki tingkat kemungkinan (*probability*) 2 dan memilih Dampak (*Impact*) 3 , sehingga untuk mengetahui level risikonya dapat dilihat dengan mencari sell matriks dengan kolom 3 dan baris 2 yaitu L (low) atau rendah. Yang berarti ketika dampak probability risiko kemungkinan terjadi kecil tetapi tidak mustahil dan berdampak sedang yang

berarti memberikah pengaruh keuangan yang cukup besar maka dikategorikan sebagai risiko rendah (L).

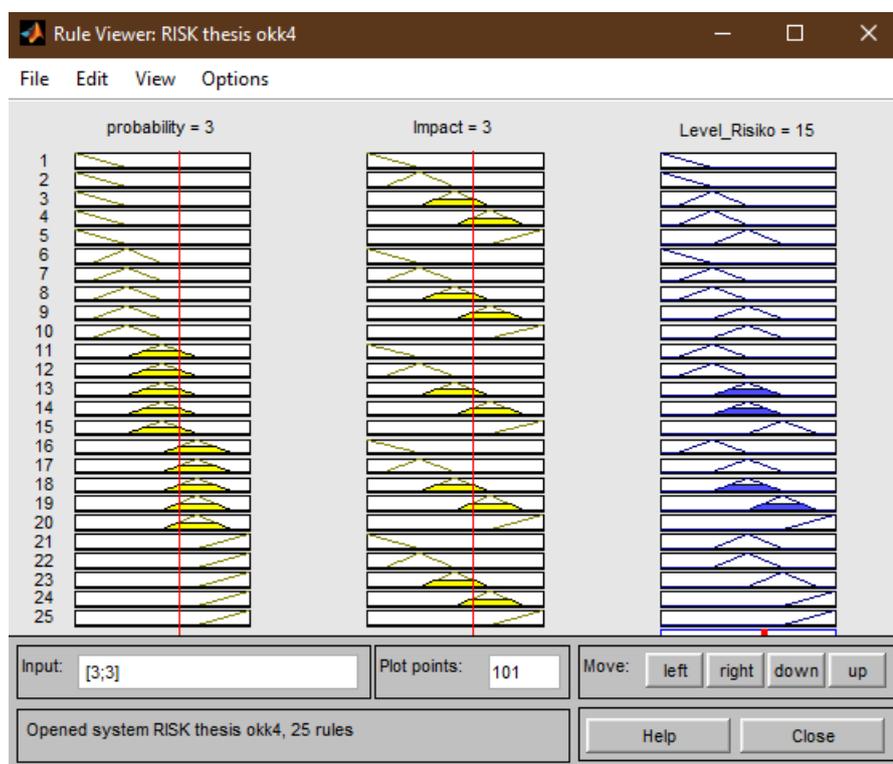
#### 4.7.4 Analisa Evaluasi Risiko dengan Metode Fuzzy.

Tahapan pertama dari analisa evaluasi risiko ini adalah dengan cara memasukan input dan mencatat output dari setiap sub risiko yang akan terjadi. Pada subbab ini tidak akan dijelaskan semua perhitungan analisa setiap responden, hanya di tampilkan salah satu contoh perhitungan dan perhitungan lainnya akan di tuliskan pada lampiran. Misalnya penilaian yang dilakukan oleh responden 3 terhadap pembangunan proyek C. Responden yang merupakan project manager memberikan penilaian tentang risiko yang terjadi pada tahapan pelaksanaan di lapangan, adapun tabel jawaban penilaian tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 47 Penilaian Evaluasi Risiko Responden 3 Proyek C

No	Responden 3	
	Probability	Impact
1	1	4
2	1	1
3	1	1
4	1	2
5	3	3
6	1	3
7	4	1
8	1	2
9	1	2
10	1	2
11	1	1
12	3	3
13	1	2
14	2	2
15	3	2
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	1	2
21	2	2
22	1	1
23	1	1
24	1	1
25	1	1

Hasil penilaian terhadap probability di atas akan dimasukkan ke dalam pemodelan fuzzy yang dibuat sebelumnya, misalnya pada no sub variabel risiko le 5 mengenai penyimpangan desain dari konstruksi responden meberikan penilaian bahwa risiko tersebut 3 yang berarti kemungkinan terjadi (30-50%). Risiko tersebut memiliki dampak 3 yang berarti mengganggu administrasi program kerja dan berdampak kerugian keuangan cukup besar. Sehingga pada input probability dimasukkan nilai 3 dan input impact dimasukkan nilai 3. Seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. 8 Input dan Output Penilaian Risiko

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa dengan nilai input 3 pada probabilitay dan 3 pada impact memberikan level risiko 15. Hal yang sama dilakukan untuk semua penilaian sub variabel risiko oleh semua responden. Dalam hasil rekapitulasi perhitungan yang dilakukan untuk setiap responden dapat dilihat pada lampiran penelitian ini. selanjutnya sebagai contoh salah satu responden, Untuk responden 3 rekapitulasi perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 48 Rekapitulasi Penilaian Evaluasi Risiko Responden 3

Responden 3		
Probability	Impact	R
1	4	10.5
1	1	6.12
1	1	6.12
1	2	6.12
3	3	15
1	3	10
4	1	10.5
1	2	6.12
1	2	6.12
1	2	6.12
1	1	6.12
3	3	15
1	2	6.12
2	2	10
3	2	10
1	1	6.12
1	1	6.12
1	1	6.12
1	1	6.12
1	2	6.12
2	2	10
1	1	6.12
1	1	6.12
1	1	6.12
1	1	6.12

#### 4.8 Evaluasi Risiko dengan *Weighted Fuzzy Analysis*.

Pada tahapan ini dilakukan penilaian risiko berdasarkan bobotnya sehingga akan pada tahapan ini nilai risiko dari hasil analisa risiko akan dikalikan dengan bobot yang didapatkan sebelumnya. Sub bab ini hanya memberikan contoh perhitungan risiko yang dilakukan terhadap responden 3 sedangkan untuk responden lainnya dapat dilihat pada lampiran. Adapun tuntut hasil perhitungan evaluasi risiko oleh responden 3 ditunjukkan pada tabel 4.47.

Pada tabel 4.47 tentang Rekapitulasi Evaluasi Risiko dengan Metode *Weighted Fuzzy Analysis* dapat terlihat bahwa untuk mendapatkan total level risiko dari setiap proyek dilakukan dengan cara mengalikan penilaian risiko dari tiap- tiap proyek objek penelitian dengan bobot global variabel risiko tersebut. Pada tabel 4.47 sub variabel kualitas tenaga teknis memiliki bobot global 0.061 dari vaktor risiko total yang terjadi saat pelaksanaan. Sehingga saat penilaian oleh responden, sub variabel risiko ini mendapatkan nilai sebesar 41.8 yang akan di konversikan menjadi level risiko dengan cara mengalikan bobot global dengan penilaian risiko.

Di dapat bobob sub variabel sisiko s5 tentang tenaga teknis :

$$\begin{aligned}
 &= \text{bobot global} \times \text{penilaian risiko} (P \times I) \\
 &= 0.061 \times 15 \\
 &= 0.774
 \end{aligned}$$

Hal yang sama akan dilakukan untuk 25 sub variabel risiko yang telah diberi penilaian oleh ekspert dengan metode fuzzy. Setelah semua sub variabel mendapatkan risk level secara global maka akan dijumlahkan untuk mendapatkan besarnya level risiko pelaksanaan konstruksi dari hasil evaluasi risiko untuk sebuah proyek.

Tabel 4. 49 Rekapitulasi Risiko dengan Metode Weighted Fuzzy Analysis

Kode	Jenis Risiko	Bobot Global	Risk	Risk Level
<b>Internal (Risiko Personil)</b>				
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.061	10.500	0.639
s2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	0.061	6.120	0.373
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.055	6.120	0.334
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.034	6.120	0.206
<b>Risiko Teknologi Desain</b>				
s5	Penyimpangan desain dari konstruksi	0.052	15.000	0.774
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.068	10.000	0.684
<b>Risiko Peralatan dan Material</b>				
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.021	10.500	0.215
s8	Pembatasan transportasi local	0.010	6.120	0.063
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.038	6.120	0.230
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.017	6.120	0.105
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.019	6.120	0.115
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.005	15.000	0.077
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi	0.007	6.120	0.042

s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.009	10.000	0.086
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.007	10.000	0.068
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.034	6.120	0.209
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.005	6.120	0.031
<b>Risiko Keselamatan</b>				
s18	Kecelakaan di site	0.183	6.120	1.119
s19	Cedera di site	0.040	6.120	0.246
<b>Risiko teknologi konstruksi</b>				
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	6.120	0.624
<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>				
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.028	10.000	0.283
s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.038	6.120	0.235
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.022	6.120	0.136
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.012	6.120	0.074
<b>Risiko Sosial</b>				
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	6.120	0.447
			<b>Total</b>	<b>7.415</b>

## 4.9 Biaya Kontingensi

Pada sub bab ini akan dijelaskan bahwa biaya kontingensi proyek didapatkan dari data lapangan yang berupa besaran RAB, RAP dan besarnya rencana bobot biaya kontingensi serta biaya kontingensi yang terjadi di lapangan. Data biaya kontingensi ini di dapatkan dari direktur operasional sebuah perusahaan konstruksi yang melaksanakan pembangunan terhadap keenam proyek objek penelitian. Untuk data biaya kontingensi yang merupakan data sekunder, didapatkan langsung berdasarkan data proyek yang dikelola oleh direktur operasional dan pengendalian perusahaan. Yang berwenang terhadap evaluasi biaya proyek pada keenam proyek objek penelitian yang berada langsung dibawah kontrol pengawasan dan pengendalian oleh divisi tersebut. Adapun data yang didapat adalah seperti yang tertulis pada tabel 4.49 tentang Rencana biaya kontingensi dan pelaksanaan biaya Kontingensi

Tabel 4. 50 Biaya Kontingensi

No Proyek	RAB (INCLD PPN)	RAP ( EXCLUDE PPN)	CC Aktual
1	Rp 44,934,775,000.00	Rp 34,313,828,100.00	2.30%
2	Rp 74,729,444,000.00	Rp 47,555,100,700.00	3.43%
3	Rp 33,427,403,900.00	Rp 24,926,064,700.00	3.24%
4	Rp 44,600,000,000.00	Rp 35,679,900,000.00	4.82%
5	Rp 126,800,000,000.00	Rp 81,843,636,000.00	3.37%
6	Rp 33,000,000,000.00	Rp 26,400,000,000.00	2.35%

Sumber : Data Proyek Perusahaan Konstruksi (2020)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah RAB yang tertera pada kontrak yang disepakati antara owner dan kontraktor yang biasanya diartikan dalam besaran nilai peoyek yang di dalam nya merupakan total anantara *base cost*, *profit*, dan *cost contingency*. Sedangkan Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) adalah biaya yang dikeluarkan kontraktor dalam pembangunan proyek yang di dalam nya merupakan bagian dari *real base cost* dan *cost contingency*. Data pada tabel 4.49 mengenai biaya kontingensi juga menjelaskan besaran biaya kontingensi yang di tetapkan perusahaan saat perencanaan RAB yang kisarannya sebesar 3-4% yang ditetapkan berdasarkan persepsi expert pada perusahaan kontraktor. Sedangkan dapat terlihat pada data bahwa biaya kontingensi yang di tetapkan jika dibandingkan dengan biaya kontingensi *real* yang terjadi pada proyek lebih kecil daripada yang

direncanakan pada 3 proyek objek penelitian, yang berarti biaya yang direncanakan sudah dapat mengcover seluruh kemungkinan risiko yang terjadi pada tahapan pelaksanaan. Biaya Kontingensi *real* pelaksanaan lebih besar dari pada biaya yang direncanakan terjadi pada 3 proyek lainnya yang berarti biaya kontingensi ini juga mempengaruhi berkurangnya profit perusahaan.

#### 4.10 Hubungan Biaya Kontingensi dengan Risiko Pelaksanaan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai hubungan antara biaya kontingensi yang direncanakan dan realisasi yang diterapkan pada setiap proyek objek penelitian dengan hasil evaluasi risiko pelaksanaannya. Adapun proses analisa penilaian evaluasi risiko dilakukan hal yang sama sesuai dengan yang dijelaskan pada sub bab 4.7 mengenai penilaian evaluasi risiko, dan data acuan biaya kontingensi diambil dari sub bab 4.9 mengenai biaya kontingensi. Adapun data tersebut dicocokkan untuk setiap proyek objek penelitian yang ditinjau. Sehingga dapat terlihat seperti hasil rekapitulasi antara nilai biaya kontingensi dengan tingkatan level risiko masing masing proyek seperti pada tabel 4.50 Rekapitulasi Level Risiko dan Biaya Kontingensi.

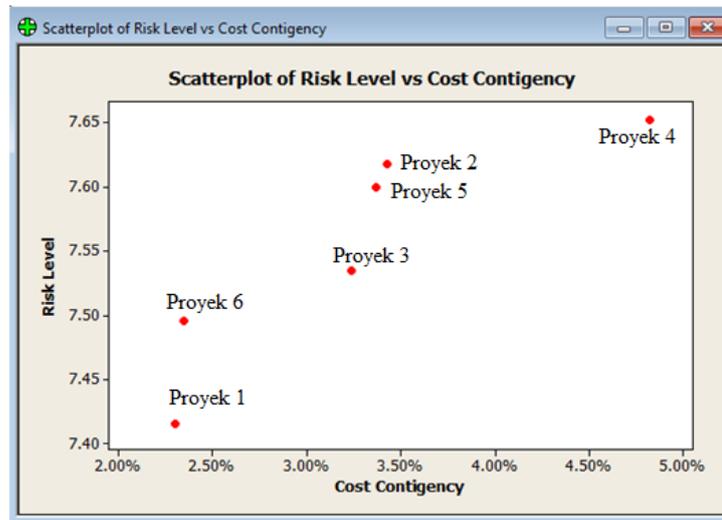
Tabel 4. 51 Rekapitulasi Level Risiko dan Biaya Kontingensi.

No Proyek	CC Rencana	Real CC	Risk Level
1	3%	2.30%	7.415
2	3.5%	3.43%	7.618
3	3%	3.24%	7.535
4	3%	4.82%	7.652
5	4%	3.37%	7.599
6	3%	2.35%	7.495

Sumber : Olahan Penulis (2021)

Untuk melihat bagaimana hubungan antara biaya kontingensi dengan level risiko pada setiap proyek objek penelitian, penulis menggunakan alat bantu scatterplot yang dapat memetakan antara level biaya kontingensi dan level risiko dari tiap-tiap proyek. Adapun scatter plot dilakukan dengan membuat sumbu x sebagai persentase biaya kontingensi dan sumbu y sebagai risk level dari masing-masing proyek. Hal tersebut terlihat pada gambar 4.9 *Scatterplot of Risk Level vs Cost Contingency*. Dari gambar tersebut setiap titik titik yang muncul adalah

koordinat yang menghubungkan antara level risiko pelaksanaan proyek konstruksi yang berada pada ordinat y dan biaya kontingensi aktual yang dibutuhkan selama pelaksanaan proyek pada ordinat x. Hal yang sama juga dilakukan untuk semua proyek yang ditinjau yaitu sebanyak 6 buah proyek.



Gambar 4. 9 Scatterplot of Risk Level vs Cost Contingency

Terlihat pada *scatterplot* menunjukkan bahwa biaya kontingensi yang di keluarkan perusahaan dalam proses pembangunan sebanding dengan level risiko pelaksanaan yang di hadapi saat pelaksanaan pembangunan. Dengan kata lain dapat dikatakan jika semakin besar risiko pelaksanaan maka semakin besar pula biaya kontingensi yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam pelaksanaan proyek.

Proyek 1 adalah proyek pembangunan hotel dan apartement 2 tower dengan tinggi bangunan 18 lantai dengan 3 *basement*. Proyek pembangunan ini berlangsung selama 2 tahun mulai dari 2014 – 2015 pada proses pembangunan RAB sebesar Rp.44.934.775.000,00 dengan penetapan rencana biaya kontingensi yang ditetapkan oleh perusahaan saat penetapan RAB adalah sebesar 3% dari biaya RAB. Pelaksanaan kontruksi pada proyek ini menghabiskan biaya kontingensi sebesar 2.3% yang berarti biaya kontingensi yang di rencanakan telah dapat mengcover seluruh biaya kontingensi pelaksanaan sehingga tidak mengurangi profit yang ditetapkan perusahaan. Dalam analisa risiko yang dilakukan pada proyek ini menjelaskan bahwa risiko pelaksanaan yang terjadi diproyek pembangunan hotel dan apartement ini menempati level risiko paling rendah diantara 6 proyek lainnya. Pada proyek ini memiliki tingkat risiko setelah dilakukan

evaluasi analisa risiko pada proyek tersebut sebesar 7.415. Risiko yang memiliki bobot terbesar adalah risiko keselamatan yakni risiko kecelakaan di site. Risiko ini memiliki bobot paling besar diantara risiko lainnya walaupun probability dan impact dari hasil evaluasi risiko keenam proyek memiliki tingkat yang rendah yakni dengan probabilitas dibawah 10% dan dampak yang masih dapat ditangani pada tahapan kegiatan rutin seperti kerugian kurang material dan tidak mempengaruhi stakeholders. Adapun urutan faktor risiko dari tiap-tiap proyek dapat dilihat pada Tabel 4. 51 tentang Rekapitulasi Level Risiko Hasil Evaluasi Risiko pada Setiap Sub Risiko.

