

SKRIPSI

**PENILAIAN RISIKO DENGAN METODE FUZZY PADA
PROYEK KONSTRUKSI**

Disusun dan diajukan oleh:

**ZUL FIKRAN ARBIE
D011 17 1542**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENILAIAN RISIKO DENGAN METODE FUZZY PADA PROYEK KONSTRUKSI

Disusun dan diajukan oleh

ZUL FIKRAN ARBIE
D011 17 1542

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 25 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST, M.Eng.PM

NIP: 197303061998021001

Pembimbing Pendamping,



Prof. Ir. Suharman Hamzah, ST, MT, Ph.D, HSECert

NIP: 197605032002121001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng

NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : ZUL FIKRAN ARBIE
NIM : D011171542
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Penilaian Risiko dengan Metode Fuzzy pada Proyek Konstruksi}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 1 November 2023

Yang Menyatakan


ZUL FIKRAN ARBIE

ABSTRAK

ZUL FIKRAN ARBIE. Penilaian Risiko dengan Metode Fuzzy pada Proyek Konstruksi (dibimbing Dr. M. Asad Abdurrahman, ST, M.Eng.PM dan Prof. Ir. Suharman Hamzah, ST, MT, PhD. HSECert)

Dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi umumnya menggunakan waktu yang cukup lama dan sifatnya yang kompleks sehingga banyak ketidakpastian yang terjadi yang akhirnya menimbulkan timbulnya berbagai risiko. Dampak dari risiko yang timbul pada sebuah proyek dapat mempengaruhi biaya, mutu, dan waktu pelaksanaan proyek. Pada setiap tahapan dalam pelaksanaan sebuah proyek tidak terlepas dari risiko dan ketidakpastian dan salah satunya pada proyek Pembangunan Apartemen Delft dan Kanto baik itu pada pihak owner maupun kontraktor. Untuk mengurangi kerugian yang dialami oleh pihak owner maupun kontraktor dalam melaksanakan sebuah proyek agar dapat tercapai tujuan dan target yang diinginkan, maka perlu dilakukan penilaian risiko. Risiko adalah kombinasi logis dari sebuah kemungkinan (probabilitas) dan dampak (impact) sehingga kita perlu menggunakan fuzzy logic untuk model ketidaktepatan dan ketidakpastian dari pemikiran manusia. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan untuk membandingkan hasil penilaian risiko dengan Metode Fuzzy Inference Risk Maps dan Metode Pendekatan Triangular Fuzzy Number terhadap variabel risiko yang teridentifikasi pada Proyek Pembangunan Apartemen Delft dan kanto baik pada pihak owner maupun pihak kontraktor. Metode pengumpulan data primer yakni dengan melakukan survey menggunakan kuesioner. Model penilaian risiko fuzzy yang digunakan ada dua yakni dengan Metode Fuzzy Inference Risk Maps yang menggunakan aplikasi Matlab R2020a dan Metode Pendekatan Triangular Fuzzy Number. Dari hasil penelitian ini, Metode Fuzzy Inference Risk Maps menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan Metode Pendekatan Triangular Fuzzy Number dalam hal tingkat akurasi. Dimana pada pihak owner memiliki tingkat akurasi sebesar 76,44% dan di kontraktor sebesar 87,12%. Dari penelitian ini juga dapat diketahui variabel risiko yang memiliki tingkat risiko tertinggi yakni Perubahan BOQ yang mengakibatkan meningkatnya nilai kontrak 10% di pihak owner dan perubahan harga material di pihak kontraktor.

Kata Kunci: Penilaian Risiko, Logika Fuzzy, Tingkat Risiko.

ABSTRACT

ZUL FIKRAN ARBIE. *Risk assessment using the fuzzy method in construction projects* (supervised by Dr. M. Asad Abdurrahman, ST, M.Eng.PM and Prof. Ir. Suharman Hamzah, ST, MT, PhD. HSECert)

In the implementation of a construction project generally takes quite a long time and is complex in nature so that many uncertainties occur which eventually give rise to various risks. The impact of risks that arise on a project can affect the cost, quality, and time of project implementation. At every stage in the implementation of a project, it is inseparable from risks and uncertainties, and one of them is the delft and kanto apartment development project, both on the part of the owner and the contractor. To reduce the losses experienced by the owner and contractor in implementing a project so that the desired goals and targets can be achieved, it is necessary to carry out a risk assessment. Risk is a logical combination of probability and impact, so we need to use fuzzy logic to model the inaccuracies and uncertainties of human thought. This study aims to compare the results of risk assessment using the fuzzy inference risk maps method and the triangular fuzzy number approach method for the risk variables identified in the delft and kanto apartment development project for both the owner and contractor parties. The primary data collection method is by conducting a survey using a questionnaire. There are two fuzzy risk assessment models used, namely the fuzzy inference risk maps method which uses the matlab R2020a application and the triangular fuzzy number approach method. From the results of this study, the fuzzy inference risk maps method showed better results compared to the triangular fuzzy number approach method in terms of accuracy. Where the owner has an accuracy rate of 76.44% and the contractor is 87.12%. From this study it can also be seen that the risk variable that has the highest level of risk is the change in boq which results in an increase in the contract value of 10% on the owner's side and a change in material prices on the contractor's side.

Keywords: Risk Assessment, Fuzzy Logic, Risk Level.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan	4
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Konsep Risiko	7
2.2 Tipe Risiko.....	7
2.3 Manajemen Risiko.....	8
2.4 Proyek Konstruksi	11
2.5 Risiko Pelaksanaan Proyek	13
2.6 Risk Assessment.....	15
2.7 Metode Fuzzy.....	17
2.8 Fuzzy Inference Risk Map	21
2.9 Triangular Fuzzy Number.....	23
BAB 3 METODE PENELITIAN	28
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	28

3.2	Gambaran Umum Proyek	29
3.3	Populasi dan Sampel.....	29
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	29
3.5	Variabel Penelitian	30
3.6	Pembuatan Kuesioner	32
3.7	Analisis Data.....	34
3.7.1	Analisis Deskriptif	34
3.7.2	Analisis Penilaian Risiko dengan Metode Fuzzy Inference Risk Map/Fuzzy Inferensi Peta Risiko	35
3.7.3	Penilaian Risiko dengan Metode Pendekatan Triangular Fuzzy Number.....	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Identifikasi Risiko berdasarkan Studi Literatur	37
4.2	Karakteristik Responden.....	38
4.2.1	Berdasarkan Jabatan Responden.....	39
4.2.2	Berdasarkan Tingkat Pendidikan Responden	41
4.2.3	Berdasarkan Pengalaman Kerja Responden	42
4.3	Analisis Deskriptif.....	43
4.4	Analisis Metode Fuzzy	45
4.4.1	Analisa Fuzzy Inference Risk Map/Fuzzy Inferensi Peta Risiko	46
4.4.2	Penilaian Risiko dengan Pendekatan Triangular Fuzzy Number	56
4.5	Ranking Risiko	79
4.6	Validasi	83
BAB 5. PENUTUP		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema Manajemen Risiko	10
Gambar 2 Daur kegiatan untuk mencapai kegiatan proyek	12
Gambar 3 Probabilitas vs dampak terhadap proyek	16
Gambar 4 Skema Metode Fuzzy untuk Risk Assessment	17
Gambar 5 Gambar hubungan probabilitas dan dampak pada peta risiko	17
Gambar 6 Fungsi keanggotaan Fuzzy Triangular probabilitas dan dampak.....	24
Gambar 7 Triangular Fuzzy Number.....	27
Gambar 8 Diagram alir (flowchart) penelitian.....	28
Gambar 9 Jabatan responden owner	39
Gambar 10 Jabatan responden kontraktor.....	40
Gambar 11 Tingkat pendidikan responden owner	41
Gambar 12 Tingkat pendidikan responden kontraktor	41
Gambar 13 Pengalaman kerja responden owner	42
Gambar 14 Pengalaman kerja responden kontraktor.....	42
Gambar 15 Peta risiko (Matriks 5x5)	46
Gambar 16 FIS Editor pada matlab	47
Gambar 17 Fungsi keanggotaan variabel input probabilitas.....	47
Gambar 18 Fungsi keanggotaan variabel input dampak.....	48
Gambar 19 Fungsi keanggotaan output tingkat risiko	48
Gambar 20 Inferensi aturan fuzzy (fuzzy rules).....	49
Gambar 21 Penegasan (crisp) nilai fuzzy	50
Gambar 22 Hubungan probabilitas, dampak, dan tingkat risiko dalam surface viewer.....	51
Gambar 23 Tingkat risiko pada pihak owner dengan metode Fuzzy Inference Risk Maps.....	53
Gambar 24 Tingkat risiko pada pihak kontraktor dengan metode Fuzzy Inference Risk Maps.....	55
Gambar 25 Matriks penyebaran probabilitas dan dampak pada peta risiko pihak owner	71

