

REVIEW JURNAL – DECISION ANALYSIS

AHP – FUZZY AHP – MODIFIKASI FUZZY AHP



RR. AFRIDA NOOR
MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
BINA NUSANTARA UNIVERSITY

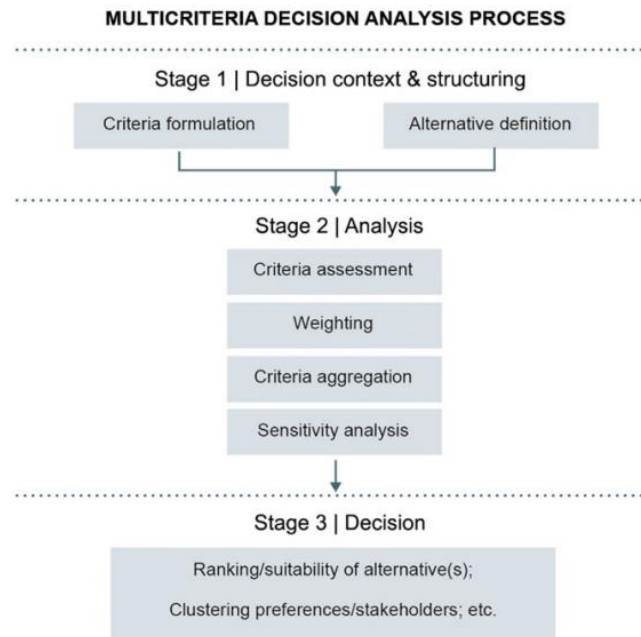
ABSTRAK

Dalam beberapa tahun ini, Analisis Keputusan Multi-Kriteria (MCDA) telah menarik perhatian. Analisis keputusan multi-kriteria (MCDA) adalah metode untuk mendukung pengambilan keputusan dengan mengeksplorasi keseimbangan antara pro dan kontra dari berbagai alternatif untuk mencapai tujuan tertentu. Ini membantu dalam membingkai masalah keputusan, menggambarkan alternatif di seluruh kriteria, mengeksplorasi trade-off. Tulisan ini menyediakan hasil review beberapa jurnal untuk salah satu metode MCDA yaitu Analytic Hierarchy Process (AHP). Dalam perjalanannya penerapan mengalami beberapa kali penyempurnaan, salah satunya adalah Fuzzy AHP. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) merupakan metode analitik yang dikembangkan dari metode AHP. Penggunaan AHP dalam permasalahan Multi Criteria Decision Making (MCDM) sering dikritisi karena kurang mampunya pendekatan AHP ini untuk mengatasi faktor ketidakpresisian yang dialami oleh pengambil keputusan ketika harus memberikan nilai yang pasti dalam matriks perbandingan berpasangan. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan yang ada pada AHP dikembangkan suatu metode yang disebut Fuzzy AHP. Dalam perkembangannya pun FAHP ini banyak dilakukan bersamaan dengan metode lain untuk mempertajam dalam penentuan keputusan. Serta terdapat satu paper dimana terdapat penelitian penerapan MCDA cara penyusunan kuesioner diubah dengan tujuan untuk mempersingkat waktu sehingga pendapat yang diperoleh dari narasumber lebih kredibel.

PENGANTAR

Analisis keputusan multi-kriteria (MCDA) adalah pengetahuan yang efektif metode sintesis untuk mendukung pengambilan keputusan dan mengeksplorasi pro dan kontra dari berbagai alternatif. Ini memungkinkan membandingkan alternatif terhadap seperangkat kriteria yang didefinisikan secara eksplisit yang memperhitungkan aspek yang paling relevan dalam proses pengambilan keputusan yang diberikan. Secara operasional, MCDA mendukung penataan masalah keputusan, menilai kinerja alternatif di seluruh kriteria, mengeksplorasi trade-off, merumuskan keputusan dan menguji ketahanannya. Keputusan multi-kriteria analisis sangat berguna ketika mengurangi masalah multi-tujuan menjadi masalah tujuan tunggal tidak layak atau tidak diinginkan, terutama dalam pengaturan partisipatif yang melibatkan pemangku kepentingan yang beragam dengan tujuan yang beragam (Linkov et al., 2006). Kekuatan utama MCDA adalah memungkinkan penggabungan kinerja analitis dari alternatif dengan preferensi dan prioritas pemangku kepentingan secara transparan dan dapat ditiru.