Tabel 4. 52 Rekapitulasi Level Evaluasi Risiko pada Setiap Sub Risiko.

Proyek	1	Rank	2	Rank	3	Rank	4	Rank	5	Rank	6	Rank
s1	0.639	4	0.914	2	0.914	2	0.889	2	0.609	5	0.993	2
s2	0.373	7	0.373	9	0.373	8	0.373	9	0.373	7	0.373	9
s3	0.334	8	0.546	5	0.334	10	0.546	5	0.334	8	0.546	4
s4	0.206	15	0.206	13	0.206	14	0.206	14	0.206	15	0.206	14
s5	0.774	2	0.516	6	0.516	5	0.516	6	0.774	2	0.516	5
s6	0.684	3	0.419	8	0.684	3	0.684	3	0.419	6	0.419	7
s7	0.215	13	0.126	17	0.126	16	0.126	16	0.300	9	0.126	17
s8	0.063	23	0.063	21	0.063	20	0.063	20	0.103	19	0.063	21
s9	0.230	12	0.549	4	0.376	7	0.376	8	0.230	13	0.376	8
s10	0.105	18	0.171	15	0.105	18	0.105	18	0.105	18	0.257	10
s11	0.115	17	0.115	18	0.115	17	0.115	17	0.115	17	0.115	18
s12	0.077	20	0.031	24	0.051	22	0.051	22	0.077	21	0.031	25
s13	0.042	24	0.068	20	0.042	23	0.042	23	0.042	25	0.068	20
s14	0.086	19	0.052	22	0.052	21	0.052	21	0.086	20	0.052	22
s15	0.068	22	0.042	23	0.042	23	0.042	23	0.068	23	0.042	24
s16	0.209	14	0.342	10	0.342	9	0.342	10	0.209	14	0.209	13
s17	0.031	25	0.031	24	0.031	25	0.031	25	0.051	24	0.051	23
s18	1.119	1	1.119	1	1.119	1	1.119	1	1.119	1	1.119	1
s19	0.246	10	0.246	11	0.246	12	0.246	11	0.246	11	0.246	11
s20	0.624	5	0.624	3	0.624	4	0.624	4	0.624	4	0.624	3
s21	0.283	9	0.173	14	0.283	11	0.212	13	0.283	10	0.173	15
s22	0.235	11	0.235	12	0.235	13	0.235	12	0.235	12	0.235	12
s23	0.136	16	0.136	16	0.136	15	0.136	15	0.136	16	0.136	16
s24	0.074	21	0.074	19	0.074	19	0.074	19	0.074	22	0.074	19
s25	0.447	6	0.447	7	0.447	6	0.447	7	0.730	3	0.447	6
Total	7.415		7.618		7.535		7.652		7.599		7.496	

Sumber : Olahan penulis (2021)

Pada proyek 2 proyek tersebut adalah pembangunan apartement yang memiliki 2 tower, pada masing-masing tower memiliki ketinggian lantai 15 lantai dengan 2 basement. Pekerjaan konstruksi dilaksanakan selama dua tahun yaitu dari tahun 2014 – 2015. Pada pembangunan proyek ini rencana biaya kontingensi yang disiapkan oleh perusahaan konstruksi adalah sebesar 3.5 % yang ditetapkan berdasarkan pengalaman dan *expert judgement* pihak manajemen perusahaan. Pada tahapan pelaksanaan dilihat dari hasil evaluasi risiko selain keselamatan yang

memang memiliki bobot besar dari hasil pembobotan pada urutan selanjutnya yaitu risiko kualitas tenaga teknis, Risiko keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi, dan Risiko Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.

Proyek 3 adalah proyek pembangunan rumah sakit yang memiliki bangunan 8 lantai, pembangunan rumah sakit ini berlangsung pada tahun 2017-2018. Pada proses tender pihak manajemen menetapkan biaya kontingensi sebesar 3% tetapi saat pelaksanaan berlangsung biaya kontingensi aktual yang dihabiskan proyek ini adalah sebesar 3.24 % atau lebih besar daripada yang dianggarkan sehingga berdampak pada pengurangan profit yang ditentukan perusahaan. Pada hasil analisa evaluasi risiko risiko yang berdampak selain risiko keselamatan yang memiliki bobot besar adalah risiko personil yang merubpakan bagian sub risiko kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi). Risiko selanjutnya yang berdampak besar adalah kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain, Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain yang mempengaruhi biaya kontingensi pada pembangunnn proyek 3 ini.

Pembangunan hotel berjumlah 9 lantai ini merupakan proyek objek penelitian nomer 4 yang berlangsung mulai dari tahun 2019- bulan November 2020. Pada proyek ini penetapan biaya kontingensi di tetapkan pihak manajemen kontraktor sebesar 3% dengan pertimbangan asumsi pembangunan hotel dengan risiko rendah. Dari data biaya kontingensi aktual yang dikeluarkan selama proses pembangunan oleh kontraktor berjumlah 4.82% atau jauh lebih besar dari yang direncanakan. Faktor risiko yang memiliki probability dan impact yang besar pada pembangunan proyek ini adalah risiko yang diakibatkan oleh kualitas tenaga teknis (termasuk psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).selain permasalahan tenaga teknis faktor risiko selanjutnya adalah keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi. Dari hasil wawancara dengan *Project Manager* proyek 4 di dapatkan data bahwa saat pembangunan banyak terjadi permasalahan yang diakibatkan oleh risiko penyimpangan desain dari konstruksi, hal ini terjadi karena adanya perubahan sewaktu-waktu oleh owner yang sempat memberikan perubahan desain mengenai penambahan jumlah lantai sebanyak 2 kali yang ketika telah disesuaikan dengan metode kerja lapangan

berubah kembali ke desain awal. Ada beberapa hal yang diakibatkan oleh risiko ini yang dapat dituangkan dalam addendum kontrak, tetapi juga ada hal-hal yang merupakan risiko akibat (*dominio effect*) yang mengganggu proses pelaksanaan proyek yang mengakibatkan berpengaruh terhadap penggunaan biaya kontingensi.

Proyek 5 merupakan proyek pembangunan rumah duka yang dilakukan 2019- Desember 2020 yang mana bangunan memiliki ketinggian 9 lantai. Untuk proyek ini manajemen merencanakan besaran biaya kontingensi sebesar 4% dari nilai kontrak. Tetapi pada proses pelaksanaan nilai biaya kontingensi yang dikeluarkan lebih kecil dari perencanaan yaitu hanya sebesar 3.37%. Pada pembangunan proyek ini risiko dengan probability dan impact terbesar adalah risiko kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik yang pernah terjadi dilapangan yang menyebabkan delay pekerjaan dalam beberapa hari. Hal tersebut pernah terjadi di proyek mengenai penggunaan tower crane yang terjadi kerusakan pada beberapa bagian sehingga menghambat penggunaan tower crane tersebut. Selain itu faktor risiko lainnya adalah kesalahan penyimpangan desain dari konstruksi. Pernah juga terjadi permasalahan terkait dengan pembatasan transportasi lokal pada awal masa pandemi Covid-19 sekitar bulan April-Mei 2020 tentang mobilisasi pekerja lapangan yang menyebabkan efek terhadap progres pekerjaan dilapangan.

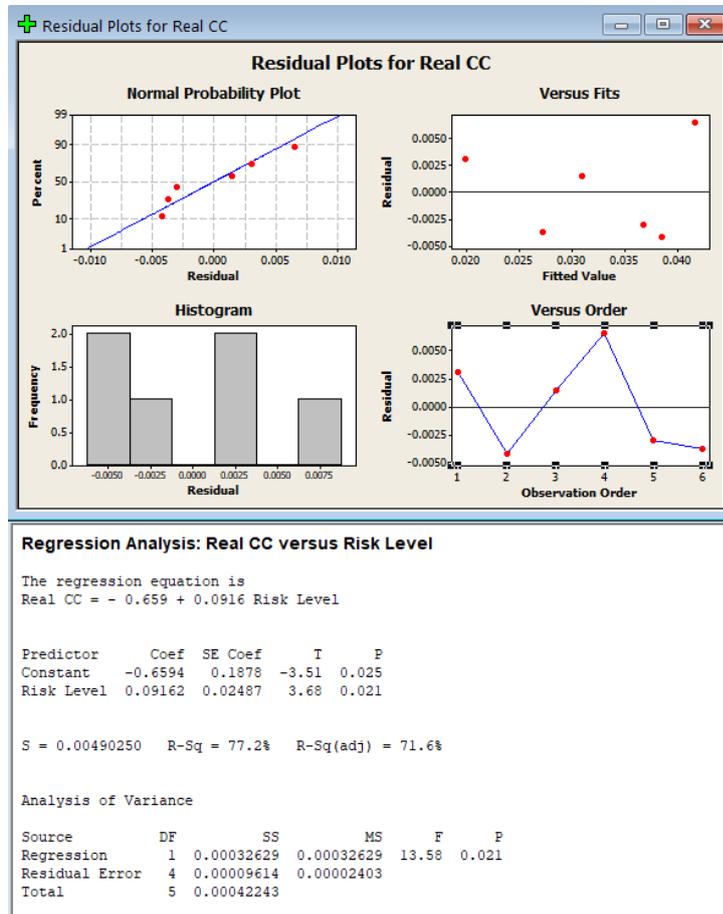
Proyek objek penelitian yang terakhir ditinjau adalah proyek 6, yaitu pembangunan hotel 9 lantai yang dilaksanakan mulai tahun 2019- Agustus 2020. Rencana biaya kontingensi yang ditetapkan adalah sebesar 3%, sedangkan biaya kontingensi yang dikeluarkan saat proses pelaksanaan konstruksi adalah sebesar 2.35% yang berarti biaya yang disiapkan sudah dapat menutupi biaya yang dikeluarkan. Pada proyek ini hasil analisa evaluasi risiko diketahui bahwa risiko terbesar adalah Risiko yang diakibatkan oleh Kualitas tenaga teknis (termasuk psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi). Risiko selanjutnya yang berdampak terhadap biaya kontingensi adalah risiko kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup, dan risiko yang diakibatkan pencurian di site. Pada proyek ini berdasarkan hasil wawancara bersama Project Manager proyek tersebut diketahui pernah terjadi pencurian material di lapangan yang cukup memberikan dampak terhadap biaya kontingensi yang di sediakan.

Walke (2011) dan Li dkk (2013) dalam penelitian mengenai risiko pelaksanaan mengatakan bahwa risiko kualitas tenaga teknis ( termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi) merupakan faktor risiko yang menjadi peringkat pertama. Hal yang sama seperti hasil penelitian pada enam proyek yang ditinjau, risiko kualitas tenaga teknis selalu terdapat pada tiga urutan terbesar risiko yang memiliki bobot terbesar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Handoyo dkk (2016) juga menyatakan bahwa faktor paling dominan yang dapat menimbulkan risiko pembengkakan biaya pada tahap pelaksanaan konstruksi gedung adalah Faktor Perencanaan dan Profesionalisme sebesar 35,21 %, selanjutnya Faktor Lingkungan dan Estimasi besarnya 21,47 % kemudian Faktor Material sebesar 10,04 %. Penelitian yang dilakukan oleh El-Karim dkk (2015) juga menyampaikan bahwa risiko yang berdampak paling besar terhadap permasalahan biaya overrun adalah kriteria engineer and kriteria desain. Hal tersebut menunjukkan bahwa risiko desain dan perencanaan serta profesionalisme pekerja termasuk kedalam faktor yang dominan mempengaruhi pembengkakan biaya.

Secara umum dapat terlihat dari scatterplot bahwa penggunaan biaya kontingensi akan berbanding dengan level risiko yang terjadi saat proses pelaksanaan konstruksi. Semakin besar faktor risiko tersebut maka akan semakin besar pula biaya kontingensi yang dikeluarkan oleh proyek tersebut. Sehingga untuk meminimalisir penggunaan biaya kontingensi yang dilakukan adalah mempersiapkan langkah *preventif* untuk mengurangi dampak dan kemungkinan terjadi risiko tersebut. Hal tersebut dapat dilakukan dengan Risk retention ataupun *Risk Transfer* seperti penggunaan mekanisme asuransi dan sub kontraktor. Dalam penelitian yang dilakukan oleh El-Karim dkk (2015) tersebut juga menjelaskan bahwa respon risiko dan rencana risiko harus dipelajari dan dikendalikan untuk mengalihkan atau memitigasi dampak faktor-faktor tersebut kepada pihak lain seperti perusahaan asuransi, sub-kontraktor atau klien sendiri, yang meningkatkan penggunaan biaya kontingensi yang efektif dan cenderung lebih minim.

Melihat adanya hubungan antara risiko dan biaya kontingensi penulis membuat regresi linier sederhana untuk melihat hubungan tersebut. Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan cek terhadap IIDN (Identik Independen berdistribusi normal). Dari hasil cek diketahui bahwa data yang diinput telah

identik, independen dan berdistribusi normal. Dapat dilihat pada gambar 4.42 Gambar analisa Regresi



Gambar 4. 10 Analisa Regresi Linier Sederhana

Sumber : Olahan Penulis (2021)

Interpretasi residual dikatakan berdistribusi normal ketika menunjukkan titik-titik yang dihasilkan mengikuti bentuk linier dari garis yang diberikan. Dari gambar terlihat bahwa dari data residual titik-titik merah berada disekitar garis biru, yang berarti data tersebut berdistribusi normal. Pada gambar *versus fit* untuk uji independen plot yang dihasilkan gambar yang dibentuk tidak menghasilkan pola yang semakin melebar menjauh dari titik nol hal tersebut menunjukkan bahwa residual data sudah independen. Selanjutnya adalah *versus fit* yang digunakan untuk melihat kehomogenan ragam. Kehomogenan ragam dapat disimpulkan melalui besarnya pita yang sama besar antara pita atas dan bawah. Pada gambar menunjukkan bahwa batas atas dan batas bawah adalah sebesar 0.0050 dan - 0.0050 yang berarti pita atas dan pita bawah sama yang berarti memiliki ragam homogen.

Selanjutnya adalah gambar *versus order* pada gambar tersebut hasil uji akan dikatakan identik residual karena diperoleh gambar titik- titik yang menyebar sepanjang sumbu nol. Sehingga dari uji IIDN dapat dikatakan model ini sudah memenuhi asumsi residual.

Setelah melakukan uji IIDN langkah selanjutnya adalah melakukan regresi linier sederhana. Dari hasil regresi linier sederhana diketahui bahwa benar risk level berpengaruh signifikan terhadap biaya kontingensi dengan dibuktikan pada hasil analisa memiliki P- value = 0.021 atau lebih kecil dari  $\alpha$  yang sebesar 0.05, atau bermakna tolak  $H_0$ . Hasil selanjutnya didapatkan bahwa R-sq yang diperoleh sebesar 71.6% yang berarti bahwa level risiko memberikan kontribusi sebesar 71.6% terhadap biaya kontingensi, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya. Regresi linier sederhana yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat bantu software minitab. Pada persamaan regresi linier sederhana diketahui bahwa :

$$y = -0.659 + 0.0916 x$$

dimana :

x = Risk level ( Level Risiko )

y = Cost Contingency percentage ( Biaya Kontingensi)

Dari persamaan diketahui bahwa jika risiko naik sebesar satu satuan, maka jumlah biaya kontingensi akan naik sebesar 0.0916 satuan. Dalam penelitian Oberlender dkk (2001) mengenai biaya kontingensi dan analisa risiko dengan menggunakan statistika mengatakan bahwa risiko mempengaruhi biaya kontingensi sebesar 80.2%. Sebuah metode penilaian biaya kontingensi yang diusulkan oleh Richard (2008) yang menyarankan penggunaan pendekatan yang lebih ilmiah dan mengatakan bahwa 77% biaya kontingensi dipengaruhi oleh faktor risiko pelaksanaan dan sisanya disebabkan oleh faktor lainnya seperti kurang tepatnya estimasi biaya dan waktu serta beberapa faktor yang mempengaruhi tahap pra konstruksi.