Gambar 26 Matriks penyebaran probabilitas dan dampak pada peta risiko pihak kontraktor	72
Gambar 27 Tingkat risiko dengan metode pendekatan Triangular Fuzzy Number pada pihak owner	75
Gambar 28 Tingkat risiko dengan metode pendekatan Triangular Fuzzy Number pada pihak kontraktor	76
Gambar 29 Rekapitulasi tingkat risiko pada pihak owner	77
Gambar 30 Rekapitulasi tingkat risiko pada pihak kontraktor	78
Gambar 31 Rekapitulasi kesesuaian data pada pihak owner	85
Gambar 32 Rekapitulasi kesesuaian data pada pihak kontraktor	86

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Variabel linguistik dan fuzzy number terhadap probabilitas dan dampak.....	25
Tabel 2.	Variabel risiko bagi owner berdasarkan studi literatur	31
Tabel 3.	Variabel risiko bagi kontraktor berdasarkan studi literatur	32
Tabel 4.	Deskripsi penilaian responden terhadap probabilitas	33
Tabel 5.	Deskripsi penilaian responden terhadap dampak	34
Tabel 6.	Variabel risiko yang berpengaruh terhadap owner	37
Tabel 7.	Variabel risiko yang berpengaruh terhadap kontraktor	38
Tabel 8.	Nilai rata-rata probabilitas dan dampak pada pihak owner.....	44
Tabel 9.	Nilai rata-rata probabilitas dan dampak pada pihak kontraktor	45
Tabel 10.	Penilaian risiko dengan metode Fuzzy Inference Risk Map pada pihak owner	52
Tabel 11.	Penilaian risiko dengan metode Fuzzy Inference Risk Map pada pihak kontraktor	54
Tabel 12.	Fungsi keanggotaan dari Triangular Fuzzy Number probabilitas	56
Tabel 13.	Fungsi keanggotaan dari Triangular Fuzzy Number dampak	56
Tabel 14.	Jawaban responden owner terhadap analisis probabilitas dan dampak	57
Tabel 15.	Jawaban responden kontraktor terhadap analisis probabilitas dan dampak.....	59
Tabel 16.	Average fuzzy probabilitas pada pihak owner	64
Tabel 17.	Average fuzzy dampak pada pihak owner	64
Tabel 18.	Average fuzzy probabilitas pada pihak kontraktor.....	65
Tabel 19.	Average fuzzy dampak pada pihak kontraktor.....	66
Tabel 20.	Nilai Fuzzy Risk pada pihak owner.....	67
Tabel 21.	Nilai Fuzzy Risk pada pihak kontraktor	68
Tabel 22.	Defuzzified Crisp Risk Rating pada pihak owner	69
Tabel 23.	Defuzzified Crisp Risk Rating pada pihak kontraktor.....	70

Tabel 24.	Penilaian risiko dengan Metode Pendekatan Triangular Fuzzy Number pada pihak owner.....	73
Tabel 25.	Penilaian risiko dengan Metode Pendekatan Triangular Fuzzy Number pada pihak kontraktor	74
Tabel 26.	Ranking risiko dengan metode Fuzzy Inference Risk Maps pada pihak owner	79
Tabel 27.	Ranking risiko dengan metode Fuzzy Inference Risk Maps pada pihak kontraktor	80
Tabel 28.	Ranking risiko dengan metode pendekatan Triangular Fuzzy Number pada pihak owner.....	81
Tabel 29.	Ranking risiko dengan metode pendekatan Triangular Fuzzy Number pada pihak kontraktor	82
Tabel 30.	Hasil testing data pada pihak owner	83
Tabel 31.	Hasil testing data pada pihak kontraktor.....	84
Tabel 32.	Perbandingan akurasi metode fuzzy pada pihak owner	85
Tabel 33.	Perbandingan akurasi metode fuzzy pada pihak.kontraktor	85

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
TFN	Triangular Fuzzy Number
R	Tingkat risiko
P	Kemungkinan (Probability) risiko yang terjadi
I	Dampak (Impact) risiko yang terjadi
a1	Rentang risiko minimum-nilai pesimis
am	Rentang risiko yang paling mungkin-nilai rata-rata
a2	Rentang risiko maksimum-nilai optimis
CPI	Center Point of Indonesia
X	Peringkat fuzzy individu
N	Jumlah responden atau pakar
BOQ	Bill of Quantity
MAPE	Mean Absolute Percentage Error

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Contoh kuesioner.....	93
Lampiran 2	Data jawaban responden di pihak owner terhadap probabilitas dan dampak.....	98
Lampiran 3	Data jawaban responden di pihak kontraktor terhadap probabilitas dan dampak	99
Lampiran 4	Analisa deskriptif probabilitas dan dampak.....	100
Lampiran 5	IF-THEN Rules pada fuzzy logic	102
Lampiran 6	Output analisis Fuzzy Inference Risk Maps Pihak Owner	103
Lampiran 7	Output analisis Fuzzy Inference Risk Maps Pihak Kontraktor.....	107
Lampiran 8	Dokumentasi pengisian kuesioner oleh pihak Owner	113
Lampiran 9	Dokumentasi pengisian kuesioner oleh pihak Kontraktor	114
Lampiran 10	Surat izin pengambilan data di lapangan	115
Lampiran 11	Curriculum Vitae	116

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahahirabbil ‘aalamin, atas rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan oleh Allah Subhanahu wata’ala, maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM., ASEAN.Eng.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Dr. M. Asad Abdurrahman, ST., M.Eng., PM.** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penelitian ini.
4. **Prof. Ir. Suharman Hamzah, ST, MT, PhD. HSECert.** selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penelitian ini.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu Ayahanda **Djafar AR Arbie** dan Ibunda **Juhariah**, yang selalu memberikan motivasi, do'a dan dukungan di setiap waktu tanpa lelah dengan kasih sayangnya yang tak terhingga.
2. Saudari-saudariku tercinta beserta seluruh keluarga dan kerabat atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritiual maupun materi.
3. Bapak Danang beserta staf dan pegawai PT Nusa Konstruksi Enginiring dan Ciputra yang telah meluangkan waktunya untuk membantu saya mengisi kuesioner penelitian hingga selesai.
4. Teman-teman pengurus yayasan Al Fityah dan Lembaga Dakwah GKM LD Al Muhandis yang selalu memberikan motivasi, bantuan, dan doa dalam proses pengerjaan penelitian ini hingga selesai.
5. Teman-teman KKD Manajemen Konstruksi 2017 yang selalu memberikan doa dan bantuannya serta motivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Kanda-kanda senior atau alumni yang selalu memberikan masukan serta bantuan referensi dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Saudara-saudariku seangkatan 2017 Teknik Sipil dan Lingkungan, PLASTIS 2018 yang telah memberi warna dalam perjalanan perkuliahan saya.

Gowa, 1 November 2023

Penulis

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Association for Project Management (APM), definisi proyek adalah sebuah pekerjaan yang bersifat unik dan sementara. Proyek dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah direncanakan dan membuahkan hasil atau manfaat (output) yang diinginkan. Waktu dan biaya adalah pondasi utama dari sebuah proyek. Karena itu, proyek seringkali dikatakan berhasil jika berhasil mencapai tujuan dan hasil yang diinginkan dalam skala waktu dan anggaran yang sesuai dengan kesepakatan awal. Beberapa contoh proyek adalah pengembangan perangkat lunak, pembuatan produk atau jasa, pembangunan gedung, pembangunan infrastruktur umum, kegiatan sosial bencana alam, dan lain-lain.

Proyek adalah upaya yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu (Dipohusodo, 1996:9). Proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia material, peralatan, dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2009:4). Sebuah proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Larson, 2006:3).

Dalam sebuah proyek konstruksi umumnya memakan waktu yang cukup lama dan bersifat kompleks sehingga menimbulkan ketidakpastian yang pada akhirnya menyebabkan timbulnya risiko, proyek konstruksi tidak pernah lepas dari sebuah risiko. Semakin besar ukuran dan kompleksitas proyek maka risiko yang terdapat dalam proyek juga semakin besar. Jika tidak diantisipasi maka risiko akan menjadi problem atau masalah bagi proyek. Dampak risiko dapat mempengaruhi biaya, mutu dan waktu pelaksanaan proyek. Beberapa proyek mengalami kegagalan atau bermasalah dilihat dari kualitas, kuantitas, dan mengalami keterlambatan dari batas waktu kontrak.