Elemen kunci dari aplikasi MCDA yang sukses adalah kontruksi yang jelas dari konteks keputusan; identifikasi kolaboratif alternatif dan kriteria yang mencerminkan nilai-nilai yang dipertimbangkan; penentuan yang memadai untuk metode penilaian dan pembobotan kriteria; metode agregasi kriteria; dan analisis sensitivitas yang komprehensif. Ada banyak pendekatan MCDA, yang berbeda, antara lain, dalam hal: kompleksitas komputasi, tingkat keterlibatan pemangku kepentingan, dan waktu dan kebutuhan data. Belton dan Stewart (2002) menyajikan secara rinci analisis fondasi teoretis dari berbagai pendekatan MCDA serta kekuatan dan kelemahan komparatif mereka. Namun demikian, dapat dikatakan bahwa sebagian besar pendekatan melibatkan tiga tahapan proses MCDA umum yang ditunjukkan pada Gambar 1 di mana aspek kuncinya adalah keterlibatan berbagai aktor menyediakan berbagai jenis input untuk proses.



Gambar 1 Tahapan MCDA

Tahap pertama dari proses MCDA bertujuan untuk membangun shared pemahaman tentang konteks keputusan, dan untuk menyusun masalah. Secara operasional, ini mencakup definisi tujuan keputusan proses, identifikasi kemungkinan alternatif untuk mencapainya dan perumusan kriteria eksplisit untuk menilai bagaimana setiap alternatif berkontribusi untuk mencapai tujuan. Tujuan dan kriteria, sering diatur dalam struktur hierarki atau jaringan yang disebut nilai atau keputusan pohon, harus lengkap, ringkas, operasional, mandiri dan dapat dimengerti.

Tahap kedua adalah analisis aktual, secara garis besar terdiri dari: penilaian kriteria, pembobotan, agregasi kriteria dan analisis sensitivitas. Kriteria penilaian adalah kuantifikasi kinerja setiap alternatif terhadap setiap kriteria yang ditentukan pada tahap pertama. Secara konseptual, itu terdiri dari dua langkah: memberikan informasi "mentah" tentang efek setiap alternatif pada setiap kriteria (misalnya melalui survei atau pemodelan); karenanya mengubah informasi ini menjadi skala preferensi tanpa dimensi, yaitu, ekspresi tanpa dimensi dari tingkat keinginan alternatif. Langkah kedua ini seharusnya berdasarkan masukan dari aktor terkait yang dapat diperoleh dengan menggunakan teknik, seperti fungsi nilai Namun, tidak semua teknik MCDA memerlukan dua langkah ini untuk dilakukan terpisah. Proses hierarki analitik (Saaty, 1980), misalnya, pendekatan masalah secara tidak langsung, dengan meminta aktor untuk membuat perbandingan berpasangan alternatif terhadap setiap kriteria, kemudian meringkas preferensi dalam matriks yang dinormalisasi. Pembobotan memperhitungkan tingkat kepentingan yang berbeda dari kriteria keputusan, dan mengacu pada preferensi terukur di antara kemungkinan hasil untuk kriteria dari perspektif pembuat keputusan dan/atau pemangku kepentingan. Bobot adalah nilai yang ditetapkan untuk kriteria yang menunjukkan kepentingan relatifnya sehubungan dengan kriteria lain yang dipertimbangkan. Beberapa teknik yang berbeda dapat diterapkan untuk mendapatkan bobot ordinal atau kardinal, berdasarkan penilaian dan persepsi tentang relevansi yang berbeda masalah yang dipertaruhkan. Teknik pembobotan tipikal termasuk trade-off (Keeney & Raiffa, 1976), proses hierarki analitik (AHP; Saaty, 1980), ayunan (Von Winterfeldt & Edwards, 1986), acak (Janssen, 2001), ekstrim bobot (Janssen, 2001) dan nilai yang diharapkan (Janssen, 2001). Agregasi kriteria mengacu pada penerapan aturan (mis ekspresi aljabar) untuk menggabungkan hasil penilaian kriteria dan pembobotan serta menilai kinerja keseluruhan dari setiap alternatif. Pendekatan MCDA yang berbeda menerapkan aturan yang berbeda. Yang paling sederhana, dan mungkin aturan yang paling banyak digunakan adalah kombinasi linier berbobot. Pemeringkatan alternatif adalah salah satu dari beberapa metode