Dalam penelitian mengenai model estimasi biaya kontingensi berbasis risiko pada proyek normalisasi sungai di daerah perkotaan yang ditulis oleh Peginusa (2020) Hasil Penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara frekuensi kejadian terhadap pengaruh / dampak pada biaya

kontingensi. Karena itu perlu mendalami tahapan-tahapan dalam proyek konstruksi sehingga jenis-jenis risiko dapat dikumpulkan secara menyeluruh dengan penanganan yang tepat. Untuk mitigasi hal tersebut, biasanya para pelaksana proyek selalu mempersiapkan dana kontingensi. Umumnya, penentuan besarnya presentase biaya kontingensi didasarkan pada intuisi dengan melihat pengalaman-pengalaman masa lalu serta catatan historis kontraktor. Hal ini terlihat dari proyek objek penelitian yang mana tidak semua biaya kontingensi yang ditetapkan dapat mengcover seluruh biaya kontingensi yang sesungguhnya terjadi dilapangan.

Penelitian oleh Sonmez dkk (2007) juga telah menuliskan dalam penelitian bahwa persentase kemungkinan tambahan rata-rata adalah 8,46%, namun rata-rata kemungkinan yang diperlukan untuk biaya akhir adalah 13,58% yang memiliki selisih cukup besar yakni 5.12% untuk proyek sampel. Dengan demikian, penambahan persentase deterministik, yang digunakan untuk mengakomodasi pertumbuhan biaya di luar anggaran dasar mereka, dinyatakan tidak akurat. Untuk meningkatkan keakuratan perkiraan kontingensi, distribusi empiris kontingensi biaya dan kinerja biaya diperiksa untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai. Penelitian yang disajikan dalam makalah ini menunjukkan bahwa menentukan distribusi probabilitas yang paling cocok memberikan dasar yang lebih kuat dan dapat dipertahankan untuk memilih kontingensi biaya daripada pendekatan persentase deterministik tradisional.

Keakuratan penentuan biaya kontingensi yang dianggap penting pada perusahaan - perusahaan konstruksi kualifikasi besar ,tidak sama dengan yang terjadi pada kontraktor kecil. Penelitian mengenai *contingency estimation for construction through risk analysis* yang dilakukan oleh Panthi dkk(2009) mengatakan bahwa organisasi konstruksi terus mencari cara untuk menghindari kegagalan dan mengandung risiko di awal siklus hidup proyek. Salah satu pendekatan untuk menangani risiko adalah melalui alokasi kontingensi atau cadangan yang sesuai. Namun, dalam menentukan dana darurat yang sesuai ini, personel proyek sering mengalami kesulitan. Berdasarkan penilaian subjektif yang dicari dari personel proyek mengenai kemungkinan dan tingkat keparahan risiko dalam proyek mereka, tingkat risiko proyek ditentukan. Dana darurat kemudian dialokasikan berdasarkan tingkat risiko yang terukur ini.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Smith dan Bohn (1999) menjelaskan bahwa kontraktor kecil hingga menengah sebagian besar menggunakan kontingensi dalam situasi di mana mereka menganggap bahwa penetapan biaya kontingensi dalam kontrak merupakan hal yang dapat diganti rugi. Umumnya, mereka tidak menggunakan kemungkinan perkiraan risiko dalam penentuan biaya kontingensi, kegiatan tersebut hanya berorientasi terhadap penawaran yang kompetitif. Jadi, perusahaan-perusahaan ini mengasumsikan risiko bisnis yang lebih besar secara proporsional dari pada yang disarankan oleh literatur pada kontingensi. Banyak kontraktor yang menilai penambahan dana kontingensi pada harga tender suatu proyek dapat mengakibatkan hilangnya tender. Penelitian yang dilakukan Eldosouky dkk (2014) merupakan percobaan untuk mengakhiri opini yang salah tersebut. Sikap yang lebih dewasa terhadap penanggapan risiko akan mengenali bahwa ada kemungkinan untuk menghindari atau meminimalkan ancaman dan memaksimalkan peluang.

Dari hal yang telah dijelaskan bahwa kontingensi sangat penting untuk berhasil mengelola proyek karena memberikan penyangga terhadap pengembangan risiko. Teknik alokasi kontingensi biaya didasarkan pada kontribusi aktivitas terhadap varians biaya keseluruhan proyek, yang mencakup biaya, ketidakpastian, dan apakah aktivitas tersebut berada di jalur kritis atau tidak. Metode manajemen biaya kontingensi yang baik diharapkan dapat mengontrol pengeluaran dan keseimbangan biaya kontingensi kegiatan proyek dan memperkirakan kebutuhan masa depannya.

“Halaman sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisa evaluasi risiko pelaksanaan proyek konstruksi pada keenam proyek penelitian dikelompokkan menjadi kelompok tingkat risiko VL (*Very Low*) dan L (*Low*) sesuai dengan derajat keanggotaan fuzzy tiap proyek. Dengan *range* level risiko sebesar 7.415 sampai dengan 7.652.
2. Hasil analisa biaya kontingensi berdasarkan hasil evaluasi risiko dapat ditunjukkan dengan scatter plot pada Gambar 4.34 *Scatterplot of Risk Level vs Cost Contingency*. Semakin besar level risiko maka akan semakin besar pula biaya kontingensi yang dikeluarkan oleh proyek, dengan persamaan jika risiko naik sebesar satu satuan, maka jumlah biaya kontingensi akan naik sebesar 0.0916 satuan. Dengan *range* level risiko 7.415 sampai dengan 7.652, dan *range* biaya kontingensi antara 2.30% hingga 4.82% dari total nilai kontrak proyek.

#### **5.2 Saran**

Agar penelitian selanjutnya dapat mencapai hasil yang lebih sempurna maka penulis memberikan saran agar :

1. Penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan jumlah objek penelitian yang lebih banyak yang mungkin dapat berasal dari perusahaan yang berbeda-beda. Serta proyek yang memiliki risiko beragam (tinggi, sedang, dan kecil).
2. Penelitian selanjutnya dapat melanjutkan untuk melakukan penelitian terhadap korelasi hubungan antar biaya kontingensi rencana dan biaya kontingensi aktual, berangkat dari hasil uji regresi sederhana pada penelitian ini.

3. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan faktor sub risiko yang lebih banyak dan mendetail termasuk secondary risk (risiko yang muncul setelah melakukan suatu response risiko).
4. Penelitian selanjutnya dapat ruang lingkup yang tidak hanya pada risiko pelaksanaan pekerjaan konstruksi tetapi juga pada tahapan – tahapan lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aibinu.A.A. dan Jagboro.G.O., (2002). The effects of construction delays on project delivery in Nigerian construction industry, *International Journal of Project Management*, Vol.20, hal 593-599.
- Akintoye, A. S., dan MacLeod, M. J. (1997), “Risk analysis and management in construction”. *International Journal of Project Management*, 15(1),hal 31-38.
- Al-Bahar, J. F. (1988), Risk management in construction project: A systematic analytical approach for contractors, Phd Thesis, University of California, Berkeley.
- Al-Bahar, J.F. dan Crandall, K.C. (1990), “Systematic risk management approach for construction projects”, *Journal of Management and Engineering ASCE*, vol 3, hal 533-546.
- Anshori, Yusuf. (2012), “Pendekatan Triangular Fuzzy Number Dalam Metode Analytic Hierarchy Process”, *Jurnal Ilmiah Foristek*, Vol. 2 No. 1, hal 126-132.
- Arikunto, S. (2002), Metodologi Penelitian Suatu Pendekatan Proposal, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Asih, E.W. dan Kiswanto, Tri (2008), “Analisis Keputusan Dalam Penentuan Strategi Pelaksanaan Fumigasi”, *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*, hal. 191-201.
- Baccarini, David. (2005), Understanding Project Cost Contingency- A Survey. *Department of Construction Management, Curtin University of Technology, Australia.*
- Baccarini, David. (2006), The Maturing Concept of Estimating Project Cost Contingency- A Review. *Department of Construction Management, Curtin University of Technology, Australia.*
- Baccarini, David. (2012), Estimating Project Cost Contingency – A Model and Exploration of Research Questions. *Department of Construction Management, Curtin University of Technology, Australia. hal 105-113.*
- Birgonul, M.T., Sonmez,R., and Ergin,A. (2007), Quantitative Methodology for Determining of Cost Contingency in International Projects, *Journal of Management in Engineering* , vol. 23.
- Chatterjee ,J., Sheet ,D., Garud, H., Suveer, A., and Mahadevappa, M. (2010), Brightness preserving dynamic fuzzy histogram equalization, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 4, hal 2475-2480.
- Clark, F. D and Lorenzoni, A. B, (1985). *Applied cost engineering*. Dekker. New York.
- Mochtar, K., Arditi, D., and Krishna (2000), Trends in productivity improvement in the US construction industry, *Construction Management & Economics*, 18:1, hal 15-27.
- Dey, P., Tabucanon, M. T., and Ogunlana ,S. O., (1994), Planning for project control through risk analysis, a petroleum pipelaying project. *International Journal of Project Management*, 12(1), hal 23-33.

- Edwards, P. J. dan Bowen, P. A., (1998), Risk and risk management in construction: A review and future direction for research, *Engineering Construction and Architectural Management*, hal 339-349.
- Eldosouky, I.A., Ibrahi,A.H, dan Mohammed, H.E (2014), Management of Construction Cost Contingency Upside and Downside risks. *Alexandria Engineering Journal*, Vol 53, hal 863-881.
- El-Karim, Mohamed Sayed Bassiony Ahmed Abd., Nawawy, Omar Aly Mosa El dan Alim, Ahmed Mohamed. ( 2015), “ Identification and assessment of risk factors affecting construction”. *HBRC Journal*.
- Ernestine J.L, Marzuki, P.F, Wirahadikusumah,R.D.(2007), “Persepsi Tentang Contingency Cost Kontraktor di Indonesia : Sebuah Survey”, *Jurnal teknik Sipil*, Vol.7 no.3,hal 274-286.
- Fu Li, Q., Zhang, P. & Chao Fu, Y., (2013), Risk Identification for the Construction Phases of the Large Bridge Based on WBS-RBS, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*.
- Gabriel, S.A, Ordonez,J.F, dan Varia, J.A (2000) “Contingency Planning in Project Selection Using Multiobjective Optimization and Chance Constraints”, *Journal of Infrastructure Systems ASCE*, Vol 12. Issue 2, hal. 112-120.
- Gupta, M. M, (2005). *Introduction to Fuzzy Arithmetic* ,Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hamburger D (1994), Upper management’s leadership role in the contingency planning and control process, *PMI Annual Seminar and Symposium*, 17-19 October, Vancouver. PMI.
- Handoyo, Suryo, dan Susila, Herman, (2016), Analisis Faktor Dominan Risiko Biaya pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung di Surakarta, *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, Vol.18 No 22.
- Hartman, Amir, John Sifonis, (2000), *Net Ready-Strategies for Success in the EEconomy*, McGraw-Hill, United States.
- Heinze ,K (1996) *Cost management of capital projects*. M. Dekker. New York.
- Hobbs, Jeremy, (2010), A Methodology for Setting Contingency Reserves Using Probabilistic Cost Risk Analysis in Small To Medium Construction Projects, *Applied Project (APRJ)* 699, Athabasca University.
- Hollman,J.K. (2007), The Monte-Carlo Challenge : A Better Approach, *AACE International Transactions*, Risk. 03.
- Husein, Umar. (2000), *Riset Pemasaran Dan Penilaian Konsumen*, PT Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Kerlinger, F. N. (1990), *Asas-asas Penelitian Behavioral*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Labombang, Mastura. (2011), Manajemen Risiko dalam proyek Konstruksi. *Jurnal SMARTek*. Vol. 9 No. 1.
- Latief, R.U., Abdurrahman, M.A, dan Setiawan, Reza (2015). Fuzzy Risk Assessment In Tello Bridge Construction Project, Universitas Hasanudin.
- Levine, H (1995). *Risk management for dummies: managing schedule cost and technical risks and contingency*. PM Network.
- Lhee ,S.C., Flood, Ian and Issa, R. R. A. (2014). “Development of a two-step neural network-based model to predict construction cost contingency”, *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 19, hal. 399-411.

- Loosemore, Raftery, Reilly, Higgon. (2006), *Risk Management in Projects*, Second edition, Routledge, London.
- Lorance, R.B. & Robert, V.W. (1999), "Basic techniques for analyzing and presentation of cost risk analysis", *AACE International Transactions, Association for the Advancement of Cost Engineering*.
- Mak S, Wong J and Picken D (1998), "The effect on contingency allowances of using risk analysis in capital cost estimating: a Hong Kong case study". *Construction Management and Economics*, 16, hal 615-619.
- Mak, S. dan David P. (2000), "Using Risk Analysis to Determine Construction Project Contingencies", *Journal Of Construction Engineering And Management*, hal 130-136.
- Mochtar, K dan Arditi, D. (2000), Trends in Productivity Improvement in the US Construction Industry, *Journal of Construction Management and Economics*. Hal 15-27.
- Moselhi, O., (1997), *Risk Management and Contingency Estimating in AACE Transaction Dallas*, D&RM/A.06.1-6.
- Mulcahy, Rita (2010), *Risk Management Tricks of the Trade for project Managers*, RMC Publications, Minnesota.
- Nang, D., Adama, S.M., dan Jimoh. (2006). *Management Accounting Practice in Jordan : A contingency Approach*.
- Newton, S. (1992) Methods of analyzing risk exposure in the cost estimates of high quality offices, *Construction Management and Economics*, vol 10, hal 431-449.
- PMI. (2008), *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK GUIDE) fourth Edition*, Project Management Institut.Inc, Newtown Square.
- Nukala, S. dan Gupta, S.M. (2007), "A fuzzy mathematical programming approach for supplier selection in a closed-loop supply chain network", *In Proceedings of the 2007 POMS-Dallas Meeting*.
- Panthi, Kamallesh., Ahmed, Syed M., dan Ogunlana, Stephen O. (2009) "Contingency Estimation for Construction Projects Through Risk Analysis", *International Journal of Construction Education and Research*, 5:2, hal 79-94.
- Peginusa, Stefani Switly., Willar, Debby, dan Manoppo, Fabian J. (2020), "Model estimasi biaya kontingensi berbasis risiko pada proyek normalisasi sungai di daerah perkotaan", *Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.10 No.1*, hal (35-46).
- PMI. (2017), *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK GUIDE) sixth Edition*, Project Management Institut.Inc, Newtown Square.
- Ramanathan, C., Narayanan, S.P. and Idrus, A. B. (2012), "Construction Delays Causing Risks on Time and Cost - a Critical Review", *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12 (1), hal 37-57.
- Rohman, M.A. (2004), *Project Cost Contingency Estimation Modeling Using Risk Analysis and Fuzzy Expert System*, Thesis Master, Universiti Teknologi Petronas, Perak.
- Rohman, M.A. (2011a), *Estimasi Biaya Kontinjensi pada Tender Proyek Konstruksi dengan Fuzzy Logic*. *Jurnal Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*, hal D-29.