CitraLand City Losari Makassar merupakan pengembangan yang terletak di depan Pantai Losari dan pusat kota Makassar. Dengan konsep mega-complex berbentuk burung garuda, simbol kemegahan Indonesia, pengembangan ini merupakan bagian dari visi kawasan baru yang disebut “The Center Point of Indonesia”. Dikembangkan di atas lahan seluas 157 hektar, CitraLand City Losari Makassar mengintegrasikan hunian, bisnis, dan hiburan dengan keindahan eksotis dari lingkungan tepi laut secara terpadu dalam sebuah kompleks berkelas dunia dengan fasilitas lengkap untuk menunjang gaya hidup modern. Dengan adanya gedung-gedung perkantoran serta kawasan superblok, CitraLand City Losari Makassar diproyeksikan akan menjadi titik pusat perekonomian kota Makassar yang tengah tumbuh pesat. Salah satu proyek yang dibangun di CitraLand City adalah Apartemen Delft & Kanto yang dirancang dengan apartemen 23 lantai dan kanto 3 lantai. Proyek ini telah dimulai sejak Oktober dan direncanakan selesai dalam 18 bulan. Dalam pelaksanaan setiap proyek tentunya tidak luput dari timbulnya risiko begitupun pada proyek Apartemen Delft & Kanto baik yang bersumber dari faktor internal maupun faktor eksternal.

Pada setiap tahapan proyek tidak terlepas dari berbagai risiko dan ketidakpastian terlebih pada proyek pembangunan Apartemen Delft & Kanto. Seringkali penanganan risiko terlambat dilakukan. Penanganan dilakukan setelah problem atau masalah itu terjadi yang tentu saja hanya dapat mengurangi sedikit dampak yang terjadi. Pengelolaan risiko proyek yang baik akan membuat proyek lebih terkendali dan proyek tidak mengalami kerugian. Untuk mengurangi dampak yang merugikan bagi pencapaian tujuan fungsional suatu proyek konstruksi, maka perlu dilakukan suatu penilaian risiko terhadap risiko yang terjadi.

Penilaian risiko bertujuan untuk mengevaluasi besarnya risiko serta dampak yang akan ditimbulkannya sehingga kerugian yang terjadi dapat diminimalisir dan masih dalam batas-batas yang dapat diterima. Penilaian risiko dapat digunakan sebagai langkah saringan untuk menentukan tingkat

risiko ditinjau dari kemungkinan kejadian (*probability*) dan dampak yang ditimbulkan (*impact*). Seringkali probabilitas dan dampak tidak dapat diidentifikasi dengan tegas. Faktor-faktor ini dapat ditentukan hanya dengan pengetahuan para pakar. Dalam hal ini risiko adalah kombinasi logis dari keparahan dan kemungkinan (probabilitas) dan perlu menggunakan logika fuzzy untuk model ketidakteitian dan ketidaktentuan pikiran manusia.

Pada penelitian ini, penilaian risiko dilakukan dengan menggunakan Metode Fuzzy. Metodologi penilaian risiko fuzzy didasarkan pada teori himpunan fuzzy, yang dikembangkan oleh zadeh pada tahun 1965. Metode ini lebih fleksibel dan bermakna untuk menilai risiko. Metode ini merupakan teknik / metode yang dipakai untuk mengatasi hal yang tidak pasti pada masalah-masalah yang mempunyai banyak jawaban. Metode ini biasa disebut *fuzzy logic* atau logika samar. Logika Fuzzy berguna untuk memecahkan permasalahan yang mengandung ketidaktegasan. Logika Fuzzy memungkinkan untuk membangun system yang lebih peka mengolah penilaian narasumber yang cenderung sulit menilai secara tegas. Pada dasarnya Logika Fuzzy merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang mampu mendefinisikan nilai diantara keadaan yang konvensional seperti benar atau salah, ya atau tidak, putih atau hitam, dan lain-lain. Penalaran logika Fuzzy menyediakan cara untuk memahami kinerja sistem dengan cara dengan cara menilai input dan output sistem dari hasil pengamatan. Metode ini diharapkan mampu menajamkan proses penilaia risiko sehingga dapat diketahui besar risiko yang ada dalam Proyek Pembangunan Apartemen Delft & Kanto dan secara umum penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam Proyek Pembangunan Apartemen Delft & Kanto.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik mengangkat Tugas Akhir yang berjudul:

“PENILAIAN RISIKO DENGAN METODE FUZZY PADA PROYEK KONSTRUKSI”

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah:

1. Bagaimana identifikasi variable risiko yang berpengaruh dalam pelaksanaan Proyek Pembangunan Apartemen Delft & Kanto?
2. Bagaimana hasil penilaian risiko dengan Metode Fuzzy Inference Risk Maps dan metode Pendekatan TFN (*Triangular Fuzzy Number*) terhadap variable risiko yang teridentifikasi pada Proyek Pembangunan Apartemen Delft & Kanto?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi variable risiko yang berpengaruh dalam pelaksanaan Proyek Pembangunan Apartemen Delft & Kanto.
2. Membandingkan hasil penilaian risiko dengan Metode Fuzzy Inference Risk Maps dan metode Pendekatan TFN (*Triangular Fuzzy Number*) terhadap variable risiko yang teridentifikasi pada Proyek Pembangunan Apartemen Delft & Kanto.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini secara umum diharapkan dapat memberikan informasi masukan sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai variabel risiko yang mungkin terjadi dalam pelaksanaan sebuah proyek.
2. Memberikan informasi mengenai cara menganalisis variabel risiko yang teridentifikasi dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.
3. Dapat digunakan sebagai referensi untuk mengantisipasi risiko yang terjadi pada pelaksanaan proyek.

1.5 Batasan masalah

Demi tercapainya penelitian diperlukan suatu batasan dalam penulisan agar pembahasan tidak meluas ruang lingkungannya sehingga tujuan dari penulisan dapat tercapai dan dipahami.

Adapun ruang lingkup penulisan yang dijadikan batasan dalam penulisan adalah :

1. Variabel risiko yang digunakan merupakan hasil dari studi literatur dan pemantauan di lapangan.
2. Data yang digunakan adalah hasil survei dari pembagian kuesioner ke pihak yang terlibat dalam Pembangunan Apartemen Delft & Kanto.
3. Pembahasan dibatasi hanya pada tahap penilaian risiko berdasarkan data yang diperoleh dari analisa risiko, baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.
4. Pada proses penilaian risiko digunakan Metode Fuzzy.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu : Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran.

Berikut merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini mengandung uraian tentang informasi secara keseluruhan dari penelitian ini yang berkenaan dengan latar belakang penelitian, rumusan masalah, maksud dan tujuan diadakan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian mengenai dasar-dasar teori atau landasan teori yang berkaitan dengan penelitian sebagai penunjang dalam mengolah dan menganalisis data-data yang diperoleh.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian mulai dari lokasi pencarian data, metode pengambilan data, identifikasi variable dan metode pengolahan data yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data-data yang telah dikumpulkan yang kemudian diolah menggunakan metode yang telah ditetapkan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat uraian tentang kesimpulan yang dapat diambil dari hasil-hasil analisis terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan yang disertai dengan saran-saran yang diusulkan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Risiko

Risiko adalah suatu kejadian atau kondisi yang tidak pasti apabila terjadi dapat berdampak pada tujuan proyek yang mencakup ruang lingkup jadwal, biaya dan kualitas (PMBOK, 2008). Risiko adalah kemungkinan terjadinya sesuatu yang akan mempunyai dampak terhadap tujuan (AS/NZS 4360 : 2004). Secara sederhana, risiko diartikan sebagai kemungkinan kejadian yang merugikan. Menurut Abbas Salim (2008), risiko adalah ketidakpastian (*uncertainly*) yang mungkin melahirkan kerugian (*loss*). Ketidakpastian ini dapat disebabkan oleh :

1. Ketidakpastian ekonomi (*economic uncertainly caused*);
2. Ketidakpastian yang disebabkan oleh alam (*nature uncertainly caused*);
3. Ketidakpastian yang disebabkan oleh perilaku manusia (*human uncertainly caused*).