untuk ditampilkan dan meringkas hasil agregasi kriteria. Terakhir, sensitivitas Analisis mengeksplorasi hubungan antara output dan input proses (Saltelli, Chan, & Scott, 2000), dan berfungsi untuk menguji kekokohan hasil mempertimbangkan faktor ketidakpastian yang terkait dengan semua langkah proses MCDA.

Tahap ketiga MCDA adalah di mana informasi dari tahap sebelumnya disatukan, yang pada akhirnya mengarah ke yang sebenarnya keputusan. Namun, ini adalah tahap yang agak rumit dan sulit untuk menyelidiki. Faktanya, kami berharap informasi yang diberikan oleh yang terakhir adalah lebih eksplorasi dan lebih sedikit tentang keputusan aktual (misalnya dengan perusahaan) komitmen sumber daya).

METODE

Pada tahap ini adalah menjelaskan cara penulis melakukan pendalaman mengenai MCDA terutama dalam Analytic Hierarchy Process (AHP). Tahapan ini penulis membagi dalam 3 tahapan yaitu :

- Perbandingan AHP dengan Fuzzy AHP
Dalam tahapan ini penulis melihat 1 paper dengan judul 'Supplier Selection and Planning Model Using AHP tahun 2005'. Dalam paper ini dibandingkan antara AHP dan FAHP menghasilkan keputusan yang berbeda, dimana jika dibandingkan dengan fakta aktual yang lebih mendekati adalah FAHP. Dengan demikian penulis melakukan pencarian dan review terhadap paper dalam Bahasa Indonesia, dengan tujuan untuk mengetahui cara perhitungan Fuzzy AHP
- Aplikasi Fuzzy AHP
Dalam tahapan ini penulis mencari sumber bagaimana Fuzzy AHP itu dilakukan. Untuk mendukung dalam tahapan ini, penulis menggunakan 2 buah paper dan mengakses link Youtube. Adapun Judul paper yang digunakan 'Analisis Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Dalam Menentukan Posisi Jabatan' dan 'Metode FUZZY AHP untuk Pemilihan Ketua OSIS pada SMA N 1 Jogonalan Klaten'. Adapun link Youtube nya adalah <https://www.youtube.com/watch?v=z188EQuWOGU>
- Improve Fuzzy AHP
Dalam tahapan ini, penulis memberikan 4 contoh paper dalam penerapan Fuzzy AHP yang mengalami modifikasi ataupun digunakan bersama dengan metode lain.
Dalam 4 paper yang direview pada tahap ini, keseluruhan berkenaan dengan penerapan FAHP dalam manajemen resiko. Adapun paper yang direview adalah :
 - a. Risk Assessment Using a New Consulting Process in Fuzzy AHP tahun 2019
 - b. Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Risk Assessment to General assembling of Satellite tahun 2013.
 - c. Supply Chain Risk Assessment: A Fuzzy AHP Approach tahun 2019
 - d. Agricultural Risk Management Using Fuzzy TOPSIS Analytical Hierarchy Process (AHP) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) tahun 202

ALUR REVIEW PAPER

Perbandingan AHP dan Metode Fuzzy AHP

Jurnal : 1

1. Supplier Selection and Planning Model Using AHP



Aplikasi Fuzzy AHP

Jurnal : 2 dan 3

2. Analisis Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Dalam
3. Menentukan Posisi Jabatan



Improve Fuzzy AHP

Jurnal : 4, 5, 6 dan 7

4. Risk Assessment Using a New Consulting Process in Fuzzy AHP
5. Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Risk Assessment to General-assembling of Satellite
6. Supply Chain Risk Assessment: A Fuzzy AHP Approach
7. Agricultural Risk Management Using Fuzzy TOPSIS Analytical Hierarchy

Tujuan :

mengembangkan model evaluasi kinerja pemasok untuk third party logistics (TPL) dalam supply chain management (SCM).