- Rohman, M.A., Idrus,A., and Nurrudin,M.F. (2011b). Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system, *Expert System with Application*, 38, hal 1501-1508.
- Saaty, T. (1993), Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin : Proses Hirarki Analitik Untuk pengambilan Keputusan Dalam Situasi Yang Kompleks, Cetakan ke-2,, PT. Pustaka Binaman Pressindo ,Jakarta.
- Saaty, T. L. (1993), Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin : Proses Hirarki Analitik Untuk Pengambilan Keputusan Dalam Situasi Yang Kompleks (Vol. II). PT Pustaka Binaman Pressindo ,Jakarta.
- Salah, A. Dan Osama Moselhi. (2012), Fuzzy Set-Based Contingency Estimating and Management , *International Symposium on Automation and Robotics in Construction*.
- Salah, A. Dan Osama Moselhi. (2015),Contingency modelling for construction projects using fuzzyset theory, *Construction and Architectural Management*, Vol. 22 Iss 2,hal 214 – 241.
- Scott E. dan Juntima G., (2004), Éxploring Techniques for Contingency Setting, AACE International Trasactions, EST.03.
- Shrivastava dan George (2013), Developing and Using Risk Contingency Reserve, Spring field.
- Smith, G. R., and Bohn, C. M. (1999). Small to Medium Contractor Contingency and Assumption of Risk. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(2), 101–108.
- Sonmez, R. , Ergin ,A. and Birgonul, M.T. (2007). “Quantitative Methodology for Determining of Cost Contingency in International Project”, *Journal of Management in Engineering*, vol. 23, no.1, hal 35-39.
- Tah, J.H.M., Thorpe, A. and McCaffer. (1993). Contractor Project Risk Contingency Allocation Using Linguistic Approximation. *Computing Systems in Engineering vol. 4. Nop 2-3, pp.281- 293*.
- Thompson, P.A. and Perry, J.G. (1992), Engineering Construction Risks: A Guide to Project Risk Analysis and Risk Management, Thomas Telford, London.
- Walke ,R. C. , (2004), An Approach to risk quantification in construction projects using EMV analysis, Thesis Phd, Veermata Jijabai Technological Institute, Mumbai.
- Yeo,K.T. (1990) Risk, Classification of Estimates and Contingency. *Journal of Management in Engineering*, 6, hal 458-470.
- Yunwanti, S. dan Adi, T.J.W. (2014), “Risk Based Contingency Cost Estimation Modeling For Engineering-ProcurementConstruction Project”, *Infrastuktur*, Vol. 4 No. , hal 50 – 57.
- Zadeh, L. A. (1965) ,Fuzzy Sets,*Information AND CONTROL* 8,hal 338-353.
- Zhi, H., (1995), Risk management for overseas construction projects, *International Journal of Project Management*, hal 231-237.
- Zou, P. X.W., Zhang, G., dan Wang, J. (2007), “Understanding the key risks in construction projects in China”, *International Journal of Project Management* 25, hal 601–614.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Laporan wawancara screening Variabel dan Sub Variabel

### Laporan Wawancara Screening Variabel Risiko Dalam Pengelompokan Biaya Kontingensi Berbasis Analisa Risiko Proyek Konstruksi Dengan Metode Fuzzy

Dari hasil studi literatur yang dilakukan oleh peneliti didapatkan beberapa variabel yang dapat digunakan dalam proses analisa risiko yang akan di gunakan pada penelitian dengan judul “**Pengelompokan Biaya Kontingensi Berbasis Analisa Risiko Proyek Konstruksi Dengan Metode Fuzzy**”. Dari hasil studi literatur tersebut perlu dilakukan screening dengan masukan pendapat dari pihak expert yang dianggap lebih mengu

asai mengenai risiko pelaksanaan proyek bangunan gedung bertingkat. Maka kami meminta bantuan Bapak/Ibu untuk menjawab pertanyaan dari wawancara ini :

Nama :

Jabatan :

Nama Instansi/Perusahaan :

Berdasarkan studi literatur didapat variabel risiko sebagai berikut :

No	Jenis Risiko	Pilih salah satu (✓)	
		Relevan	Tidak Relevan
	<b>Internal (Risiko Personil)</b>		
1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).		
2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).		
3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.		
4	Kegagalan sistem teknologi internal		
5	Infrastruktur teknologi yang tidak benar		
	<b>Risiko Teknologi Desain</b>		
6	Penyimpangan desain dari konstruksi		

7	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain		
	<b>Risiko Peralatan dan Material</b>		
8	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.		
9	Pembatasan transportasi lokal		
10	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi		
11	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup		
12	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi		
13	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik		
14	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi		
15	Kerusakan peralatan karena faktor alam		
16	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama		
17	Tidak tersedianya atau kekurangan material		
18	Pencurian peralatan dan materil di site		
	<b>Risiko Keselamatan</b>		
19	Kecelakaan di site		
20	Cedera di site		
	<b>Risiko teknologi konstruksi</b>		
21	Kematian karena kecelakaan		
	<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>		
22	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk		
23	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)		
24	Lokasi geografis yang merugikan		
25	Menipisnya sumber daya alam		
	<b>Risiko Sosial</b>		
26	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar		

Uraian Penjelasan :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Demikian wawancara screening variabel risiko pelaksanaan pembangunan gedung bertingkat yang digunakan dalam tahapan selanjutnya dalam penelitian ini. Atas perhatian dan waktunya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,

Surabaya, 2020  
Disetujui.

Putri suci mawariza

\_\_\_\_\_

Lampiran 2. Kuisisioner Perbandingan Berpasangan

**Kuisisioner Perbandingan Berpasangan Antara Variabel Risiko Dalam Pengelompokan Biaya Kontingensi Berbasis Analisa  
Risiko Proyek Konstruksi Dengan Metode Fuzzy**

**I. Umum**

Dari hasil studi literatur yang dilakukan oleh peneliti di dapatkan beberapa variabel yang dapat digunakan dalam proses analisa risiko yang akan di gunakan pada penelitian dengan judul “**Pengelompokan Biaya Kontingensi Berbasis Analisa Risiko Proyek Konstruksi Dengan Metode Fuzzy**”. Hasil studi literatur tersebut telah di lakukan screening dengan masukan pendapat dari pihak expert yang dianggap lebih menguasai mengenai risiko pelaksanaan dengan studi kasus yang sesuai dengan proyek yang sedang diteliti. Maka kami meminta bantuan bapak/ibu untuk menjawab pertanyaan dari kuisisioner ini sebagai bahan analisa risiko bangunan gedung bertingkat yang nantinya akan digunakan untuk pengelompokan biaya kontingensi sesuai dengan tingkat risk level pada masing-masing proyek tersebut.

**II. Identitas Responden**

Nama :

Jabatan :

Nama Instansi/Perusahaan :

**III. Petunjuk pengisian**

Berilah tanda silang (X) pada kolom skala Variabel (A) atau pada kolom skala Variabel (B) yang sesuai dengan pendapat anda

Definisi Kode :

1: kedua kriteria sama penting

3: kriteria (A) **sedikit lebih penting** dibanding kriteria (B)

5: Kriteria (A) **lebih penting** dibanding dengan (B)

7: Kriteria (A) **sangat lebih penting** dibanding dengan (B)

9: Kriteria (A) **mutlak lebih penting** dibanding dengan (B)

\*berlaku sebaliknya

#### Contoh :

Dalam pembangunan proyek konstruksi bangunan gedung bertingkat, seberapa pentingkah risiko :

KRITERIA A	SKALA																	KRITERIA B
<b>Internal (Risiko Personil)</b>	9	8	<del>7</del>	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Risiko Teknologi Desain</b>

Jika di memberi tanda (X) pada kolom skala 7 di kolom A, maka artinya adalah variabel A dalam contoh ini Risiko **Internal (Risiko Personil)** **sangat lebih penting** dibanding dengan variabel B dalam contoh ini adalah **Risiko Teknologi Desain**. Akan tetapi jika anda merasa kriteria B sangat penting di bandingkan dengan kriteria A (Biaya) maka pengisian kolomnya adalah sebagai berikut :

KRITERIA A	SKALA																	KRITERIA B
<b>Internal (Risiko Personil)</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	<del>7</del>	8	9	<b>Risiko Teknologi Desain</b>

#### IV. DAFTAR PERTANYAAN

##### a. Antara Risiko

Sesuai variabel risiko peaksanaan proyek konstruksi bangunan gedung, bagaimana perbandingan prioritas antar variabel risiko dibawah ini menurut bapak/ ibu :

KRITERIA A	SKALA																		KRITERIA B
Internal (Risiko Personil)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Teknologi Desain	
Internal (Risiko Personil)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Peralatan dan Material	
Internal (Risiko Personil)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Keselamatan	
Internal (Risiko Personil)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko teknologi konstruksi	
Internal (Risiko Personil)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Eksternal (Risiko Alami)	
Internal (Risiko Personil)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Sosial	
Risiko Teknologi Desain	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Peralatan dan Material	
Risiko Teknologi Desain	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Keselamatan	
Risiko Teknologi Desain	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko teknologi konstruksi	
Risiko Teknologi Desain	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Eksternal (Risiko Alami)	
Risiko Teknologi Desain	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Sosial	
Risiko Peralatan dan Material	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Keselamatan	
Risiko Peralatan dan Material	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko teknologi konstruksi	

Risiko Peralatan dan Material	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Eksternal (Risiko Alami)
Risiko Peralatan dan Material	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Sosial
Risiko Keselamatan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko teknologi konstruksi
Risiko Keselamatan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Eksternal (Risiko Alami)
Risiko Keselamatan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Sosial
Risiko teknologi konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Eksternal (Risiko Alami)
Risiko teknologi konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Sosial
Risiko Eksternal (Risiko Alami)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Risiko Sosial

b. Berdasarkan sub variabel dari setiap variabel

1. Berdasarkan variabel **Internal (Risiko Personil)**, sub variabel risiko manakah yang lebih sesuai menurut Bapak/Ibu :

Alternatif A	SKALA																	Alternatif B
Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).

Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.
Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kegagalan sistem teknologi internal
Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Infrastruktur teknologi yang tidak benar
Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kegagalan sistem teknologi internal
Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Infrastruktur teknologi yang tidak benar
Kegagalan sistem teknologi internal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Infrastruktur teknologi yang tidak benar

2. Berdasarkan variabel **Risiko Teknologi Desain**, sub variabel risiko manakah yang lebih sesuai menurut Bapak/Ibu :

Alternatif A	SKALA																		Alternatif B
Penyimpangan desain dari konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	

3. Berdasarkan variabel **Risiko Peralatan dan Material**, sub variabel risiko manakah yang lebih sesuai menurut Bapak/Ibu :

Alternatif A	SKALA																		Alternatif B
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pembatasan transportasi lokal	
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	

Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan peralatan karena faktor alam
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site

Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan peralatan karena faktor alam
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Pembatasan transportasi lokal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site

Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup
Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi
Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik
Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi
Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan peralatan karena faktor alam
Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama
Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site

Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi
Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik
Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi
Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan peralatan karena faktor alam
Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama
Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site
Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik

Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi
Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan peralatan karena faktor alam
Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama
Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site
Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi
Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan peralatan karena faktor alam
Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama

Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site
Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kerusakan peralatan karena faktor alam
Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama
Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site
Kerusakan peralatan karena faktor alam	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama

Kerusakan peralatan karena faktor alam	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Kerusakan peralatan karena faktor alam	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site
Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tidak tersedianya atau kekurangan material
Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site
Tidak tersedianya atau kekurangan material	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pencurian peralatan dan materil di site

Demikian kuisisioner variabel dan sub variabel risiko yang di gunakan sebagai variabel dalam analisa risiko pelaksanaan konstruksi bangunan gedung bertingkat. Atas perhatian dan waktunya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,

Putri suci mawariza

Surabaya, 2020

Disetujui.

---

**Kuisisionier Penilaian Evaluasi Risiko**  
**Dalam Penelitian Pengelompokan Biaya Kontigensi Berbasis**  
**Evaluasi Risiko Proyek Konstruksi Dengan Metode Fuzzy**

**I. Umum**

Dari hasil studi literatur yang dilakukan oleh peneliti di dapatkan beberapa variabel yang dapat digunakan dalam proses evaluasi risiko yang akan di gunakan pada penelitian dengan judul “**Pengelompokan Biaya Kontigensi Berbasis Evaluasi Risiko Proyek Konstruksi Dengan Metode Fuzzy**”. Hasil studi literatur tersebut telah di lakukan screening dengan masukan pendapat dari pihak expert yang dianggap lebih menguasai mengenai risiko pelaksanaan dengan studi kasus yang sesuai dengan proyek yang sedang diteliti. Maka kami meminta bantuan bapak/ibu untuk menjawab pertanyaan dari kuisisionier ini sebagai bahan evaluasi risiko bangunan gedung bertingkat yang nantinya akan digunakan untuk pengelompokan biaya contingency sesuai dengan risk level pada masing-masing proyek tersebut.

**II. Identitas Responden**

Nama :  
Jabatan :  
Nama Instansi/Perusahaan :  
Proyek yang di Tinjau :

**III. Petunjuk pengisian**

Berilah penilaian pada kolom probability dan impact dengan kode sesuai skala dengan keterangan berikut. Sesuai dengan keadaan proyek pada masa pelaksanaannya.

Definisi Kode :

Skala	Probability	Kriteria
1	Sangat Rendah	Sangat tidak mungkin/ hampir mustahil ( 0-10%)
2	Rendah	Kecil kemungkinan, tapi tidak mustahil (10-30%)
3	Sedang	Kemungkinan terjadi (30-50%)
4	Tinggi	Kemungkinan sering terjadi ( 50-90%)
5	Sangat Tinggi	Hampir pasti terjadi (> 90%)

Skala	Impact	Kriteria
1	Sangat Rendah/ tidak signifikan	Dampaknya dapat ditangani pada tahapan kegiatan rutin. Kerugian kurang material dan tidak mempengaruhi stakeholders.
2	Rendah	Mengancam efisiensi dan efektivitas pekerjaan beberapa aspek program. Kerugian kurang material dan sedikit mempengaruhi stakeholder
3	Sedang	Mengganggu administrasi program. Kerugian keuangan cukup besar.
4	Tinggi	Mengancam fungsi program yang efektif kerugian yang besar bagi keuangan.
5	Sangat Tinggi	Mengancam program dan organisasi serta stakeholder. Kerugian keuangan yang sangat besar.

**Contoh :**

Dalam pembangunan proyek konstruksi bangunan gedung bertingkat, seberapa besar probability dan impact :

No	Risiko	Probability	Impact
19	Cedera di site	4	2

Dari pernyataan di atas dapat berarti pada risiko cedera di site intensitas terjadi sangat sering, tetapi memiliki Impact yang rendah.

**IV. FORM PENILAIAN EVALUASI RISIKO**

No	Jenis Risiko	Probability	Impact
	Internal (Risiko Personil)		
1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).		
2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).		

3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.		
4	Kegagalan sistem teknologi internal		
Risiko Teknologi Desain			
5	Penyimpangan desain dari konstruksi		
6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain		
Risiko Peralatan dan Material			
7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.		
8	Pembatasan transportasi lokal		
9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi		
10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup		
11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi		
12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik		
13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi		
14	Kerusakan peralatan karena faktor alam		
15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama		
16	Tidak tersedianya atau kekurangan material		
17	Pencurian peralatan dan materil di site		
Risiko Keselamatan			
18	Kecelakaan di site		
19	Cedera di site		

	Risiko teknologi konstruksi		
20	Kematian karena kecelakaan		
	Risiko Eksternal ( Risiko Alami)		
21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk		
22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)		
23	Lokasi geografis yang merugikan		
24	Menipisnya sumber daya alam		
	Risiko Sosial		
25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar		

Demikian kuisisionier penialian variabel evaluasi risiko pelaksanaan konstruksi bangunan gedung bertingkat terhadap gedung objek penelitian. Atas perhatian dan waktunya kami ucapkan terima kasih.

Surabaya, 2020

Hormat kami,

Disetujui.

Putri suci mawariza

\_\_\_\_\_

Lampiran 4. Pembobotan Variabel Risiko

	personil			tek.design			Pritn Mtri			keselamatan			tek. Konst			alami			sosial		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
personil	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	0.11	0.13	0.17	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	5.00	7.00	9.00
tek.design	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	0.11	0.13	0.17	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00
Pritn Mtri	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00
keselamatan	6.00	8.00	9.00	6.00	8.00	9.00	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	7.00	9.00	9.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00
tek. Konst	0.13	0.17	0.25	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	0.11	0.11	0.14	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00
alami	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	0.14	0.20	0.33	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	7.00
sosial	0.11	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	1.00	3.00	5.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00

	personil	tek.design
personil	1.00	5.00
tek.design	0.20	1.00
Pritn Mtri	0.33	5.00
keselamatan	8.00	8.00
tek. Konst	0.17	0.33
alami	0.20	2.00
sosial	0.14	0.33

perhitungan jumlah baris di setiap kolom sel

	personil			tek.design			Pritn Mtri			keselamatan			tek. Konst			alami			sosial			jumlah baris		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
personil	1	1	1	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	0.11	0.13	0.17	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	5.00	7.00	9.00	17.11	27.13	37.17
tek.design	0.14	0.20	0.33	1	1	1	0.14	0.20	0.33	0.11	0.13	0.17	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00	3.65	8.05	12.83
Pritn Mtri	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	1	1	1	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	8.34	15.53	24.33
keselamatan	6.00	8.00	9.00	6.00	8.00	9.00	3.00	5.00	7.00	1	1	1	7.00	9.00	9.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	30.00	42.00	50.00
tek. Konst	0.13	0.17	0.25	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	0.11	0.11	0.14	1	1	1	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00	2.05	2.69	4.89
alami	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	0.14	0.20	0.33	2.00	4.00	6.00	1	1	1	3.00	5.00	7.00	7.49	12.73	19.67
sosial	0.11	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	1.00	3.00	5.00	0.14	0.20	0.33	1	1	1	2.75	5.09	8.28
	jumlah kolom																		71.38	113.204	157.1762			

Table 2.3 Skala nilai fuzzy segit

Itemitas Kepentingan AHP	Himpun
1	Perbandingan (ek. Eigen)
2	Perubahan (Inter)
3	Elemen satu ekologi lainnya (moderate)
4	Perubahan (Inter)
5	Menentukan nilai sis

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{ji}^j \times \frac{1}{\sum_{j=1}^m M_{ji}^j}$$