Ada tiga unsur penting dari sesuatu yang dianggap risiko:

1. Merupakan kejadian.
2. Kejadian tersebut masih merupakan kemungkinan, jadi bisa saja terjadi dan bisa tidak terjadi.
3. Jika sampai terjadi, akan menimbulkan dampak kerugian.

2.2 Tipe Risiko

Risiko dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Risiko murni (*pure risk*) adalah risiko dimana kemungkinan kerugian ada, tetapi kemungkinan keuntungan tidak ada. Contoh : kecelakaan, kebakaran, banjir, dan sebagainya. Salah satu cara menghindari risiko murni ini adalah dengan asuransi. Dengan demikian besarnya kerugian dapat diminimalkan. Itu sebabnya risiko murni kadang dikenal dengan istilah risiko yang dapat diasuransikan (*insurable risk*).
2. Risiko spekulatif adalah suatu risiko yang dihadapi perusahaan yang dapat memberikan keuntungan dan juga dapat memberikan kerugian. Contoh :

usaha bisnis, membeli saham, dan sebagainya. Risiko spekulatif kadang-kadang dikenal dengan istilah risiko bisnis.

2.3 Manajemen Risiko

Seorang kontraktor dikatakan sukses apabila dalam pelaksanaan pekerjaannya telah mencapai empat hal, yaitu : tepat biaya, mutu, waktu, dan keselamatan kerja. Dalam pencapaian tujuan tersebut risiko selalu mengganggu atau menghalangi. Risiko tersebut tidak dapat dihilangkan, tetapi jika pengaruhnya dapat diprediksi maka seluruh tindakan manajemen risiko dapat diambil untuk mengurangi kejadian risiko yang tidak diinginkan.

Manajemen risiko adalah suatu pendekatan terstruktur / metodologi dalam mengelola ketidakpastian yang berkaitan dengan ancaman; suatu rangkaian aktivitas manusia termasuk: penilaian risiko, pengembangan strategi untuk mengelolanya dan mitigasi risiko dengan menggunakan pemberdayaan / pengelolaan sumberdaya. Strategi yang dapat diambil diantara lain adalah memindahkan risiko pada pihak lain, menghindari risiko, mengurangi efek negatif risiko dan menampung sebagian atau semua konsekuensi risiko tertentu.

Manajemen risiko adalah sebuah cara yang sistematis dalam memandang sebuah risiko dan menentukan dengan tepat penanganan risiko tersebut. Ini merupakan sebuah sarana untuk mengidentifikasi sumber dari risiko dan ketidakpastian dan memperkirakan dampak yang ditimbulkan dan mengembangkan respon yang harus dilakukan untuk menanggapi risiko (Uher, 1996). Menurut AS/NZS 4360:2004, manajemen risiko adalah kultur, proses dan struktur yang diarahkan kepada manajemen yang efektif mengenai peluang-peluang yang potensial dan pengaruh-pengaruh yang merugikan. Sedangkan proses manajemen risiko didefinisikan sebagai aplikasi yang sistematis atas kebijakan manajemen, prosedur dan praktik-praktik untuk tugas-tugas penetapan konteks, pengidentifikasian, penganalisan, pengevaluasian, perlakuan, pemantauan dan pengkomunikasian risiko.

Prinsip-prinsip dasar dari manajemen risiko adalah sebagai berikut :

- Terima ada risiko yang tidak perlu.
- Membuat risiko-keputusan pada tingkat yang tepat.
- Terima risiko ketika manfaat lebih besar daripada biaya.
- Mengintegrasikan manajemen risiko ke dalam perencanaan di semua tingkat.

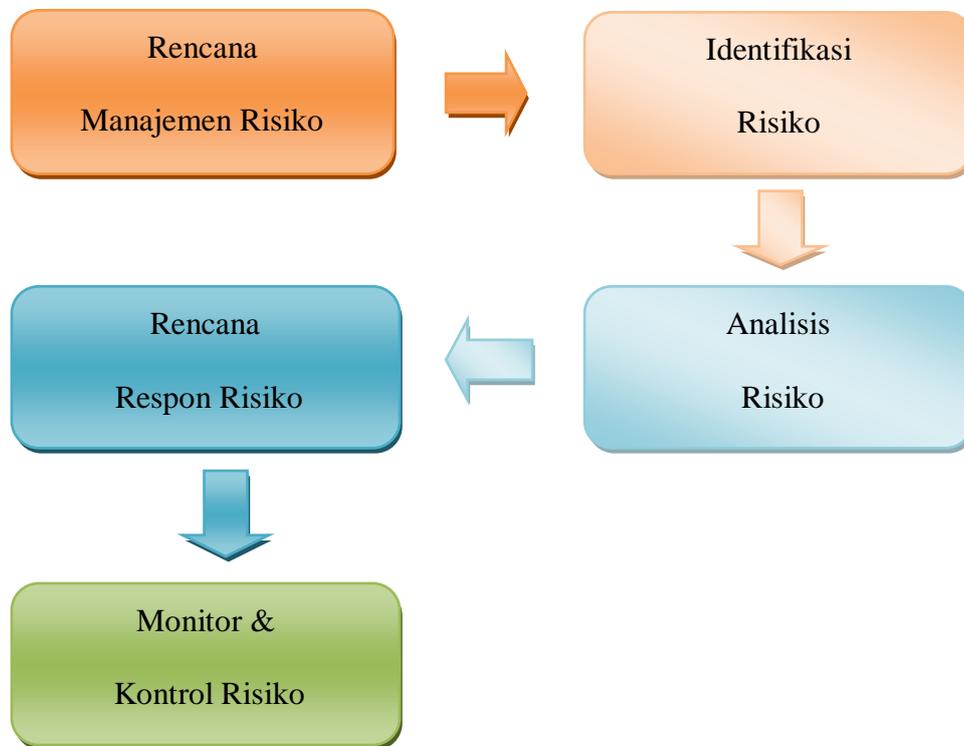
Tindakan manajemen risiko diambil oleh para praktisi untuk merespon bermacam-macam risiko. Responden melakukan dua macam tindakan manajemen risiko yaitu mencegah dan memperbaiki. Tindakan mencegah digunakan untuk mengurangi, menghindari, atau mentransfer risiko pada tahap awal proyek konstruksi. Sedangkan tindakan memperbaiki adalah untuk mengurangi efek-efek ketika risiko terjadi atau ketika risiko harus diambil.

Dalam perkembangannya risiko-risiko yang dibahas dalam manajemen risiko dapat diklasifikasi menjadi:

- Risiko Operasional
- Risiko Hazard
- Risiko Finansial
- Risiko Strategik

Tujuan dari manajemen risiko adalah untuk mengenali risiko dalam sebuah proyek dan mengembangkan strategi untuk mengurangi atau bahkan menghindarinya, dilain sisi juga harus dicari cara untuk memaksimalkan peluang yang ada (Wideman, 1992). Dalam mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu tahapan untuk menangani risiko-risiko yang ada, sehingga dalam penanganan risiko tidak akan terjadi kesalahan.

Ada beberapa tahapan dalam manajemen risiko. PMBOK membaginya dalam beberapa tahapan seperti gambar berikut:



Gambar 1 Skema Manajemen Risiko

Sumber : PMBOK 2013

1. Merencanakan pengelolaan risiko, yaitu proses pendefinisian bagaimana manajemen risiko akan diterapkan di proyek.
2. Mengidentifikasi risiko, yaitu proses penentuan risiko-risiko yang dapat memengaruhi proyek serta pendokumentasian karakteristiknya.
3. Melakukan analisis risiko kualitatif, yaitu proses pembuatan prioritas risiko untuk kepentingan analisis atau tindakan selanjutnya dengan menilai dan mengombinasikan kemungkinan dan dampaknya. Melakukan analisis risiko kuantitatif, yaitu proses analisis secara numerik terkait dampak dari risiko yang teridentifikasi menyangkut tujuan proyek secara keseluruhan.
4. Membuat rencana respons, yaitu prosès mēnghasilkan pilihan tindakan untuk memperbesar peluang dan mengurangi hambatan terkait pencapaian tujuan proyek.

5. Mengawasi dan mengendalikan risiko, yaitu proses pelaksanaan rencana respons, pelacakan risiko yang teridentifikasi, pengawasan risiko residual, pengidentifikasian risiko baru, dan pengevaluasian efektivitas respons risiko selama berlangsungnya proyek.