Tujuan :

Jurnal 2 → Aplikasi FAHP untuk Menentukan Posisi Jabatan

Jurnal 3 → Aplikasi FAHP untuk Pemilihan Ketua Osis

Dari kedua Jurnal tersebut didapatkan pemahaman untuk Langkah-Langkah aplikasi FAHP didalam pemecahan masalah

Tujuan :

Jurnal 4 → **Mengubah Kuesioner lama dengan Kuesioner baru**, dengan tujuan untuk menghemat waktu pengisian sehingga penilaian yang diperoleh lebih konsisten

Jurnal 5 → Mengukur pengaruh beberapa faktor risiko dan tindakan pengendalian risiko dalam proses perakitan satelit secara umum dengan cara **Quantitative analysis for risk factors**

Jurnal 6 → Penentuan Tingkat Resiko dengan melihat Kemungkinan Muncul dan Konsekuensi dari resiko

Jurnal 7 → Mengukur pengaruh beberapa faktor risiko dan tindakan pengendalian risiko dengan **Fuzzy Topsis dan FMEA**

PEMBAHASAN

A. Perbandingan AHP dengan Fuzzy AHP

Metode AHP merupakan salah satu metode pengambilan keputusan dimana faktor-faktor logika, intuisi, pengalaman, pengetahuan, emosi, dan rasa dicoba untuk dioptimalkan dalam suatu proses yang sistematis. Metode AHP ini mulai dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang ahli matematika University Of Pittsburgh di Amerika Serikat, pada awal tahun 1970 – an. Thomas L. Saaty (1980). Nilai Intensitas AHP dituliskan seperti **tabel 1**

AHP ini memecahkan masalah yang kompleks dimana aspek atau kriteria yang diambil cukup banyak, kompleksitas ini disebabkan oleh banyak hal diantaranya struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian persepsi pengambilan keputusan serta ketidakpastian tersedia data statistik yang akurat atau bahkan tidak ada sama sekali. Adakalanya timbul masalah keputusan yang dirasakan dan diamati perlu diambil secepatnya, tetapi variasinya rumit sehingga datanya tidak dapat dicatat secara numerik (kuantitatif), namun secara kualitatif, yaitu berdasarkan persepsi pengalaman dan intuisi.

Namun, tidak menutup kemungkinan, bahwa model-model lainnya ikut dipertimbangkan pada saat proses pengambilan keputusan dengan pendekatan AHP, khususnya dalam memahami para keputusan individual pada saat proses penerapan pendekatan ini. Pengambilan keputusan AHP dengan banyak kriteria bersifat subjektif. Selain itu para pengambil keputusan lebih yakin menentukan pilihannya terhadap tingkat kepentingan antar kriteria dengan memakai penilaian dalam interval dibandingkan penilaian dengan angka eksak.

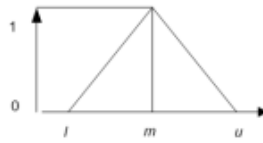
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dikembangkan teknik memodifikasi dan teknik himpunan fuzzy dalam AHP yang disebut Fuzzy AHP. (Chang, 1996). Maka dengan pembangunan sistem ini akan ada kondisi yang diharapkan yaitu proses pengajuan kenaikan jabatan lebih cepat dan pengambilan keputusan yang lebih mudah, konsisten, objektif dan tersentralisasi.