Dimana:  $S_i$  =

$$\frac{\sum_{j=1}^m M_{ji}^j}{\sum_{j=1}^m M_{ji}^j}$$

Untuk memperoleh fuzzy dari nilai m pa

$$\sum_{j=1}^m M_{ji}^j = \sum_{j=1}^m M_{ji}^j$$

Dimana:

- $\sum_{j=1}^m l_j$  = jumlah l
- $\sum_{j=1}^m m_j$  = jumlah m
- $\sum_{j=1}^m u_j$  = jumlah sel pad

Dan untuk memperoleh

$$\frac{1}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m M_{ji}^j} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m}$$

nilai in Si (Sintesis Fuzzy) dengan rumus 2.13 kesimpulan perhitungan nilai sintesis fuzzy (si) Kriteria

	Si		
	l	m	u
K1	0.109	0.240	0.521
K2	0.023	0.071	0.180
K3	0.053	0.137	0.341
K4	0.191	0.371	0.700
K5	0.013	0.024	0.069
K6	0.048	0.112	0.276
K7	0.017	0.045	0.116

Penghitungan Nilai Vektor F-AHP (V) dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi (d')

K1	k2	K3	K4	k5	k6
Vsk1 ≥ (Vsk2,Vsk3,Vsk4,Vsk5)	Vsk2 ≥ (Vsk1,Vsk3,Vsk4,Vsk5)	Vsk3 ≥ (Vsk1,Vsk2,Vsk4,Vsk5)	Vsk4 ≥ (Vsk1,Vsk2,Vsk3,Vsk5)	Vsk4 ≥ (Vsk1,Vsk2,Vsk3,Vsk5)	Vsk5 ≥ (Vsk1,Vsk2,Vsk3,Vsk4)
Vsk1 ≥ Vsk2 = 1	Vsk2 ≥ Vsk1 = 0.296	Vsk3 ≥ Vsk1 = 0.694	Vsk4 ≥ Vsk1 = 1	Vsk5 ≥ Vsk1 = 0.250	Vsk6 ≥ Vsk1 = 0.567
Vsk1 ≥ Vsk3 = 1	Vsk2 ≥ Vsk3 = 0.656	Vsk3 ≥ Vsk2 = 1	Vsk4 ≥ Vsk2 = 1	Vsk5 ≥ Vsk2 = 0.481	Vsk6 ≥ Vsk2 = 1
Vsk1 ≥ Vsk4 = 0.715	Vsk2 ≥ Vsk4 = 0.038	Vsk3 ≥ Vsk4 = 0.391	Vsk4 ≥ Vsk3 = 1	Vsk5 ≥ Vsk3 = 0.120	Vsk6 ≥ Vsk3 = 0.900
Vsk1 ≥ Vsk5 = 1	Vsk2 ≥ Vsk5 = 1	Vsk3 ≥ Vsk5 = 1	Vsk4 ≥ Vsk5 = 1	Vsk5 ≥ Vsk4 = 0.544	Vsk6 ≥ Vsk4 = 0.247
Vsk1 ≥ Vsk6 = 1	Vsk2 ≥ Vsk6 = 0.761	Vsk3 ≥ Vsk6 = 1	Vsk4 ≥ Vsk6 = 1	Vsk5 ≥ Vsk6 = 0.191	Vsk6 ≥ Vsk5 = 1
Vsk1 ≥ Vsk7 = 1	Vsk2 ≥ Vsk7 = 1	Vsk3 ≥ Vsk7 = 1	Vsk4 ≥ Vsk7 = 1	Vsk5 ≥ Vsk7 = 0.707	Vsk6 ≥ Vsk7 = 1
d1 = 0.715	d2 = 0.038	d3 = 0.391	d4 = 1.000	d5 = 0.120	d6 = 0.247

nilai ordinat matriks w= 0.715 0.038 1 1.000 0.120 0.247 ###

	Si						
	k1z	k2z	k3z	k4z	k5z	k6z	k7z
K1		0.296	0.694	1	0.230	0.567	0.056
K2	1		1	1	0.491	1	0.782
K3	1	0.656		1	0.120	0.900	0.406
K4	0.715	0.038	0.391		0.544	0.247	0.298
K5	1	1	1	1		1	1
K6	1	0.761	1	1	0.191		0.503
K7	1	1	1	1	0.707	1	
minimum	0.715	0.038	0.391	1.000	0.120	0.247	0.036

### Menghitung nilai bobot vektor fuzzy (W')

Kemudian dilakukan perhitungan bobot dan normalisasi vektor bobot sehingga diketahui nilai bobot kriteria utama.

Tabel Vektor bobot antar kriteria utama

	d(K1)	d(K2)	d(K3)	d(K4)	d(K5)	d(K6)	d(K7)	total
w'	0.715	0.038	0.391	1.000	0.120	0.247	0.036	2.546

### Normalisasi nilai bobot vektor fuzzy (W)

Tabel normalisasi vektor bobot antar kriteria utama

	(K1)	(K2)	(K3)	(K4)	(K5)	(K6)	(K7)
w	0.281	0.015	0.153	0.393	0.047	0.097	0.014

nilai prioritas

1.000

	kode	w	rank
personil	R1	0.281	2
tek.design	R2	0.015	6
Pritn Mtri	R3	0.153	3
keselamatan	R4	0.393	1
tek. Konst	R5	0.047	5
alami	R6	0.097	4
sosial	R7	0.014	7

Tabel Hasil perbandingan fuzzy synthetic dengan nilai minimum

S	S1 $\geq$	S2 $\geq$	S3 $\geq$	S4 $\geq$	S5 $\geq$
S1		0,895	0,705	0,637	0,149
S2	1,000		0,831	0,780	0,284
S3	1,000	1,000		0,981	0,545
S4	1,000	1,000	1,000		0,587
S5	1,000	1,000	1,000	1,000	
<b>Minimum</b>	1,000	0,895	0,705	0,637	0,149

$$W' = (d1, d'2, \dots) \tau$$

Lampiran 5. Pembobotan Sub Variabel Risiko 1

	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	6.00	8.00	9.00
s2	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00
s3	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
s4	0.11	0.13	0.17	0.14	0.20	0.33	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00

penghitungan jumlah baris di setiap kolom sel

	s1			s2			s3			s4			jumlah baris				
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u		
s1	1	1	1	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	6.00	8.00	9.00	11.00	17.00	22.00	x	0.021
s2	0.14	0.20	0.33	1	1	1	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00	5.14	8.20	12.33	x	0.028
s3	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	1	1	1	5.00	7.00	9.00	6.45	8.83	12.00	x	0.042
s4	0.11	0.13	0.17	0.14	0.20	0.33	0.11	0.14	0.20	1	1	1	1.37	1.47	1.70		
													23.96	35.5	48.03		

nilai Si (Sintesis Fuzzy) dengan rumus 2.13

kesimpulan perhitungan nilai sintesis fuzzy (si) Kriteria

	Si		
	l	m	u
K1	0.229	0.479	0.918
K2	0.107	0.231	0.515
K3	0.134	0.249	0.501
K4	0.028	0.041	0.071

Penghitungan Nilai Vektor F-AHP (V) dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi

(d')

K1	K2	K3	K4
$VsK1 \geq (VsK2, VsK3, VsK4, VsK5)$	$VsK2 \geq (VsK1, VsK3, VsK4, VsK5)$	$VsK3 \geq (VsK1, VsK2, VsK4, VsK5)$	$VsK4 \geq (VsK1, VsK2, VsK3, VsK5)$
$VsK1 \geq VsK2$	$VsK2 \geq VsK1$	$VsK3 \geq VsK1$	$VsK4 \geq VsK1$
$VsK1 \geq VsK3$	$VsK2 \geq VsK3$	$VsK3 \geq VsK2$	$VsK4 \geq VsK2$
$VsK1 \geq VsK4$	$VsK2 \geq VsK4$	$VsK3 \geq VsK4$	$VsK4 \geq VsK3$
d'1 = 1.000	d'2 = 0.536	d'3 = 0.542	d'4 = 0.235

nilai ordinat matriks w= 1.000 0.536 0.542 0.235

	S1			
	k1≥	k2≥	k3≥	k4≥
K1		0.536	0.542	0.566
K2	1		1	0.235
K3	1	0.955		0.439
K4	1	1.000	1	
minimum	1.000	0.536	0.542	0.235

**Menghitung nilai bobot vektor fuzzy (W)**

Kemudian dilakukan perhitungan bobot dan normalisasi vektor bobot sehingga diketahui nilai bobot kriteria utama.

Tabel Vektor bobot antar kriteria utama

	d(K1)	d(K2)	d(K3)	d(K4)	total
w	1.000	0.536	0.542	0.235	2.312

$W^* = (d^1, d^2, \dots) :$

**Normalisasi nilai bobot vektor fuzzy (W)**

Tabel normalisasi vektor bobot antar kriteria utama

	(K1)	(K2)	(K3)	(K4)
w	0.432	0.232	0.234	0.102

nilai prioritas

	kode	w	rank
s1	k1	0.432	1
s2	k2	0.232	3
s3	k3	0.234	2
s4	k4	0.102	4

1.000  
1.000

W variabel		
0.227		
k1	0.098	0.227
k2	0.053	
k3	0.053	
k4	0.023	

Lampiran 6. Pembobotan Sub Variabel 1

R1	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	6.00	8.00	9.00
s2	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00
s3	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
s4	0.11	0.13	0.17	0.14	0.20	0.33	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00

R2	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00
s2	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00
s3	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s4	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R3	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00
s2	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00
s3	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s4	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R4	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00
s2	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00
s3	2.00	4.00	6.00	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00
s4	1.00	2.00	4.00	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00

R5	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00
s2	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00
s3	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00
s4	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00

R6	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	0.11	0.11	0.14
s2	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	0.17	0.25	0.50
s3	1.00	2.00	4.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	0.13	0.17	0.25
s4	7.00	9.00	9.00	2.00	4.00	6.00	4.00	6.00	8.00	1.00	1.00	1.00

R7	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	0.11	0.11	0.14
s2	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	0.17	0.25	0.50
s3	1.00	2.00	4.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	0.13	0.17	0.25
s4	7.00	9.00	9.00	2.00	4.00	6.00	4.00	6.00	8.00	1.00	1.00	1.00

R8	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00
s2	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	4.00	6.00	8.00
s3	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00
s4	0.14	0.20	0.33	0.13	0.17	0.25	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00

R9	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00	9.00
s2	0.17	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00
s3	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	6.00
s4	0.11	0.14	0.20	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00

matriks perbandingan berpasangan

	s1			s2			s3			s4		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s1	1.00	1.00	1.00	0.55	1.04	1.86	0.60	1.34	2.51	1.20	1.77	2.47
s2	0.54	0.96	1.82	1.00	1.00	1.00	0.52	1.14	2.15	1.00	1.74	2.89
s3	0.40	0.75	1.66	0.46	0.87	1.94	1.00	1.00	1.00	0.92	1.73	2.77
s4	0.41	0.56	0.84	0.35	0.57	1.00	0.36	0.58	1.09	1.00	1.00	1.00

rata rata geometrik			
$\bar{f}$			
s1	0.79	1.25	1.84
s2	0.73	1.18	1.83
s3	0.64	1.03	1.73
s4	0.47	0.66	0.98
total	2.64	4.12	6.38
reserve (pow of-1)	0.38	0.24	0.16
increasing order	0.16	0.24	0.38

Penentuan nilai bobot fuzzy untuk kriteria

bobot fuzzy			
$\bar{w}$			
s1	0.12	0.304	0.6989
s2	0.11	0.286	0.6958
s3	0.1	0.25	0.6552
s4	0.07	0.16	0.3705

Tabel 5. Hasil bobot rata-rata kriteria dan normalisasi

bobot fuzzy				Mi	Ni	rank
$\bar{w}$						
s1	0.12	0.304	0.6989	0.376	0.29	1
s2	0.11	0.286	0.6958	0.365	0.29	2
s3	0.1	0.25	0.6552	0.335	0.26	3
s4	0.07	0.16	0.3705	0.201	0.16	4
total				1.278	1	

Lampiran 7. Pembobotan Sub Variabel 2

	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33
s6	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00

penghitungan jumlah baris di setiap kolom sel

	s5			s6			jumlah baris		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s5	1	1	1	0.14	0.20	0.33	1.14	1.20	1.33
s6	3.00	5.00	7.00	1	1	1	4.00	6.00	8.00
							5.14	7.2	9.333

x 0.10714  
x 0.13889  
x 0.19444

nilai Si (Sintesis Fuzzy) dengan rumus 2.13  
kesimpulan perhitungan nilai sintesis fuzzy (si) Kriteria

	Si		
	l	m	u
K1	0.122	0.167	0.259
K2	0.429	0.833	1.556

Penghitungan Nilai Vektor F-AHP (V) dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi (d')

<b>K1</b>			<b>k2</b>		
VsK1 ≥ (VsK2, VsK3, VsK4, VsK5)			VsK2 ≥ (VsK1, VsK3, VsK4, VsK5)		
VsK1 ≥ VsK2	=	-0.340	VsK2 ≥ VsK1	=	1.000
d'1	=	1.000	d'2	=	1.000

nilai ordinat matriks w= 1.000 1.000

	Si	
	k1≥	k2≥
K1		1.000
K2	-0.340	
minimum	1.000	1.000

Menghitung nilai bobot vektor fuzzy (W')

Kemudian dilakukan perhitungan bobot dan normalisasi vektor bobot sehingga diketahui nilai bobot kriteria utama.

Tabel Vektor bobot antar kriteria utama

	d(K1)	d(K2)	total
w'	1.000	1.000	2.000

$W' = (d'1, d'2, \dots) \tau$

Normalisasi nilai bobot vektor fuzzy (W)

Tabel normalisasi vektor bobot antar kriteria utama

	(K1)	(K2)
w	0.500	0.500

nilai prioritas

	kode	w	rank
	s5	0.500	1
	s6	0.500	1

1.000  
1.000

W variabel		
		0.015
k1	0.008	0.015
k2	0.008	

Lampiran 8. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 2

R1	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33
s6	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00

R2	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s6	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R3	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s6	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R4	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	6.00	8.00	9.00
s6	0.11	0.13	0.17	1.00	1.00	1.00

R5	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00
s6	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00

R6	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	0.13	0.17	0.25
s6	4.00	6.00	8.00	1.00	1.00	1.00

R7	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
s6	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00

R8	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	0.13	0.17	0.25
s6	4.00	6.00	8.00	1.00	1.00	1.00

R9	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	0.11	0.14	0.20
s6	5.00	7.00	9.00	1.00	1.00	1.00

matriks perbandingan berpasangan

	s5			s6		
	l	m	u	l	m	u
s5	1.00	1.00	1.00	0.49	0.73	1.21
s6	0.83	1.37	2.06	1.00	1.00	1.00

		rata rata geometrik		
		$\bar{r}$		
s5		0.70	0.85	1.10
s6		0.91	1.17	1.44
total		1.61	2.02	2.53
reserve (pow of-1)		0.62	0.49	0.39
increasing order		0.39	0.49	0.62

Penentuan nilai bobot fuzzy untuk kriteria

		bobot fuzzy		
		$\bar{w}$		
s5		0.27	0.422	0.6834
s6		0.36	0.578	0.8934

Tabel 5. Hasil bobot rata-rata kriteria dan normalisasi

		bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
		$\bar{w}$					
s5		0.27	0.422	0.6834	0.46	0.43	2
s6		0.36	0.578	0.8934	0.61	0.57	1
total					1.07	1	



k6	1		1	1	1	0.171	0.664	0.911	0.790	1.000	0.425
k9	0.561	0.457		0.727	0.745	0.580	0.049	0.520	0.179	1.000	0.175
k10	0.575	0.743	1		1	0.112	0.596	0.656	0.499	1.000	0.125
k11	0.545	0.711	1	0.959		0.114	0.540	0.604	0.470	1	0.107
k12	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1.000
k13	1	1	1	1	1	0.573		1	1	1	0.605
k14	1	1	1	1	1	0.504	0.771		0.655	1	0.547
k15	1	1	1	1	1	0.446	0.691	1		1	0.652
k16	0.555	0.595	0.955	0.652	0.701	0.590	0.054	0.277	0.159		0.201
k17	1	1	1	1	1	0.600	1	1	1	1	
minimum	0.555	0.595	1.000	0.652	0.701	0.446	0.054	0.277	0.159	1.000	0.107

Menghitung nilai bobot vektor fuzzy ( $W'$ )

ukuran pertama ngan bobot dan normalisasi vektor bobot akan gg. diperoleh nilai bobot kriteria

Tabel Vektor bobot antar kriteria utama

	d(k7)	d(k8)	d(k9)	d(k10)	d(k11)	d(k12)	d(k13)	d(k14)	d(k15)	d(k16)	d(k17)	total
w	0.555	0.595	1.000	0.652	0.701	0.045	0.014	0.277	0.159	1.000	0.107	4.896

$$W' = (d_1, d_2, \dots)$$

Normalisasi nilai bobot vektor fuzzy ( $W$ )