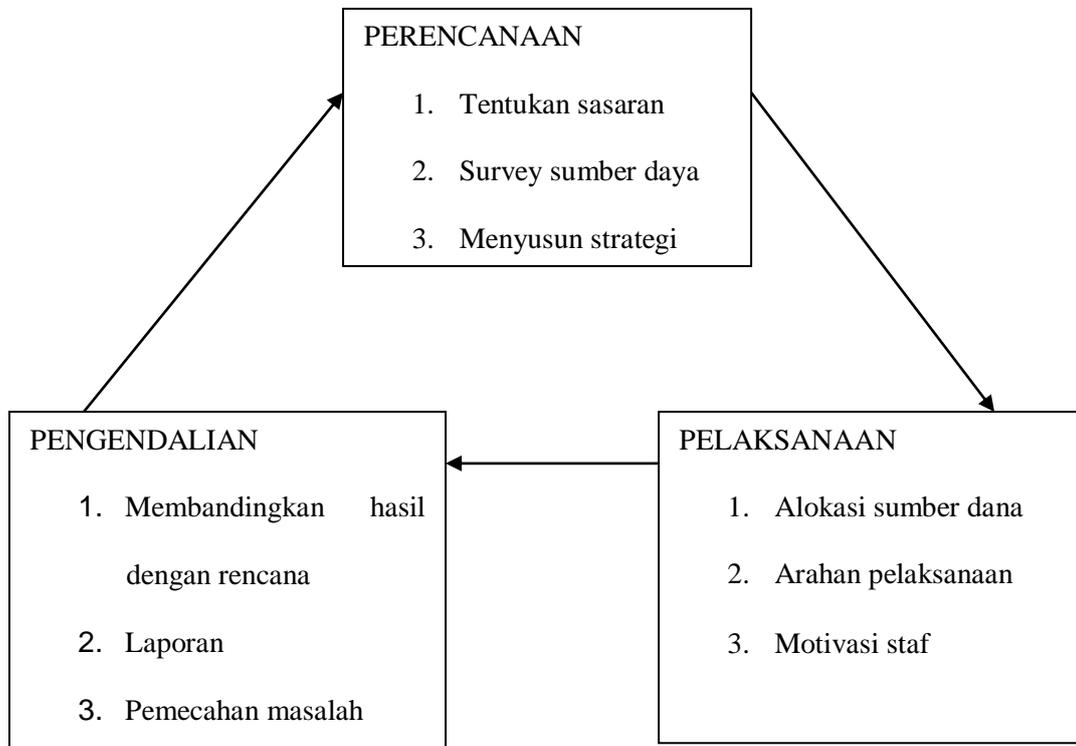
Pendekatan sistematis mengenai manajemen risiko dibagi menjadi 3 stage utama, yaitu (Söeharto, 1999):

1. Identifikasi risiko
2. Analisa dan evaluasi risiko
3. Respon atau reaksi untuk menanggulangi risiko tersebut

2.4 Proyek Konstruksi

Pada dasarnya yang dimaksud dengan proyek adalah suatu usaha untuk mencapai suatu tujuan tertentu yang dibatasi oleh waktu dan sumber daya yang terbatas. Sehingga pengertian proyek konstruksi adalah suatu upaya untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan/infrastruktur. Bangunan ini pada umumnya mencakup pekerjaan pokok yang termasuk didalamnya bidang teknik sipil dan arsitektur, juga tidak jarang melibatkan disiplin lain seperti; teknik industri, teknik mesin, teknik elektro dan sebagainya. Adapun bentuk bangunan tersebut dapat berupa perumahan, gedung perkantoran, bendungan, terowongan, bangunan industri dan bangunan pendukung yang banyak digunakan untuk kepentingan masyarakat banyak.

Menurut Priyono, 1994, daur kegiatan untuk mencapai tujuan proyek tampak dalam gambar 2 yang menyajikan langkah berkesinambungan dengan tujuan untuk mencapai hasil yang baik.



Gambar 2 Daur kegiatan untuk mencapai tujuan proyek

Sumber: Priyono "Tata Laksana Proyek", 1994

Suatu pekerjaan konstruksi tidak selalu dapat dikategorikan sebagai proyek konstruksi, tetapi harus memiliki kriteria-kriteria tertentu seperti dibawah ini:

1. Dimulai dari awal proyek (awal rangkaian kegiatan) dan diakhiri dengan akhir proyek (akhir rangkaian kegiatan), serta mempunyai jangka waktu yang umumnya terbatas.
2. Rangkaian kegiatan proyek hanya satu kali sehingga menghasilkan produk yang bersifat unik. Jadi tidak ada dua atau lebih proyek yang identik, yang ada adalah proyek yang sejenis.

2.5 Risiko Pelaksanaan Proyek

Pada manajemen proyek yang paling berpengaruh dari risiko adalah kegagalan mempertahankan biaya, waktu dan mencapai kualitas serta keselamatan kerja. Kegagalan ini sering diakibatkan oleh karena resiko yang tidak diantisipasi.

Pengertian risiko dalam konteks proyek dapat didefinisikan sebagai suatu penjabaran terhadap konsekuensi yang tidak menguntungkan, secara financial maupun fisik, sebagai hasil dari keputusan yang diambil atau akibat kondisi lingkungan di lokasi suatu kegiatan. Resiko yang secara potensial dapat mendatangkan kerugian dalam upaya mencapai sasaran proyek.

Sumber-sumber utama timbulnya risiko yang umum untuk setiap proyek konstruksi, menurut Duffield dan Trigunarsyah (1999) adalah:

- Fisik : kerugian atau kerusakan akibat kebakaran, gempa bumi, banjir, kecelakaan dan tanah longsor
- Lingkungan : kerusakan ekologi, polusi dan pengolahan limbah, penyelidikan keadaan masyarakat
- Perancangan : a) Teknologi baru, aplikasi baru, ketahanan uji dan keselamatan, b) Rincian, ketelitian dan kesesuaian spesifikasi, c) Risiko perancangan yang timbul dari pengukuran dan penyelidikan, d) kemungkinan perubahan terhadap rancangan yang telah disetujui, e) Interaksi rancangan dengan metode konstruksi
- Logistik : a) Kehilangan atau kerusakan material dan peralatan dalam perjalanan, b) ketersediaan sumber daya khusus, c) pemisahan organisasi
- Keuangan : a) ketersediaan dana dan kecukupan asuransi, b) penyediaan aliran kas yang cukup, c) kehilangan akibat kontraktor, supplier d) fluktuasi nilai tukar dan inflasi, e) perpajakan, f) suku bunga, g) biaya pinjaman
- Perundang-undangan : perubahan disebabkan perundang-undangan atau pemerintah
- Keamanan properti intelektual
- Hak atas tanah dan penggunaan

- Politik : a) Risiko politik di negara pemilik proyek, supplier dan kontraktor, peperangan, revolusi dan perubahan hukum, b) ketidakpastian dari kebijakan pemerintah
- Konstruksi : a) kelayakan metode konstruksi, keselamatan, b) hubungan industrial, c) tingkat perubahan dari rancangan awal, d) cuaca, e) kualitas dan ketersediaan manajemen dan supervisi, f) kondisi yang tersembunyi
- Operasional: a) fluktuasi permintaan pasar terhadap produk dan jasa yang dihasilkan, b) kebutuhan perawatan, c) keandalan, d) keselamatan pelaksanaan, e) ketersediaan pabrik, f) manajemen.

Menurut (Wideman,1992) kategori sumber risiko adalah :

- External, tidak dapat diprediksi (tidak dapat dikontrol) :
 - a) Perubahan peraturan perundang-undangan
 - b) Bencana alam : badai, banjir, gempa bumi
 - c) Akibat kejadian pengrusakan dan sabotase
 - d) Pengaruh lingkungan dan sosial, sebagai akibat dari proyek
 - e) Kegagalan penyelesaian proyek.
- External, dapat diprediksi (tetapi tidak dapat dikontrol) :
 - a) Resiko pasar
 - b) Operasional (setelah proyek selesai)
 - c) Pengaruh lingkungan
 - d) Pengaruh sosial
 - e) Perubahan mata uang
 - f) Inflasi
 - g) Pajak.
- Internal, non-teknik (tetapi umumnya dapat dikontrol) :
 - a) Manajemen
 - b) Jadwal yang terlambat
 - c) Pertambahan biaya
 - d) Cash flow
 - e) Potensi kehilangan atas manfaat dan keuntungan.
- Teknik (dapat dikontrol) :

- a) Perubahan teknologi
 - b) Risiko-risiko spesifikasi atas teknologi proyek
 - c) Desain.
- Hukum, timbulnya kesulitan akibat dari :
 - a) Lisensi
 - b) Hak paten
 - c) Gugatan dari luar
 - d) Gugatan dari dalam
 - e) Hal-hal tak terduga.