Tabel 1 Nilai Intensitas AHP

Intensitas dari kepentingan pada skala absolut	Definisi
1	Sama penting dengan
2	Mendekati sedikit lebih penting dari
3	Sedikit lebih penting dari
4	Mendekati lebih penting dari
5	Lebih penting dari
6	Mendekati sangat penting dari
7	Sangat penting dari
8	Mendekati mutlak dari
9	Mutlak sangat penting dari

Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) merupakan metode analitik yang dikembangkan dari metode AHP. Penggunaan AHP dalam permasalahan Multi Criteria Decision Making (MCDM) sering dikritisi karena kurang mampunya pendekatan AHP ini untuk mengatasi faktor ketidakpresisian yang dialami oleh pengambil keputusan ketika harus memberikan nilai yang pasti dalam matriks perbandingan berpasangan. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan yang ada pada AHP dikembangkan suatu metode yang disebut Fuzzy AHP.

Penentuan derajat keanggotaan F-AHP menggunakan fungsi keanggotaan Segitiga (Tringular Fuzzy Number / TFN). Fungsi keanggotaan segitiga merupakan gabungan antara dua garis (linear). Grafik fungsi keanggotaan segitiga digambarkan dalam bentuk kurva segitiga seperti terlihat pada **Gambar 1**



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Segitiga [1].

$$\text{Dimana } \mu_A = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x \leq l \text{ dan } x \geq u \end{cases}$$

Bilangan Tringular Fuzzy Number (TFN) merupakan teori himpunan fuzzy membantu dalam pengukuran yang berhubungan dengan penilaian subjektif manusia memakai bahasa atau linguistik. Inti dari fuzzy AHP terletak pada perbandingan berpasangan yang digambarkan dengan skala rasio yang berhubungan dengan skala fuzzy. Bilangan TFN disimbolkan dengan \tilde{M} .

Pada model AHP orisinil, pairwise comparison menggunakan skala 1 – 9, seperti tabel 1. Dengan mentransformasi Triangular Fuzzy Number terhadap skala AHP maka skala yang digunakan adalah seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Skala Nilai Fuzzy Segitiga (Chang,1996)

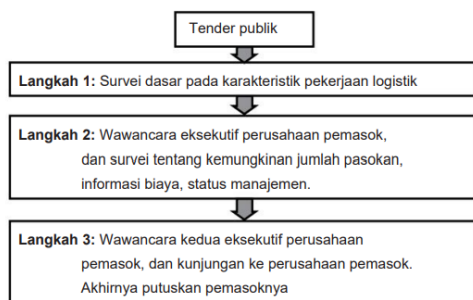
Intensitas Kepentingan AHP	Himpunan Linguistik	Triangular Fuzzy Number (TFN)	Reciprocal (Kebalikan)
1	Perbandingan elemen yang sama (<i>Just Equal</i>)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
2	Pertengahan (<i>Intermediate</i>)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
3	Elemen satu cukup penting dari yang lainnya (<i>moderately important</i>)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
4	Pertengahan (<i>Intermediate</i>) elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
5	Elemen satu kuat pentingnya dari yang lain (<i>Strongly Important</i>)	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
6	Pertengahan (<i>Intermediate</i>)	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
7	Elemen satu lebih kuat pentingnya dari yang lain (<i>Very Strong</i>)	(3, 7/2, 4)	(1/4, 2/7, 1/3)
8	Pertengahan (<i>Intermediate</i>)	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)
9	Elemen satu mutlak lebih penting dari yang lainnya (<i>Extremely Strong</i>)	(4, 9/2, 5)	(2/5, 2/9, 1/4)

Aturan–aturan operasi aritmatika Tringular Fuzzy Number yang umum digunakan. Misalkan terdapat 2 TFN yaitu $M1 = (l1, m1, u1)$ dan $M2 = (l2, m2, u2)$, operasi aritmatika Tringular Fuzzy Number (TFN) adalah sebagai berikut:

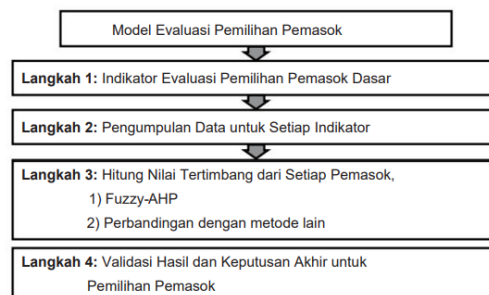
$$\begin{aligned}
M_1 + M_2 &= (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \\
M_1 - M_2 &= (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \\
M_1 \times M_2 &= (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2) \\
M_1^{-1} &= \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \\
\frac{M_1}{M_2} &= \left(\frac{l_1}{u_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{l_2} \right)
\end{aligned}$$