Tabel normalisasi vektor bobot antar kriteria utama

	(k7)	(k8)	(k9)	(k10)	(k11)	(k12)	(k13)	(k14)	(k15)	(k16)	(k17)
w	0.109	0.080	0.204	0.139	0.145	0.010	0.005	0.057	0.035	0.204	0.022

nilai prioritas

kode	w	rank
k7	0.109	5
k8	0.080	6
k9	0.204	1
k10	0.139	4
k11	0.145	3
k12	0.010	10
k13	0.005	11
k14	0.057	7
k15	0.035	8
k16	0.204	1
k17	0.022	9

1.000

1.000

W variabel		
		0.155
k7	0.017	0.155
k8	0.012	
k9	0.051	
k10	0.021	
k11	0.022	
k12	0.002	
k13	0.000	
k14	0.009	
k15	0.004	
k16	0.051	
k17	0.005	



R4	s7			s8			s9			s10			s11			s12			s13			s14			s15			s16			s17							
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
s7	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00	0.25	0.50	1.00	4.00	6.00	8.00	2.00	4.00	6.00	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	5.00	7.00	9.00					
s8	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	0.11	0.13	0.20	0.25	0.50	1.00	0.14	0.20	0.33	0.11	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	0.11	0.14	0.17	0.13	0.17	0.25	0.20	0.33	1.00					
s9	1.00	2.00	4.00	5.00	8.00	9.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00	2.00	4.00	6.00	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	5.00	7.00	9.00					
s10	0.13	0.17	0.25	1.00	2.00	4.00	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.11	0.13	0.20	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	0.13	0.17	0.25	0.14	0.20	0.33	0.25	0.50	1.00					
s11	0.17	0.25	0.50	3.00	5.00	7.00	0.17	0.25	0.50	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00					
s12	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	9.00	1.00	2.00	4.00	5.00	8.00	9.00	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	4.00	6.00	8.00	5.00	7.00	9.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	6.00	8.00	9.00					
s13	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	0.13	0.17	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00					
s14	0.13	0.17	0.25	1.00	3.00	5.00	0.13	0.17	0.25	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	0.11	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00					
s15	0.25	0.50	1.00	6.00	7.00	9.00	0.25	0.50	1.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00						
s16	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	2.00	4.00	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	6.00				
s17	0.11	0.14	0.20	1.00	3.00	5.00	0.11	0.14	0.20	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	0.11	0.13	0.17	1.00	2.00	4.00	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00					

R5	s7			s8			s9			s10			s11			s12			s13			s14			s15			s16			s17							
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
s7	1.00	1.00	1.00	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	1.00	2.00	4.00	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	3.00	5.00	7.00	0.20	0.33	1.00	1.00	2.00	4.00					
s8	0.13	0.17	0.25	1.00	1.00	1.00	0.11	0.11	0.14	0.17	0.25	0.50	0.14	0.20	0.33	0.11	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	0.11	0.13	0.20	0.14	0.20	0.33					
s9	0.14	0.20	0.33	7.00	9.00	9.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00	4.00	6.00	8.00	1.00	3.00	5.00	5.00	7.00	9.00	6.00	8.00	9.00	6.00	8.00	9.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00					
s10	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	0.14	0.20	0.33	0.20	0.33	1.00					
s11	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	0.13	0.17	0.25	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	5.00	7.00	9.00	0.25	0.50	1.00				
s12	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00	9.00	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	5.00	7.00	9.00	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00					
s13	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	0.11	0.14	0.20	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	0.13	0.17	0.25	0.17	0.25	0.50					
s14	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.11	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	0.11	0.14	0.17	0.14	0.20	0.33				
s15	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	0.11	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.11	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.11	0.13	0.20	0.13	0.17	0.25					
s16	1.00	3.00	5.00	5.00	8.00	9.00	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	4.00	6.00	8.00	6.00	7.00	9.00	5.00	8.00	9.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00					
s17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00					

R6	s7			s8			s9			s10			s11			s12			s13			s14			s15			s16			s17							
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
s7	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00					
s8	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	3.00	1.00	2.00	4.00	0.17	0.25	0.50	2.00	4.00	6.00					
s9	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00	9.00	4.00	6.00	8.00	5.00	7.00	9.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00	9.00					
s10	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00				
s11	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00	2.00	4.00	6.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00					
s12	0.14	0.20	0.33	0.14	0.20	0.33	0.11	0.11	0.14	0.13	0.17	0.25	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00	0.11	0.13	0.20	0.25	0.50	1.00					
s13	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.13	0.17	0.25	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00					
s14	0.25	0.50	1.00	0.33	1.00	1.00	0.11	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	0.11	0.11	0.14	1.00	3.00	5.00						
s15	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	0.13	0.17	0.25	0.20	0.33	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.11	0.11	0.14	2.00	4.00	6.00					
s16	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	5.00	8.00	9.00	3.00	5.00	7.00	7.00	9.00	9.00	7.00	9.00	9.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00					
s17	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.11	0.14	0.20	0.13	0.17	0.25	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00					

R7	s7			s8			s9			s10			s11			s12			s13			s14			s15			s16			s17							
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
s7	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00					
s8	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	3.00	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	2.00	4.00	6.00					
s9	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00	9.00	4.00	6.00	8.00	5.00	7.00	9.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00	9.00					
s10	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00						
s11	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00	2.00	4.00	6.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00						
s12	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.11	0.11	0.14	0.14	0.20	0.33	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00	0.11	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00					
s13	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.13	0.17	0.25	0.13	0.17	0.25	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00					
s14	0.25	0.50	1.00	0.33	1.00	1.00	0.11	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	0.11	0.13	0.20	1.00	3.00	5.00					
s15	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	0.13	0.17	0.25	0.20	0.33	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.11	0.13	0.20	2.00	4.00	6.00					
s16	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00	9.00	2.00	4.00	6.00	5.00	8.00	9.00	5.00	8.00	9.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00					
s17	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.11	0.14	0.20	0.13	0.17	0.25	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00					

R8	s7			s8			s9			s10			s11			s12			s13			s14			s15			s16			s17							
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
s7	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00					
s8	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	3.00	1.00	2.00	4.00	0.17	0.25	0.50	2.00	4.00	6.00					
s9	0.17	0.25	0.50	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00	9.00	3.00	5.00	7.00	3.00	5.00	7.00	6.00	8.00	9.00	1.00	2.00	4.00	4.00	6.00	8.00					
s10	2.00	4.00	6.00	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	2.00	4.00	6.00	2.00	4.00	6.00	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00					
s11	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00	2.00	4.00	6.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00					
s12	0.14	0.20	0.33	0.14	0.20	0.33	0.11	0.14	0.20	0.13	0.17	0.25	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00					
s13	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.14	0.20	0.33	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00					
s14	0.25	0.50	1.00	0.33	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	0.11	0.11	0.14	1.00	3.00	5.00					
s15	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	0.11	0.13	0.17	0.17	0.25	0.50	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.11	0.14	0.17	1.00	3.00	5.00					
s16	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	7.00	9.00	9.00	6.00	7.00	9.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00					
s17	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	0.13	0.17	0.25	0.13	0.17	0.25	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00					

R9	s7			s8			s9			s10			s11			s12			s13			s14			s15			s16			s17							
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
s7	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00					
s8	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	3.00	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00					
s9	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00	3.00	5.00	7.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	1.00	2.00	4.00	3.00	5.00	7.00					
s10	0.20	0.33	1.00	1.00	2.00	4.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	3.00	5.00	7.00	2.00	4.00	6.00	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00	8.00					
s11	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	2.00	4.00	6.00	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00					
s12	0.17	0.25	0.50	0.17	0.25	0.50	0.14	0.20	0.33	0.14	0.20	0.33	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00					
s13	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	0.14	0.20	0.33	0.13	0.17	0.25	0.17	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	2.00	4.00	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00					
s14	0.20	0.33	1.00	0.33	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	0.14	0.20	0.33	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	0.11	0.14	0.17	1.00	3.00	5.00		
s15	0.20	0.33	1.00	1.00	2.00	4.00	0.13	0.17	0.25	0.17	0.25	0.50	0.14	0.20	0.33	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00					
s16	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	5.00	0.25	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	2.00	4.00	6.00	6.00	7.00	9.00	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00					
s17	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	0.13	0.17	0.25	0.14	0.20	0.33	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00					

matriks perbandingan berpasangan

	s7			s8			s9			s10			s11			s12			s13			s14			s15			s16			s17				
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
s7	1.00	1.00	1.00	0.82	1.43	2.98	0.47	0.89	1.59	0.70	1.38	2.42	0.58	1.34	2.43	1.73	2.84	4.67	1.08	2.96	4.98	1.26	2.55	4.63	1.32	3.09	5.14	0.25	0.45	1.20	2.69	4.57	6.65		
s8	0.34	0.70	1.23	1.00	1.00	1.00	0.20	0.27	0.43	0.28	0.54	1.08	0.27	0.46	1.09	1.32	2.10	2.90	0.72	1.84	3.41	0.72	0.82	2.35	0.58	1.10	2.06	0.15	0.22	0.43	0.92	1.73	2.92		
s9	0.63	1.12	2.12	2.35	3.70	5.11	1.00	1.00	1.00	1.43	3.62	5.70	1.26	2.44	4.52	3.41	5.26	6.42	4.01	6.05	8.06	3.75	5.79	7.73	3.75	5.66	7.60	1.00	2.09	4.10	4.42	6.51	8.26		
s10	0.41	0.73	1.42	0.93	1.85	3.59	0.18	0.28	0.70	1.00	1.00	1.00	0.52	0.68	1.70	1.77	2.63	3.79	1.80	2.98	4.68	1.05	2.57	4.32	1.17	2.55	3.97	0.19	0.30	0.78	2.11	3.30	5.04		
s11	0.41	0.75	1.71	0.92	2.16	3.77	0.22	0.41	0.79	0.59	1.47	1.94	1.00	1.00	1.00	2.23	3.24	4.75	1.71	3.43	5.48	0.86	2.46	4.18	2.18	3.78	5.54	0.20	0.34	0.93	2.29	3.97	5.76		
s12	0.21	0.35	0.58	0.35	0.48	0.76	0.16	0.19	0.29	0.26	0.38	0.56	0.21	0.31	0.45	1.00	1.00	1.00	0.38	0.62	1.56	0.35	0.52	0.94	0.41	0.76	1.83	0.17	0.24	0.37	0.48	0.93	1.74		
s13	0.20	0.34	0.93	0.29	0.54	1.39	0.12	0.17	0.25	0.21	0.34	0.56	0.18	0.29	0.58	0.64	1.61	2.65	1.00	1.00	1.00	0.34	0.68	1.36	0.39	0.79	1.63	0.14	0.19	0.34	0.70	1.36	2.72		
s14	0.22	0.39	0.79	0.43	1.22	1.39	0.13	0.17	0.27	0.23	0.39	0.96	0.24	0.41	1.17	1.07	1.94	2.89	0.73	1.47	2.94	1.00	1.00	1.00	0.82	1.59	3.17	0.12	0.13	0.19	0.69	1.82	3.09		
s15	0.19	0.32	0.76	0.48	0.91	1.74	0.13	0.18	0.27	0.25	0.39	0.86	0.18	0.26	0.46	0.55	1.31	2.45	0.61	1.26	2.58	0.31	0.63	1.22	1.00	1.00	1.00	0.15	0.17	0.25	1.05	2.46	3.87		
s16	0.84	2.25	4.08	2.32	4.49	6.46	0.24	0.48	1.00	1.28	3.36	5.39	1.08	2.96	4.98	2.70	4.23	5.73	2.97	5.13	7.02	5.25	7.44	8.43	4.01	5.79	6.86	1.00	1.00	1.00	2.72	4.50	6.14		
s17	0.15	0.22	0.37	0.34	0.58	1.09	0.12	0.15	0.23	0.20	0.30	0.47	0.17	0.25	0.44	0.58	1.08	2.06	0.37	0.73	1.42	0.32	0.55	1.45	0.26	0.41	0.96	0.16	0.22	0.37	1.00	1.00	1.00		

rata rata geometrik			
f̄			
s7	0.90	1.69	2.90
s8	0.47	0.78	1.39
s9	2.02	3.31	4.76
s10	0.77	1.26	2.24
s11	0.85	1.56	2.57
s12	0.31	0.46	0.77
s13	0.31	0.52	0.95
s14	0.39	0.68	1.16
s15	0.35	0.58	1.00
s16	1.68	3.04	4.33
s17	0.27	0.41	0.72
total	8.32	14.28	22.81
ve (pow	0.12	0.07	0.04
easing o	0.04	0.07	0.12

Penentuan nilai bobot fuzzy untuk kriteria

bobot fuzzy			
w̄			
s7	0.04	0.118	0.3488
s8	0.02	0.054	0.167
s9	0.09	0.232	0.5727

sl0	0.03	0.088	0.2698
sl1	0.04	0.109	0.3086
sl2	0.01	0.032	0.0925
sl3	0.01	0.036	0.1141
sl4	0.02	0.048	0.1397
sl5	0.02	0.04	0.1205
sl6	0.07	0.213	0.5206
sl7	0.01	0.029	0.087

Tabel 5. Hasil bobot rata-rata kriteria dan normalisasi

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	w̄					
s7	0.04	0.118	0.3488	0.17	0.12	3
s8	0.02	0.054	0.167	0.08	0.06	6
s9	0.09	0.232	0.5727	0.3	0.22	1
sl0	0.03	0.088	0.2698	0.13	0.1	5
sl1	0.04	0.109	0.3086	0.15	0.11	4
sl2	0.01	0.032	0.0925	0.05	0.03	10
sl3	0.01	0.036	0.1141	0.05	0.04	9
sl4	0.02	0.048	0.1397	0.07	0.05	7
sl5	0.02	0.04	0.1205	0.06	0.04	8
sl6	0.07	0.213	0.5206	0.27	0.2	2
sl7	0.01	0.029	0.087	0.04	0.03	11
total				1.37	1	

### Lampiran 11. Pembobotan Sub Variabel 4

	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00
s19	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00

penghitungan jumlah baris di setiap kolom sel

	s18			s19			jumlah baris		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s18	1	1	1	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00
s19	0.14	0.20	0.33	1	1	1	1.14	1.20	1.33
							5.14	7.2	9.333

nilai Si (Sintesis Fuzzy) dengan rumus 2.13

kesimpulan perhitungan nilai sintesis fuzzy (si) Kriteria

	Si		
	l	m	u
K1	0.429	0.833	1.556
K2	0.122	0.167	0.259

#### Penghitungan Nilai Vektor F-AHP (V) dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi (d')

**K1**

$VsK1 \geq (VsK2, VsK3, VsK4, VsK5)$

$VsK1 \geq VsK2 = 1$   
 $d'1 = 1.000$

**k2**

$VsK2 \geq (VsK1, VsK3, VsK4, VsK5)$

$VsK2 \geq VsK1 = 0.340$   
 $d'2 = 0.340$

nilai ordinat matriks w= 1.000 0.340

	Si	
	k1 ≥	k2 ≥
K1		0.340
K2	1	
minimum	1.000	0.340

#### Menghitung nilai bobot vektor fuzzy (W')

kukan perhitungan bobot dan normalisasi vektor bobot sehingga diketahui nilai bobot kriteria

Tabel Vektor bobot antar kriteria utama

	d(K1)	d(K2)	total
w'	1.000	0.340	1.340

$$W' = (d'1, d'2, \dots) \tau$$

#### Normalisasi nilai bobot vektor fuzzy (W)

Tabel normalisasi vektor bobot antar kriteria utama

	(K1)	(K2)
w	0.746	0.254

nilai prioritas

kode	w	rank
k18	0.746	1
k19	0.254	2

1.000

1.000

W variabel		
0.015		
k18	0.011	0.015
k19	0.004	

Lampiran 12. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 4

R1	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00
s19	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00

R2	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
s19	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00

R3	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
s19	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00

R4	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	6.00	8.00	9.00
s19	0.11	0.13	0.17	1.00	1.00	1.00

R5	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	6.00	8.00	9.00
s19	0.11	0.13	0.17	1.00	1.00	1.00

R6	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00
s19	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00

R7	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	5.00	7.00	9.00
s19	0.11	0.14	0.20	1.00	1.00	1.00

R8	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50
s19	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00

R9	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	6.00	8.00	9.00
s19	0.11	0.13	0.17	1.00	1.00	1.00

matriks perbandingan berpasangan

	s18			s19		
	l	m	u	l	m	u
s18	1.00	1.00	1.00	3.25	4.69	6.17
s19	0.16	0.21	0.31	1.00	1.00	1.00

		rata rata geometrik		
		$\bar{r}$		
s18		1.80	2.17	2.48
s19		0.40	0.46	0.55
total		2.21	2.63	3.04
reserve (pow of-1)		0.45	0.38	0.33
increasing order		0.33	0.38	0.45