Risiko dapat dimaknai sebagai ketidakpastian atas terjadinya suatu peristiwa. Pengertian lain menjelaskan bahwa risiko adalah kondisi dimana terdapat kemungkinan keuntungan/kerugian ekonomi atau financial. Kerusakan atau cedera fisik. Keterlambatan sebagai konsekuensi ketidakpastian selama pelaksanaan suatu proyek.

Dari beberapa pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa risiko adalah suatu kondisi yang timbul karena ketidakpastian dengan peluang kejadian tertentu yang jika terjadi akan menimbulkan konsekuensi tidak menguntungkan. Lebih jauh lagi risiko pada proyek adalah suatu kondisi pada proyek yang timbul karena ketidakpastian dengan peluang kejadian tertentu yang jika terjadi akan menimbulkan konsekuensi fisik maupun financial yang tidak menguntungkan bagi tercapainya sasaran proyek, yaitu biaya, waktu, mutu proyek (Soemarno,2007).

2.6 Risk Assessment

Risk assessment (penilaian risiko) adalah metode yang sistematis untuk menentukan apakah suatu organisasi memiliki risiko yang dapat diterima atau tidak. Penilaian risiko adalah keseluruhan proses yang meliputi identifikasi risiko, analisis risiko dan evaluasi risiko (ISO 31000:2009). Penilaian risiko digunakan sebagai langkah saringan untuk menentukan tingkat risiko ditinjau dari kemungkinan dan dampak risiko. Risk assessment merupakan elemen penting dari manajemen risiko. Risk Assessment sangat penting karena membantu menciptakan kesadaran tentang bahaya dan risiko yang didapatkan dari aset yang

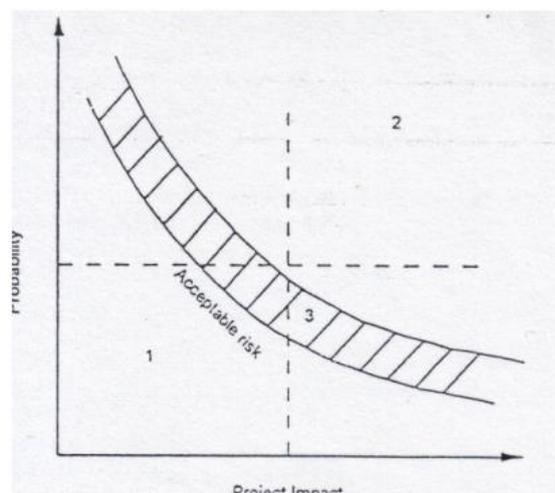
dimiliki. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan bahaya dengan menambahkan langkah-langkah pengendalian yang diperlukan dan tindakan pencegahan. Penilaian juga memprioritaskan bahaya dan membantu menentukan apakah tindakan pengendalian yang ada memadai. Penilaian risiko adalah suatu proses untuk:

1. Mengidentifikasi dan mengukur setiap potensi bahaya dari setiap tahapan pekerjaan yang berdampak pada keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan kerja
2. Menilai besaran risiko
3. Mengendalikan risiko atas dasar prioritas tertentu

Dalam tahapan penilaian risiko, dilakukan proses membandingkan tingkat risiko dengan kriteria risiko pada basis yang sama. Hasil penilaian risiko adalah berupa daftar prioritas risiko dimana area yang dinilai berisiko tinggi ditindaklanjuti dan yang berisiko-rendah dipantau.

Dalam membandingkan pilihan proyek dari berbagai risiko yang terkait sering digunakan “Indeks Risk Relative Importance (RRI) atau Indeks Risiko” dan dinyatakan dalam persamaan:

$$\text{Indeks RRI} = \text{Probabilitas} \times \text{Dampak}$$



Gambar 3 Probabilitas vs dampak terhadap proyek

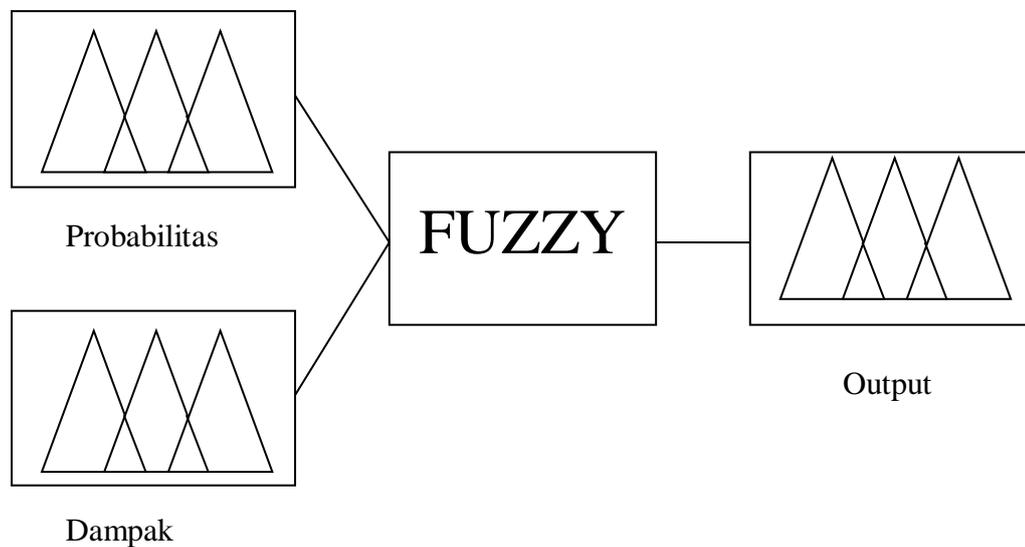
Sumber : Duffield dan Trigunaryah, 1999.

2.7 Metode Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar – samar. Menurut Setiadji (2009 : 174), fuzzy merupakan suatu nilai yang dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar nilai kebenaran dan kesalahannya tergantung pada derajat keanggotaan yang dimilikinya. Derajat keanggotaan dalam fuzzy memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Hal ini berbeda dengan himpunan tegas (crisp) yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). 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).

Logika fuzzy adalah teknik / metode yang dipakai untuk mengatasi hal yang tidak pasti pada masalah - masalah yang mempunyai banyak jawaban. Pada dasarnya Logika fuzzy merupakan logika bernilai banyak/multivalued logic yang mampu mendefinisikan nilai diantara keadaan yang konvensional seperti benar atau salah, ya atau tidak, putih atau hitam dan lain-lain. Dengan logika fuzzy, hasil operasi dapat dinyatakan sebagai probabilitas daripada sebagai kepastian. Misalnya, selain menjadi benar atau salah, hasil mungkin memiliki makna seperti mungkin benar, mungkin benar, mungkin salah, dan mungkin palsu. Penalaran Logika Fuzzy menyediakan cara untuk memahami kinerja sistem dengan cara menilai input dan output sistem dari hasil pengamatan. Logika Fuzzy menyediakan cara untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang samar-samar, ambigu dan tidak tepat.



Gambar 4 Skema Metode Fuzzy untuk Risk Assessment

Metode fuzzy adalah pengembangan dari logika biner. Saat logika biner dapat mengidentifikasi menjadi 0 dari 1 Fuzzy dapat membagi tingkatan-tingkatan menjadi beberapa bagian misalnya sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Kemudian dari klasifikasi ini fuzzy menggabungkan dari beberapa variable yang ditentukan untuk dapat mengukur bahaya dari suatu peristiwa.

Salah satu fitur yang menarik dari logika fuzzy, yakni dapat digunakan untuk memodelkan informasi yang mengandung ketidakjelasan melalui konsep bilangan fuzzy, dan dapat memproses bilangan fuzzy-bilangan fuzzy tersebut dengan menggunakan operasi-operasi aritmatika biasa (Lootsma,1997). Bilangan fuzzy biasanya diekspresikan secara linguistik. Operasi yang dilakukan pada bilangan fuzzy, lebih banyak berupa pengolahan kata-kata dari pada bentuk bilangan.

Adapun alasan digunakan logika Fuzzy menurut Cox(1994) dalam buku “Aplikasi logika fuzzy” oleh Sri Kusumadewi & Hari Purnomo (2010) adalah:

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti, karena logika fuzzy menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy tersebut cukup mudah dimengerti.

2. Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Jika diberikan sekelompok data yang cukup homogeny, dan kemudian ada beberapa data yang “eksklusif”, maka logika fuzzy memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.
4. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Pada himpunan pasti (crisp), nilai keanggotaan ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1. Sedangkan pada himpunan fuzzy nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif (Kusumadewi,2003:159). Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy (Kusumadewi,2003:12).