Pembahasan Jurnal ke -1 Supplier Selection and Planning Model Using AHP tahun 2005'

- Tujuan makalah ini mengembangkan model evaluasi kinerja pemasok untuk third party logistic (TPL) dalam supply chain management (SCM). Dalam makalah ini membandingkan penggunaan cara konvensional dan AHP/FAHP
- Dalam makalah ini kami mengusulkan model analisis pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan metode AHP dan metode integrasi hasil analisis. Model analisis yang diusulkan menggunakan AHP yang merupakan model analisis keputusan tiga langkah yang mengubah faktor kualitatif pemasok yang ditransfer menjadi keandalan ukuran kuantitatif.
- Adapun perbandingan Metode Konvensional dengan Model Pemilihan Pemasok (AHP/FAHP)



Gambar 1. Proses konvensional pemilihan pemasok



Gambar 2. Model pemilihan pemasok

Langkah Pengerjaan

- **Step 1 : Basic Supplier Selection Indicators and AHP Structure**

Indikator utama 1.	Sub-indikator
Kemudahan servis	Memenuhi lead time
	Tingkat rotasi penemu
	Waktu memimpin
	Kepuasan pelanggan
	Saham
2. Kemampuan pasokan	Fleksibilitas produksi
	Kemampuan produksi multi-item
	Kemampuan pengembangan/produksi item baru
3. Kualitas	Kualitas asuransi
	Penalti pengembalian
	Setelah tingkat layanan

- **Step 2 : Perhitungan AHP/FAHP**

Step 1: Find the summed frequency matrix (using Shannon method)

Step 2: Find the fuzzy set matrix R which is the summed frequency matrix divided by the total number of evaluators

Step 3: Find the difference matrix

$$R - R^T = U(A, B) - U(B, A), \\ \text{if } U(A, B) > U(B, A), \\ = 0 \quad \text{otherwise}$$

where, for U(A,B) quantifies, A is preferable to B.

Step 4: Determine the portion of each project that is not dominated as follows:

$$A_{ColA}^{ND} = 1 - \max (X_{1.ColA}, X_{2.ColA}, \dots, X_{n.ColA})$$

Step 5: The priority of the fuzzy set is then the rank order of XND values with a decreasing order.

Table 1. Supplier selection indicators

Major indicators	Sub-indicators
1. Serviceability	Meet the lead time Inventory rotation rate Lead time Customer satisfaction Market share
2. Supply capability	Production flexibility Multi-item production capability New item development/production capability
3. Quality	Quality assurance Return penalty After service level

$$R = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.8 & 0.6 & 0.0 \\ 0.2 & 0.0 & 0.0 & 0.4 \\ 0.4 & 0.1 & 0.0 & 0.4 \\ 0.4 & 0.6 & 0.6 & 0.0 \end{bmatrix} \quad R^T = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.2 & 0.4 & 0.4 \\ 0.8 & 0.0 & 0.1 & 0.6 \\ 0.6 & 0.0 & 0.0 & 0.6 \\ 0.0 & 0.4 & 0.4 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R - R^T = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.6 & 0.2 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$X_A^{ND} = 1 - \max(0.4) = 1 - 0.4 = 0.6$$

$$X_B^{ND} = 1 - \max(0.6) = 1 - 0.6 = 0.4$$

$$X_C^{ND} = 1 - \max(0.2) = 1 - 0.2 = 0.8$$

$$X_D^{ND} = 1 - \max(0.0) = 1 - 0.0 = 1.0$$

Thus, the fuzzy set priority score is given by $1.0 > 0.8 > 0.6 > 0.4$, and the alternative priority is given by $D > C > A > B$.

Note : Dalam paper ini Langkah pengolahan data dengan FAHP tidak jelas. Dengan hal ini kami mencari makalah/paper yang dimana menerapkan FAHP. Hal ini bertujuan agar penulis bisa lebih memahami proses F-AHP dan dapat mengaplikasikannya untuk kemudian hari.