Pentuan nilai bobot fuzzy untuk kriteria

		bobot fuzzy		
		$\hat{w}$		
s18		0.59	0.824	1.1266
s19		0.13	0.176	0.2515

Tabel 5. Hasil bobot rata-rata kriteria dan normalisasi

		bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
		$\hat{w}$					
s18		0.59	0.824	1.1266	0.85	0.82	1
s19		0.13	0.176	0.2515	0.19	0.18	2
total					1.03	1	

		rata rata geometrik		
		$\bar{r}$		
s5		0.70	0.85	1.10
s6		0.91	1.17	1.44
total		1.61	2.02	2.53
reserve (pow of-1)		0.62	0.49	0.39
increasing order		0.39	0.49	0.62

Pentuan nilai bobot fuzzy untuk kriteria

		bobot fuzzy		
		$\hat{w}$		
s5		0.27	0.422	0.6834
s6		0.36	0.578	0.8934

Tabel 5. Hasil bobot rata-rata kriteria dan normalisasi

		bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
		$\hat{w}$					
s5		0.27	0.422	0.6834	0.46	0.43	2
s6		0.36	0.578	0.8934	0.61	0.57	1
total					1.07	1	

### Lampiran 15. Pembobotan Sub Variabel 6

	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
s22	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00
s23	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s24	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

	s21
s21	1.00
s22	0.20
s23	0.33
s24	8.00

penghitungan jumlah baris di setiap kolom sel

	s21			s22			s23			s24			jumlah baris		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1	1	1	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	3.45	5.83	9.00
s22	1.00	3.00	5.00	1	1	1	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00	9.00	15.00	21.00
s23	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	1	1	1	1.00	2.00	4.00	3.14	5.20	9.33
s24	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00	1	1	1	1.54	1.92	2.75
													17.13	27.95	42.08

x 0.024  
x 0.036  
x 0.058

Table 2.3 Skala

Intensitas Kepentingan AHP	
1	P
2	P
3	E l
4	P k
5	E G
6	P
7	E y
8	P
9	E l

nilai Si (Sintesis Fuzzy) dengan rumus 2.13  
kesimpulan perhitungan nilai sintesis fuzzy (si) Kriteria

	Si		
	l	m	u
K21	0.082	0.209	0.525
K22	0.214	0.537	1.226
K23	0.075	0.186	0.545
K24	0.037	0.069	0.160

#### Penghitungan Nilai Vektor F-AHP (V) dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi (d')

K1

$$VsK1 \geq (VsK2, VsK3, VsK4, VsK5)$$

k2

$$VsK2 \geq (VsK1, VsK3, VsK4, VsK5)$$

K3

$$VsK3 \geq (VsK1, VsK2, VsK4, VsK5)$$

K4

$$VsK4 \geq (VsK1, VsK2, VsK3, VsK5)$$

VsK1 ≥ VsK2	=	0.487	VsK2 ≥ VsK1	=	1	VsK3 ≥ VsK1	=	0.953	VsK4 ≥ VsK1	=	0.359
VsK1 ≥ VsK3	=	1	VsK2 ≥ VsK3	=	1	VsK3 ≥ VsK2	=	0.485	VsK4 ≥ VsK2	=	0.129
VsK1 ≥ VsK4	=	1	VsK2 ≥ VsK4	=	1.000	VsK3 ≥ VsK4	=	1	VsK4 ≥ VsK3	=	0.422
d'1	=	1.000	d'2	=	1.000	d'3	=	0.485	d'4	=	0.129

nilai ordinat matriks w= 1.000 1.000 0.485 0.129

	Si			
	k21≥	k22≥	k23≥	k24≥
K21		1	0.953	0.359
K22	0.487		0.485	0.129
K23	1	1		0.422
K24	1	1.000	1	
minimum	1.000	1.000	0.485	0.129

S	S1≥	S2≥
S1		0,895
S2	1,000	
S3	1,000	1,000
S4	1,000	1,000
S5	1,000	1,000
<b>Minimum</b>	1,000	0,895

**Menghitung nilai bobot vektor fuzzy (W')**

kukan perhitungan bobot dan normalisasi vektor bobot sehingga diketahui nilai bobot kriteria

Tabel Vektor bobot antar kriteria utama

	d(K1)	d(K2)	d(K3)	d(K4)	total
w'	1.000	1.000	0.485	0.129	2.614

$W' = (d'1, d'2, \dots) \tau$

**Normalisasi nilai bobot vektor fuzzy (W)**

Tabel normalisasi vektor bobot antar kriteria utama

	(K1)	(K2)	(K3)	(K4)
w	0.383	0.383	0.186	0.049

nilai prioritas

kode	w	rank
k21	0.383	1
k22	0.383	1
k23	0.186	3
k24	0.049	4

1.000  
1.000

W variabel		
0.097		
k21	0.037	0.097
k22	0.037	
k23	0.018	
k24	0.005	

Lampiran 16. Pembobotan Gabungan Sub Variabel 6

R1	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
s22	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00
s23	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s24	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R2	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	3.00	5.00	7.00
s22	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00
s23	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s24	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R3	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	3.00	5.00	7.00
s22	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00
s23	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s24	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R4	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00
s22	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.11	0.14	0.20
s23	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00
s24	0.20	0.33	1.00	5.00	7.00	9.00	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00

R5	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	1.00	3.00	5.00	0.20	0.33	1.00
s22	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	6.00	5.00	7.00	9.00
s23	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00
s24	1.00	3.00	5.00	0.11	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00

R6	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
s22	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	4.00	6.00	8.00
s23	1.00	2.00	4.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s24	0.17	0.25	0.50	0.13	0.17	0.25	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R7	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00
s22	1.00	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	2.00	4.00	6.00
s23	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s24	0.20	0.33	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

R8	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25	0.50	1.00	5.00	7.00	9.00
s22	2.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	6.00	3.00	5.00	7.00
s23	1.00	2.00	4.00	0.17	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00	6.00
s24	0.11	0.14	0.20	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00

R9	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.14	0.20	0.33	0.17	0.25	0.50	2.00	4.00	6.00
s22	3.00	5.00	7.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00	0.17	0.25	0.50
s23	2.00	4.00	6.00	0.14	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4.00
s24	0.17	0.25	0.50	2.00	4.00	6.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00

matriks perbandingan berpasangan

	s21			s22			s23			s24		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
s21	1.00	1.00	1.00	0.35	0.63	1.29	0.50	1.05	1.97	1.61	3.18	5.11
s22	0.78	1.58	2.85	1.00	1.00	1.00	1.38	2.63	4.29	1.49	2.42	3.54
s23	0.51	0.96	1.99	0.23	0.38	0.73	1.00	1.00	1.00	0.90	1.85	3.68
s24	0.20	0.31	0.62	0.28	0.41	0.67	0.27	0.54	1.11	1.00	1.00	1.00

	rata rata geometrik		
	$\bar{f}$		
s21	0.73	1.21	1.90
s22	1.12	1.78	2.56
s23	0.57	0.91	1.52
s24	0.35	0.51	0.82
total	2.78	4.41	6.80
reserve (pow of-1)	0.36	0.23	0.15
increasing order	0.15	0.23	0.36

Penentuan nilai bobot fuzzy untuk kriteria

	bobot fuzzy		
	$\hat{w}$		
s21	0.11	0.274	0.6838
s22	0.17	0.404	0.9238
s23	0.08	0.206	0.5466
s24	0.05	0.117	0.2972

Tabel 5. Hasil bobot rata-rata kriteria dan normalisasi

	bobot fuzzy			Mi	Ni	rank
	$\hat{w}$					
s21	0.11	0.274	0.6838	0.35	0.28	2
s22	0.17	0.404	0.9238	0.5	0.39	1
s23	0.08	0.206	0.5466	0.28	0.22	3
s24	0.05	0.117	0.2972	0.16	0.12	4
total				1.29	1	

Lampiran 17. Rekap Responden I

Kode	Jenis Risiko	Bobot Global	Risk	Risk Level
<b>Internal (Risiko Personil)</b>				
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.061	14.600	0.889
s2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	0.061	6.120	0.373
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.055	10.000	0.546
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.034	6.120	0.206
<b>Risiko Teknologi Desain</b>				
s5	Penyimpangan desain dari konstruksi	0.052	10.000	0.516
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.068	10.000	0.684
<b>Risiko Peralatan dan Material</b>				
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.021	6.120	0.126
s8	Pembatasan transportasi lokal	0.010	6.120	0.063
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.038	10.000	0.376
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.017	6.120	0.105
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.019	6.120	0.115
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.005	10.000	0.051
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	0.007	6.120	0.042
s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.009	6.120	0.052
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.007	6.120	0.042
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.034	10.000	0.342
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.005	6.120	0.031
<b>Risiko Keselamatan</b>				
s18	Kecelakaan di site	0.183	6.120	1.119
s19	Cedera di site	0.040	6.120	0.246
<b>Risiko teknologi konstruksi</b>				
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	6.120	0.624
<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>				
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.028	7.500	0.212

s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.038	6.120	0.235
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.022	6.120	0.136
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.012	6.120	0.074
	<b>Risiko Sosial</b>			
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	6.120	0.447
			<b>Total</b>	<b>7.652</b>

Lampiran 17. Rekap Responden II

Kode	Jenis Risiko	Bobot Global	Risk	Risk Level
<b>Internal (Risiko Personil)</b>				
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.061	10.000	0.609
s2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	0.061	6.120	0.373
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.055	6.120	0.334
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.034	6.120	0.206
<b>Risiko Teknologi Desain</b>				
s5	Penyimpangan desain dari konstruksi	0.052	15.000	0.774
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.068	6.120	0.419
<b>Risiko Peralatan dan Material</b>				
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.021	14.600	0.300
s8	Pembatasan transportasi lokal	0.010	10.000	0.103
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.038	6.120	0.230
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.017	6.120	0.105
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.019	6.120	0.115
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.005	15.000	0.077
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	0.007	6.120	0.042
s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.009	10.000	0.086
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.007	10.000	0.068
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.034	6.120	0.209
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.005	10.000	0.051
<b>Risiko Keselamatan</b>				
s18	Kecelakaan di site	0.183	6.120	1.119
s19	Cedera di site	0.040	6.120	0.246
<b>Risiko teknologi konstruksi</b>				
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	6.120	0.624
<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>				
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.028	10.000	0.283
s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.038	6.120	0.235
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.022	6.120	0.136
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.012	6.120	0.074
<b>Risiko Sosial</b>				
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	10.000	0.730
			<b>Total</b>	<b>7.547</b>

Lampiran 18. Rekap Responden III

Kode	Jenis Risiko	Bobot Global	Risk	Risk Level
<b>Internal (Risiko Personil)</b>				
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.061	10.500	0.639
s2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathe sis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	0.061	6.120	0.373
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.055	6.120	0.334
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.034	6.120	0.206
<b>Risiko Teknologi Desain</b>				
s5	Penyimpangan desain dari konstruksi	0.052	15.000	0.774
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.068	10.000	0.684
<b>Risiko Peralatan dan Material</b>				
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.021	10.500	0.215
s8	Pembatasan transportasi lokal	0.010	6.120	0.063
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.038	6.120	0.230
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.017	6.120	0.105
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.019	6.120	0.115
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.005	15.000	0.077
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	0.007	6.120	0.042
s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.009	10.000	0.086
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.007	10.000	0.068
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.034	6.120	0.209
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.005	6.120	0.031
<b>Risiko Keselamatan</b>				
s18	Kecelakaan di site	0.183	6.120	1.119
s19	Cedera di site	0.040	6.120	0.246
<b>Risiko teknologi konstruksi</b>				
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	6.120	0.624
<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>				
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.028	10.000	0.283
s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.038	6.120	0.235
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.022	6.120	0.136
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.012	6.120	0.074
<b>Risiko Sosial</b>				
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	6.120	0.447
			<b>Total</b>	<b>7.415</b>

Lampiran 19. Rekap Responden IV

Kode	Jenis Risiko	Bobot Global	Risk	Risk Level
<b>Internal (Risiko Personil)</b>				
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.061	15.000	0.914
s2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk dia thesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	0.061	6.120	0.373
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.055	10.000	0.546
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.034	6.120	0.206
<b>Risiko Teknologi Desain</b>				
s5	Penyimpangan desain dari konstruksi	0.052	10.000	0.516
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.068	6.120	0.419
<b>Risiko Peralatan dan Material</b>				
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.021	6.120	0.126
s8	Pembatasan transportasi lokal	0.010	6.120	0.063
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.038	14.600	0.549
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.017	10.000	0.171
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.019	6.120	0.115
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.005	6.120	0.031
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	0.007	10.000	0.068
s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.009	6.120	0.052
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.007	6.120	0.042
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.034	10.000	0.342
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.005	6.120	0.031
<b>Risiko Keselamatan</b>				
s18	Kecelakaan di site	0.183	6.120	1.119
s19	Cedera di site	0.040	6.120	0.246
<b>Risiko teknologi konstruksi</b>				
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	6.120	0.624
<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>				
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.028	6.120	0.173
s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.038	6.120	0.235
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.022	6.120	0.136
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.012	6.120	0.074
<b>Risiko Sosial</b>				
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	6.120	0.447
			<b>Total</b>	<b>7.618</b>

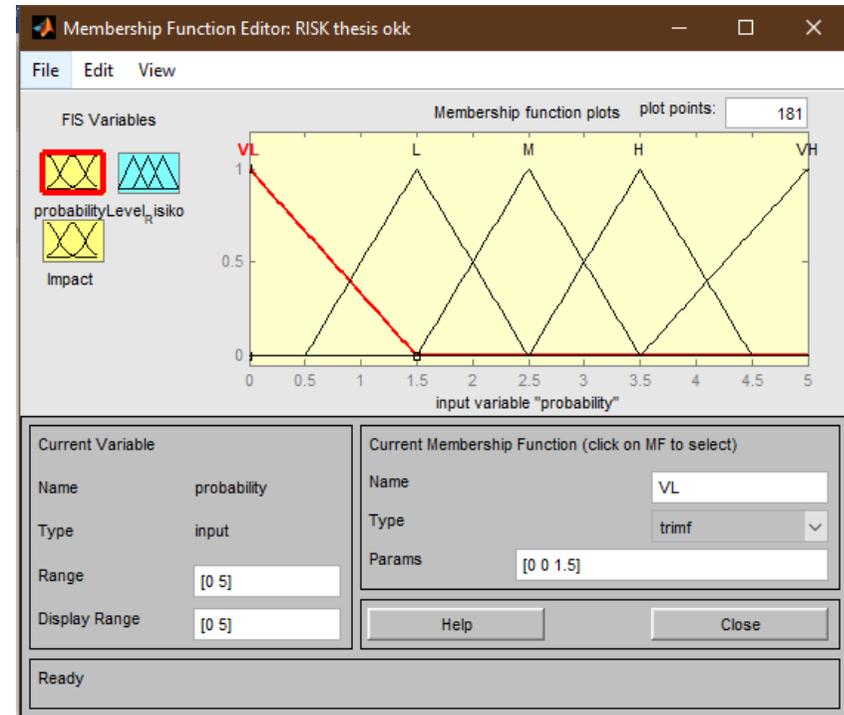
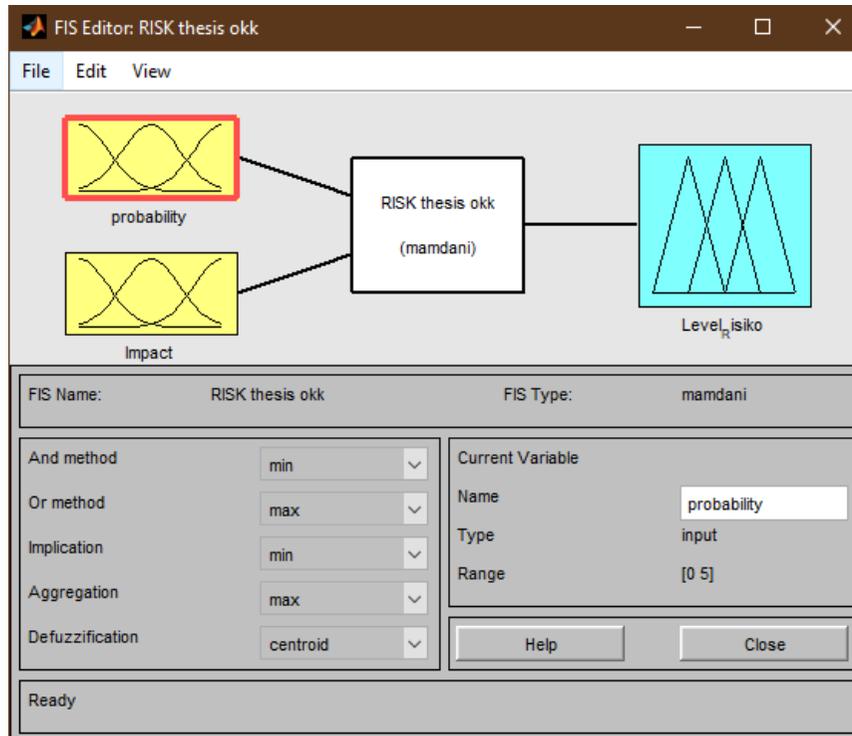
Lampiran 20. Rekap Responden V