Fungsi keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaan yang menginterval antara 0 sampai 1 salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Bentuk dari fungsi keanggotaan fuzzy,yaitu:

- Representasi linear
- Representasi segitiga
- Representasi trapezium
- Representasi kurva bentuk baku
- Representasi kurva S
- Representasi bentuk lonceng

Inferensi fuzzy merupakan proses dalam memformulasikan pemetaan dari input yang diberikan ke dalam output menggunakan logika fuzzy. Terdapat dua macam dari sistem inferensi fuzzy yang dapat diimplementasikan dalam Fuzzy

Logic Toolbox, yaitu: tipe Mamdani dan tipe Sugeno (Zadeh,1995). Namun dalam tugas akhir ini menggunakan tipe Mamdani.

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode min-max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan, diantaranya:

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada metode Mamdani baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Penentuan Fungsi Keanggotaan.

Fungsi keanggotaan pada penelitian ini ditunjukkan dengan pemetaan titik-titik input himpunan tegas yang digambarkan pada bentuk kurva segitiga, kurva trapesium, dan kurva Gauss. Pada metode ini digunakan fungsi keanggotaan kurva Gauss hal ini dipilih karena menjadi pilihan yang paling alami dan populer untuk sistem ini. Fungsi keanggotaan dengan kurva Gauss (Distribusi Normal) menggunakan dua parameter, yaitu C dan O, dimana C merupakan nilai domain pada pusat kurva (titik pusat pada domain himpunan fuzzy), sedangkan O merupakan lebar kurva (standar deviasi pada himpunan fuzzy).

3. Penentuan Aturan Fungsi Fuzzy

Aturan Fuzzy disediakan oleh peta risiko crisp, di mana kombinasi dari 5 kategori probabilitas dan 5 kategori dampak yang sesuai dengan struktur yang diasumsikan pada peta risiko, menghasilkan 25 peraturan dan menyediakan 25 kesimpulan, yang merupakan kategori risiko. Metode yang digunakan dalam komposisi aturan dan aplikasi fungsi implikasi adalah metode max-min dengan operator AND. Secara umum aturan tersebut dapat dituliskan: IF (x1 is A1) . (x2 is A2) (xn is An) THEN y is B dengan . adalah operator AND, xn adalah skalar yang berupa variabel fuzzy dan An adalah variabel linguistik berupa himpunan fuzzy. Pada model Mamdani berlaku min Operator untuk metode AND dan implikasi output set. Setelah aturan telah dievaluasi, output himpunan fuzzy untuk masing-masing Aturan itu dikumpulkan. Penggabungan fungsi keanggotaan output yang dihasilkan suatu Output kategori risiko fuzzy dinyatakan sebagai:

$$\mu_{\bar{R}}(r) = \max_k \{ \min \mu_p^k(p_n), \mu_c^k(c_m), \mu_R^k(r_z), \} \quad (1)$$

di mana k adalah jumlah aturan, n jumlah set probabilitas fuzzy, m jumlah set dampak fuzzy, dan z adalah jumlah set risiko fuzzy.

4. Defuzzifikasi(Penegasan)

Output himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy akan mengalami proses defuzzifikasi. Pada model mamdani ada beberapa metode yang digunakan dalam defuzzifikasi antara lain: Centroid, Bisektor, Mean of Maximum, Largest of Marimum atau Smallest of Marimum. Dalam penelitian ini diterapkan Metode Center of Area (CO.4) atau centroid Method. COA menghitung rata-rata tertimbang dari satu set fuzzy. Hasil menerapkan COA defuzzifikasi untuk indeks risiko dapat dinyatakan dengan rumus:

$$r = \frac{\int \mu_{\bar{R}}(r)rdr}{\int \mu_{\bar{R}}(r)dr} \quad (2)$$

Ada dua keuntungan menggunakan metode centroid, yaitu (Kusumadewi, 2002):

1. Nilai defuzzyfikasi akan bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu himpunan fuzzy juga akan berjalan dengan halus.
2. Lebih mudah dalam perhitungan.

2.8 Fuzzy Inference Risk Map

Risk Map adalah suatu skema untuk memetakan pola risiko yang mungkin didapati suatu kegiatan/kejadian. Peta Risiko menunjukkan risiko apa yang mungkin muncul di sebuah proyek. Pemetaan mencakup jenis risiko, mulai dari yang paling, sedang dan teringan risikonya. Setiap risiko memiliki dampak/impact yang berbeda dan dikombinasikan dengan adanya keseringan atau perulangan fenomena (likelihood). Kombinasi antara dampak dan perulangan akan menentukan mana yang sekiranya menjadi bahaya risiko terbesar dan harus menjadi fokus pertama.

Probabilitas	Sangat Sering (5)	5	10	15	20	25
	Sering (2)	4	8	12	16	20
	Sedang (3)	3	6	9	12	15
	Jarang (2)	2	4	6	8	10
	Sangat Jarang (1)	1	2	3	4	5
		Sangat Kecil (1)	Kecil (2)	Cukup (3)	Besar (4)	Sangat Besar (5)
		Dampak				

Keterangan :

 Risiko Sangat Tinggi/Extreme (E)

 Risiko Tinggi/High Risk (H)

 Risiko Sedang/Medium Risk (M)

 Risiko Rendah/Low Risk (L)

Gambar 5 Gambar hubungan probabilitas dan dampak pada peta risiko

Sumber: AS/NZS 4360/2004

Pada risk map inilah posisi risiko-risiko yang ada digambarkan pada risk map diatas. Sumbu y melambangkan probabilitas dari suatu risiko, yaitu peluang terjadinya suatu risiko, makin keatas berarti makin besar peluang suatu risiko dapat terjadi; semakin rendah posisi suatu risiko pada risk map berarti semakin kecil peluang risiko itu terjadi. Sumbu x melambangkan dampak risiko, yaitu efek yang dialami perusahaan jika risiko tersebut sampai terjadi, makin ke sisi kanan berarti makin besar efek yang ditanggung jika suatu risiko terjadi; semakin ke kiri posisi suatu risiko pada risk map berarti semakin kecil dampak yang harus ditanggung jika risiko itu terjadi. Perpaduan antara sumbu x dan y inilah yang menentukan posisi suatu risiko.

2.9 Triangular Fuzzy Number

Teori himpunan Fuzzy merupakan kerangka sistematis yang digunakan untuk mempresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi, dan kebenaran parsial. Variabel linguistik merupakan variabel dengan ekspresi bahasa (lingual) sebagai nilainya. Variabel linguistik dapat ditampilkan atau digambarkan salah satunya dengan grafik triangular fuzzy number (TFN). Pemakaian variabel linguistik ini dapat diterapkan secara luas. Contoh variabel linguistik adalah pengukuran nilai "sangat tidak puas", "tidak puas", "adil", "puas", dan "sangat puas".

TFN dapat dinotasikan dengan $\tilde{A} = (L, M, U)$, dan berikut ini adalah hukum operasi dua TFN $\tilde{A}_1 = L_1, M_1, U_1$ dan $\tilde{A}_2 = L_2, M_2, U_2$.