- **Hasil Perhitungan**

Table 3. Results of integrated priority

Evaluation Factors		Weighted Value	
1. Serviceability, 0.48	Meet the lead time	0.190	0.091
	Inventory rotation rate	0.315	0.151
	Lead time	0.120	0.058
	Customer satisfaction	0.301	0.145
	Market share	0.074	0.035
2. Supply apability, 0.25	Production flexibility	0.160	0.040
	Multi-item Prod. Capa.	0.499	0.125
	New item dev./ prod.	0.341	0.085
3. Quality, 0.27	Quality assurance	0.591	0.160
	Return penalty	0.211	0.057
	A/S	0.198	0.053

Table 4. The weighted value for each suppliers candidate for sub-factors

Indicator	Weighted Value	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4
P ₁ : Meet the lead time	0.091	0.26, 0.024	0.23, 0.021	0.25, 0.023	0.26, 0.024
P ₂ : Inventory rotation rate	0.151	0.36, 0.054	0.21, 0.031	0.29, 0.044	0.14, 0.021
P ₃ : Lead time	0.058	0.58, 0.034	0.09, 0.005	0.08, 0.005	0.25, 0.015
P ₄ : Customer satisfaction	0.145	0.32, 0.046	0.25, 0.036	0.27, 0.039	0.18, 0.026
P ₅ : Market share	0.035	0.19, 0.007	0.28, 0.010	0.30, 0.011	0.23, 0.008
P ₆ : Production flexibility	0.040	0.25, 0.010	0.33, 0.013	0.20, 0.009	0.22, 0.009
P ₇ : Multi-item Prod. Capa.	0.125	0.20, 0.050	0.40, 0.05	0.30, 0.038	0.10, 0.013
P ₈ : New item dev./ prod.	0.085	0.20, 0.017	0.40, 0.034	0.20, 0.017	0.20, 0.017
P ₉ : Quality assurance	0.160	0.48, 0.077	0.11, 0.018	0.30, 0.048	0.11, 0.018
P ₁₀ : Return penalty	0.057	0.60, 0.034	0.15, 0.009	0.05, 0.003	0.20, 0.011
P ₁₁ : A/S	0.053	0.19, 0.018	0.38, 0.020	0.12, 0.006	0.31, 0.017
Total	1.000	0.368	0.180	0.243	0.179

Setelah dilakukan pem bobotan dan perhitungan dengan F-AHP, maka dari hal ini dipilih supplier 1 sebagai TPL yang akan digunakan.

Adapun dalam paper ini dibandingkan antara perhitungan AHP dan fuzzy AHP, terdapat perbedaan dengan F-AHP dipilih Supplier 1 dan AHP adalah Supplier 3

Tabel 5. Hasil dari masalah sampel dengan metode AHP dan fuzzy-AHP

Metode evaluasi	Prioritas Pemasok dan Nilai Tertimbang dari faktor	Pemasok Terpilih
1. Metode Peringkat Fuzzy Set	S1 (0,368), S3 (0,243), S2 (0,180), S4 (0,179)	S1: Pemasok #1
	P9 (0,160), P2 (0,151), P4 (0,145), P7 (0,125), P1 (0,091), P8 (0,085), P3 (0,058), P10 (0,057), P11 (0,53), P6 (0,040), P5 (0,035),	
2. Metode AHP	S3 (0,342), S1 (0,330), S2 (0,180), S4 (0,148)	S3: Pemasok #3
	P2 (0,170), P9 (0,141), P1 (0,140), P5 (0,125), P4 (0,101), P3 (0,090), P10 (0,062), P8 (0,060), P9 (0,041), P7 (0,040), P5 (0,030),	

Namun secara data actual dalam paper yang lebih mendekati adalah keputusan dari perhitungan F-AHP,

Indicator	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4
Meet the lead time	91%	80%	85%	90%
Inventory rotation rate	15 times	12 times	16 times	13 times
Lead time	15 days	17 days	16 days	143 days
Customer satisfaction	42	48	52	55
Market share	12%	18%	19%	15%
Production flexibility	20 days	27 days	16 days	18 days
Multi-item Prod. Capa.	2 ea	4 ea	3 ea	1 ea
New item dev./ prod.	1 ea	2 ea	1 ea	1 ea
Quality assurance	ISO9001	ISO9001	ISO9001	none
Return penalty	12%	3%	1%	4%
A/S	3 days	6 days	2 days	5 days

Setelah pembahasan paper 1 ini, pembahasan selanjutnya adalah cara perhitungan F-AHP. Adapun cara perhitungan diperoleh dari Youtube, Paper 2 dan Paper 3.