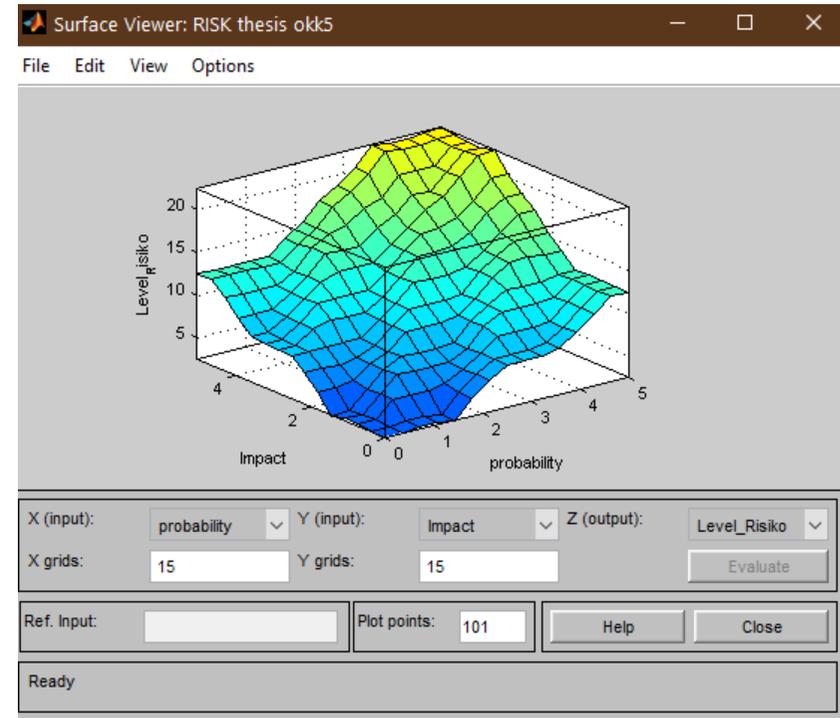
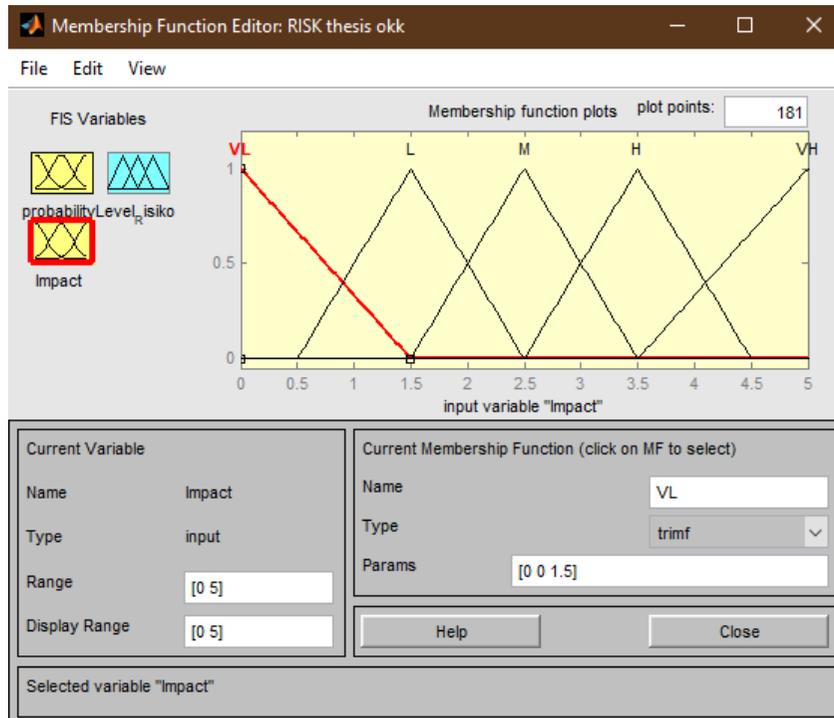
	<b>Internal (Risiko Personil)</b>			
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.061	15.000	0.914
s2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diathesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	0.061	6.120	0.373
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.055	6.120	0.334
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.034	6.120	0.206
	<b>Risiko Teknologi Desain</b>			
s5	Penyimpangan desain dari konstruksi	0.052	10.000	0.516
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.068	10.000	0.684
	<b>Risiko Peralatan dan Material</b>			
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.021	6.120	0.126
s8	Pembatasan transportasi lokal	0.010	6.120	0.063
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.038	10.000	0.376
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.017	6.120	0.105
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.019	6.120	0.115
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.005	10.000	0.051
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari peralatan konstruksi	0.007	6.120	0.042
s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.009	6.120	0.052
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.007	6.120	0.042
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.034	10.000	0.342
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.005	6.120	0.031
	<b>Risiko Keselamatan</b>			
s18	Kecelakaan di site	0.183	6.120	1.119
s19	Cedera di site	0.040	6.120	0.246
	<b>Risiko teknologi konstruksi</b>			
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	6.120	0.624
	<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>			
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.028	10.000	0.283
s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.038	6.120	0.235
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.022	6.120	0.136
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.012	6.120	0.074
	<b>Risiko Sosial</b>			
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	6.120	0.447
	<b>Total</b>			<b>7.535</b>

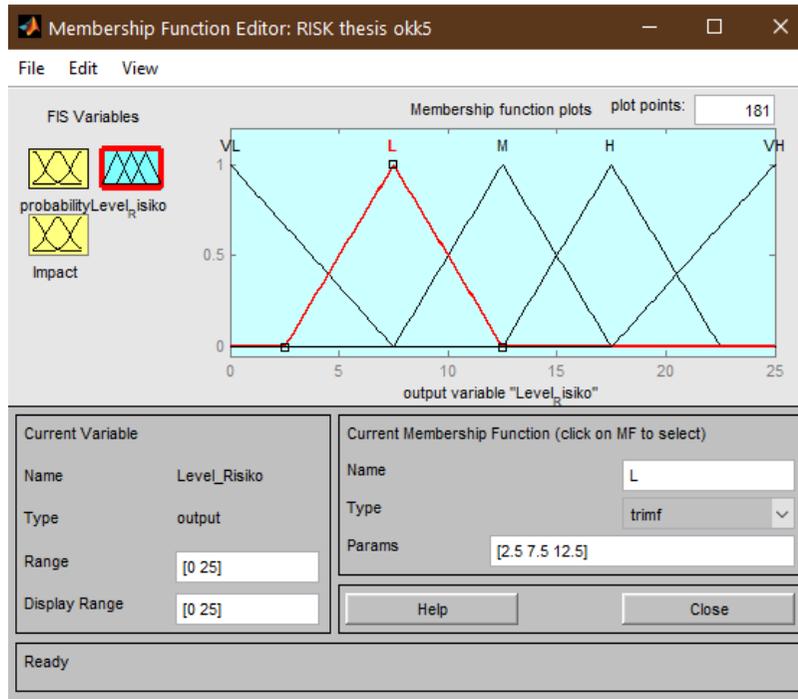
Lampiran 21. Rekap Responden VI

Kode	Jenis Risiko	Bobot Global	Risk	Risk Level
<b>Internal (Risiko Personil)</b>				
s1	Kualitas tenaga Teknis ( Termasuk Psikologis, integritas moral, teknik operasi dan efisiensi).	0.061	16.300	0.993
s2	Kualitas dari personil manajemen (termasuk diatthesis psikologis, integritas moral dan tingkat manajemen).	0.061	6.120	0.373
s3	Pertimbangan yang tidak matang terhadap kondisi lapangan.	0.055	10.000	0.546
s4	Kegagalan sistem teknologi internal	0.034	6.120	0.206
<b>Risiko Teknologi Desain</b>				
s5	Penyimpangan de sain dari konstruksi	0.052	10.000	0.516
s6	Kurangnya pemahaman dari karakteristik struktur dan teori desain	0.068	6.120	0.419
<b>Risiko Peralatan dan Material</b>				
s7	Jenis dan kuantitas yang salah dari bahan baku material, produk jadi, dan semi manufaktur.	0.021	6.120	0.126
s8	Pembatasan transportasi lokal	0.010	6.120	0.063
s9	Keterlambatan dalam penyediaan dan memasukan peralatan konstruksi	0.038	10.000	0.376
s10	Kapasitas produksi dari peralatan konstruksi yang tidak cukup	0.017	15.000	0.257
s11	Kurangnya aksesoris dan bahan bakar peralatan konstruksi	0.019	6.120	0.115
s12	Kerusakan mesin konstruksi dan kesalahan listrik	0.005	6.120	0.031
s13	Kekurangan dari pemeliharaan peralatan dan kelebihan muatan dari perlatan konstruksi	0.007	10.000	0.068
s14	Kerusakan peralatan karena faktor alam	0.009	6.120	0.052
s15	Peralatan yang tidak digunakan dalam waktu lama	0.007	6.120	0.042
s16	Tidak tersedianya atau kekurangan material	0.034	6.120	0.209
s17	Pencurian peralatan dan materil di site	0.005	10.000	0.051
<b>Risiko Keselamatan</b>				
s18	Kecelakaan di site	0.183	6.120	1.119
s19	Cedera di site	0.040	6.120	0.246
<b>Risiko teknologi konstruksi</b>				
s20	Kematian karena kecelakaan	0.102	6.120	0.624
<b>Risiko Eksternal ( Risiko Alami)</b>				
s21	Kondisi cuaca dan lingkungan yang buruk	0.028	6.120	0.173
s22	Kondisi lapangan yang tidak diinginkan ( ketidak stabilan pasokan air, listrik,dsb)	0.038	6.120	0.235
s23	Lokasi geografis yang merugikan	0.022	6.120	0.136
s24	Menipisnya sumber daya alam	0.012	6.120	0.074
<b>Risiko Sosial</b>				
s25	Masalah yang dibuat oleh warga sekitar	0.073	6.120	0.447
			<b>Total</b>	<b>7.496</b>

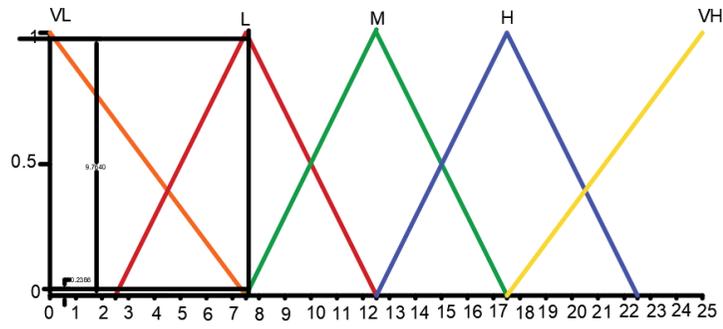
Lampiran 21. Rekap Matlab



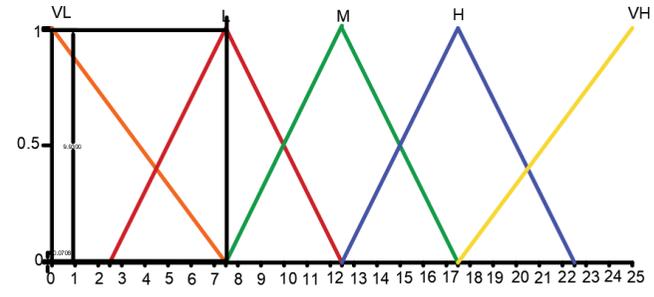




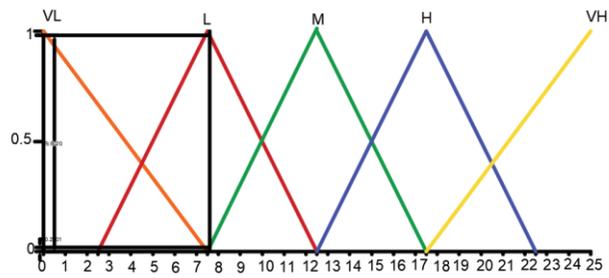
1. If (probability is 1) and (Impact is 1) then (Level\_Risiko is VL) (1)
2. If (probability is 1) and (Impact is 2) then (Level\_Risiko is VL) (1)
3. If (probability is 1) and (Impact is 3) then (Level\_Risiko is L) (1)
4. If (probability is 1) and (Impact is 4) then (Level\_Risiko is L) (1)
5. If (probability is 1) and (Impact is 5) then (Level\_Risiko is M) (1)
6. If (probability is 2) and (Impact is 1) then (Level\_Risiko is VL) (1)
7. If (probability is 2) and (Impact is 2) then (Level\_Risiko is L) (1)
8. If (probability is 2) and (Impact is 3) then (Level\_Risiko is L) (1)
9. If (probability is 2) and (Impact is 4) then (Level\_Risiko is M) (1)
10. If (probability is 2) and (Impact is 5) then (Level\_Risiko is M) (1)
11. If (probability is 3) and (Impact is 1) then (Level\_Risiko is L) (1)
12. If (probability is 3) and (Impact is 2) then (Level\_Risiko is L) (1)
13. If (probability is 3) and (Impact is 3) then (Level\_Risiko is M) (1)
14. If (probability is 3) and (Impact is 4) then (Level\_Risiko is M) (1)
15. If (probability is 3) and (Impact is 5) then (Level\_Risiko is H) (1)
16. If (probability is 4) and (Impact is 1) then (Level\_Risiko is L) (1)
17. If (probability is 4) and (Impact is 2) then (Level\_Risiko is M) (1)
18. If (probability is 4) and (Impact is 3) then (Level\_Risiko is M) (1)
19. If (probability is 4) and (Impact is 4) then (Level\_Risiko is H) (1)
20. If (probability is 4) and (Impact is 5) then (Level\_Risiko is VH) (1)
21. If (probability is 5) and (Impact is 1) then (Level\_Risiko is M) (1)
22. If (probability is 5) and (Impact is 2) then (Level\_Risiko is M) (1)
23. If (probability is 5) and (Impact is 3) then (Level\_Risiko is H) (1)
24. If (probability is 5) and (Impact is 4) then (Level\_Risiko is VH) (1)
25. If (probability is 5) and (Impact is 5) then (Level\_Risiko is VH) (1)



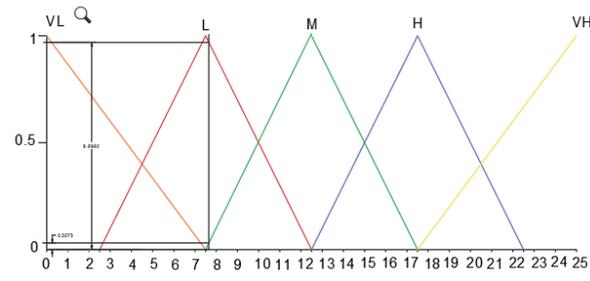
Proyek I I



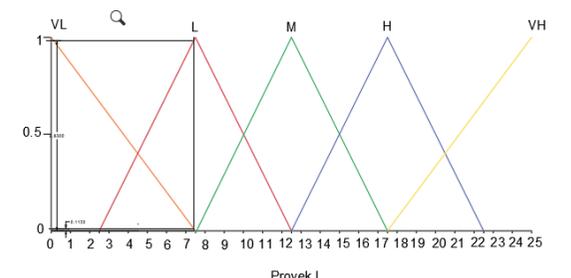
Proyek III



Proyek V



Proyek IV



Proyek I

## AUTOBIOGRAFI



Putri Suci Mawariza biasa dipanggil “Putri” lahir di Palembang pada tanggal 30 Maret 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Tunas Perwanida II Palembang, SD Negeri 17 Palembang, SMPN 1 Palembang, SMA N 17 Palembang. Setelah lulus dari SMAN 17 Palembang tahun 2012, Penulis mengikuti seleksi tes masuk Program D3 Teknik yang diselenggarakan oleh ITS Surabaya dan diterima di Jurusan DIII Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2012. Penulis menyelesaikan studi Diploma III di Jurusan D3 Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2015. Pada tahun 2016 penulis memutuskan melanjutkan studi Lintas Jalur S1 di Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Setelah lulus pada tahun 2018, dan pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi S2 di Insitut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Jurusan Teknik Sipil bidang keahlian Manajemen Proyek Konstruksi.

Contact person : putri.suci54@gmail.com