1. Penjumlahan bilangan fuzzy \oplus

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 &= (L_1, M_1, U_1) \oplus (L_2, M_2, U_2) \\ &= L_1 + L_2, M_1 + M_2, U_1 + U_2\end{aligned}\quad (3)$$

2. Perkalian bilangan fuzzy \otimes

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 &= (L_1, M_1, U_1) \otimes (L_2, M_2, U_2) \\ &= L_1 \times L_2, M_1 \times M_2, U_1 \times U_2\end{aligned}\quad (4)$$

3. Pengurangan bilangan fuzzy \ominus

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 &= (L_1, M_1, U_1) \ominus (L_2, M_2, U_2) \\ &= L_1 - L_2, M_1 - M_2, U_1 - U_2\end{aligned}\quad (5)$$

4. Pembagian bilangan fuzzy \oslash

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 &= (L_1, M_1, U_1) \oslash (L_2, M_2, U_2) \\ &= L_1/L_2, M_1/M_2, U_1/U_2\end{aligned}\quad (6)$$

Untuk $L_i > 0, M_i > 0, U_i > 0$

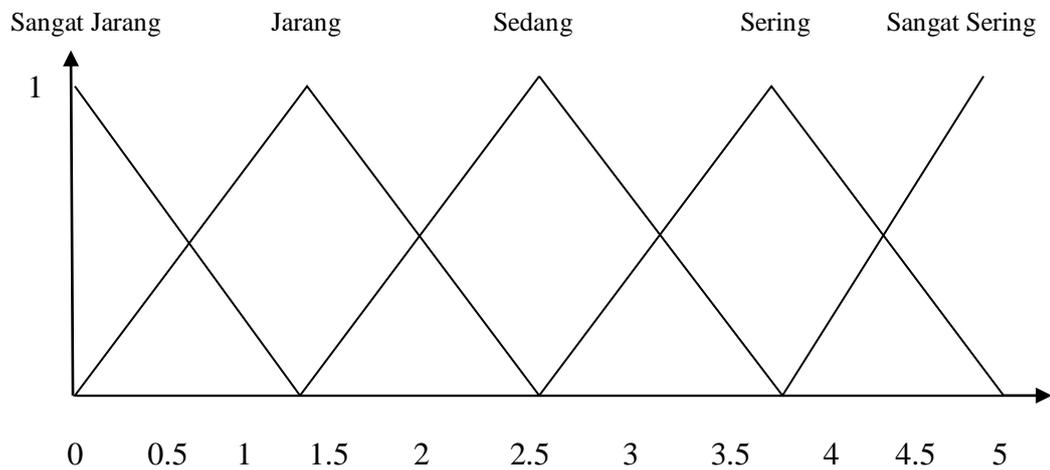
Metode Fuzzy dapat digunakan untuk menilai suatu variabel risiko. Adapun prosedur dari penilaian risiko dengan pendekatan triangular fuzzy number ini adalah sebagai berikut:

1. Mengubah variable linguistik menjadi bilangan fuzzy

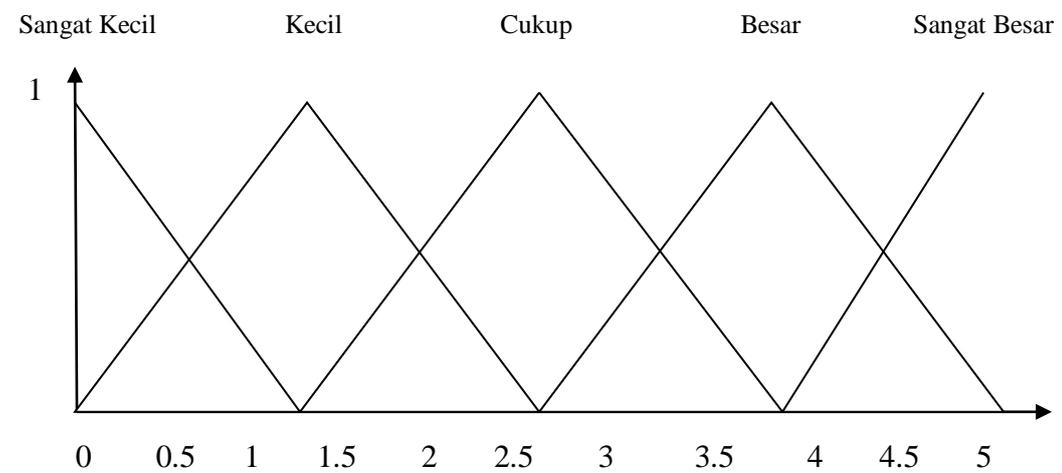
Untuk mempermudah, resultan kualitatif daftar risiko sistematis dikonversi ke model risiko kuantitatif dengan menggunakan sistem Fuzzy logic triangular

number dikembangkan oleh Chen dan Hwang (1992) yang disajikan pada Gambar 6 berikut.

Fungsi Keanggotaan Probabilitas



Fungsi Keanggotaan Dampak



Gambar 6 Fungsi keanggotaan fuzzy triangular probabilitas dan dampak

Tabel 1. Variabel linguistik dan fuzzy number terhadap probabilitas dan dampak

Variable Linguistik		Triangular Fuzzy Number	Supporting Intervals
Probabilitas	Dampak		
Sangat Jarang	Sangat Kecil	(0, 0, 1.25)	$0 \leq x \leq 1.25$
Jarang	Kecil	(0, 1.25, 2.5)	$0 \leq x \leq 1.25$ $1.25 \leq x \leq 2.5$
Sedang	Cukup	(1.25, 2.5, 3.75)	$1.25 \leq x \leq 2.5$ $2.5 \leq x \leq 3.75$
Sering	Besar	(2.5, 3.75, 5)	$2.5 \leq x \leq 3.75$ $3.75 \leq x \leq 5$
Sangat Sering	Sangat Besar	(3.75, 5, 5)	$3.75 \leq x \leq 5$

2. Menghitung Fuzzy average probabilitas dan dampak.

Nilai keseluruhan fuzzy average kemudian dihitung dengan bentuk umum fuzzy weight average dalam operasi risiko dan analisis keputusan oleh Jung et al. (1991):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n W_i * R_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (7)$$

Dimana,

R=rata-rata tertimbang

Ri=peringkat

Wi=berat yang sesuai

Namun, untuk mengurangi kompleksitas perbandingan dan latihan aritmatika untuk menurunkan rata-rata tertimbang dari itu, digunakan Fuzzy Weighted Average algoritma (EFWA) disarankan oleh Lee dan Park (1997). Untuk nilai fuzzy average setiap variabel, di mana N adalah jumlah responden atau pakar dan X peringkat fuzzy individu, perhitungan itu dihasilkan sebagai berikut:

$$\Sigma F(X)/N \quad (8)$$

3. Penilaian Risiko

Nilai risiko merupakan perkalian dari skor probabilitas dan skor dampak, skor risiko didapat dari responden (Hillson,2002). Untuk mengukur risiko menggunakan rumus:

$$R = P \times I \quad (9)$$

Dimana:

R= Tingkat risiko

P= Kemungkinan (Probability) risiko yang terjadi

I= Dampak (Impact) risiko yang terjadi

Fuzzy average probabilitas dan dampak dikalikan sebagai proses penilaian risiko.

4. Defuzzifikasi/Penegasan

Nilai-nilai risiko fuzzy yang telah dihasilkan dan selanjutnya dikonversi ke nilai crisp untuk menghasilkan nilai risiko tegas/pasti dari bilangan fuzzy. Peringkat risiko defuzzified dan tingkat signifikansi dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$= \frac{2}{3} a_m + \frac{1}{6} (a_1 + a_2) \quad (10)$$

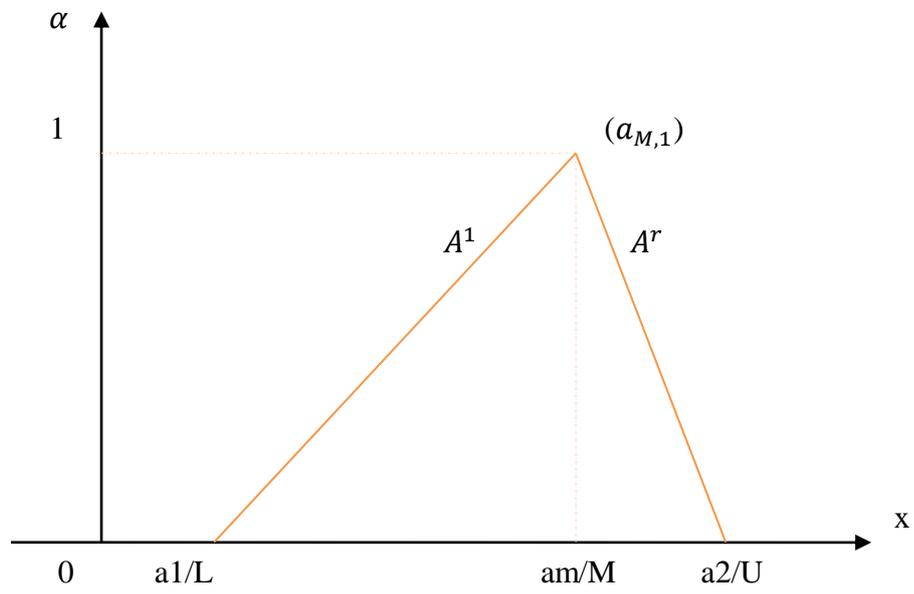
Dimana:

a1= rentang risiko minimum-nilai pesimis

a_m= rentang risiko yang paling mungkin-nilai rata-rata

a2= rentang risiko maksimum-nilai optimis

Untuk bilangan fuzzy segitiga (a_1, a_m, a_2),



Gambar 7 Triangular Fuzzy Number