B. Perhitungan Fuzzy AHP

Berdasarkan review paper yang dilakukan, metodologi dalam penyusunan paper atau penelitian berkenaan hal ini adalah :



Adapun cara perhitungan F-AHP adalah :

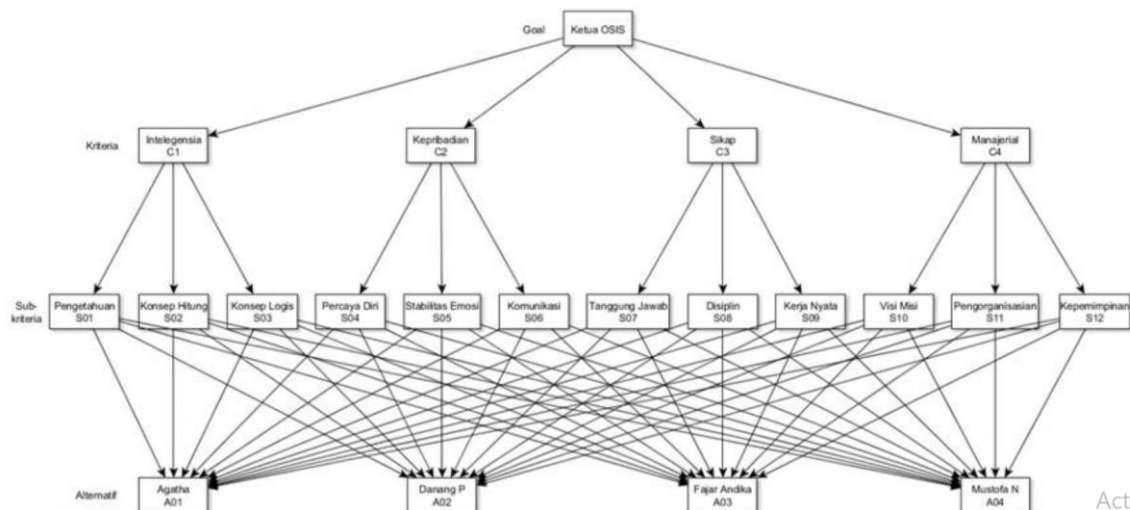
Sumber Perhitungan :

Judul Paper : Metode FUZZY AHP untuk Pemilihan Ketua OSIS pada SMA N 1 Jogonalan Klaten

<https://www.youtube.com/watch?v=5k3Wz1AfVWs>

A. Perhitungan Konsistensi Kriteria dan Sub Kriteria dengan Teknik AHP

1. Pembuatan Struktur Hirarki



Gambar Struktur Hirarki Pemilihan Ketua Osis

2. Menentukan Kode Kriteria

Dari struktur hirarki Langkah selanjutnya adalah membuat kode kriteria, seperti Tabel Kode Kriteria dibawah ini.

Tabel Kode Kriteria

Kode Kriteria	Nama Kriteria
c1	Intelegensia
c2	Kepribadian
c3	Sikap
c4	Manajerial

3. Menghitung Bobot Kriteria

Untuk tahap ini dilakukan dengan membuat matriks berpasangan antara kriteria. Untuk mengisi bobot dapat melihat **Tabel 1 Nilai Intesitas AHP**.

Tabel Matriks Berpasangan Kriteria

	c1	c2	c3	c4
c1	1	2	4	4
c2	0.5	1	3	3
c3	0.25	0.333333333	1	2
c4	0.25	0.333333333	0.5	1
Total	2	3.666666667	8.5	10

Cara Pembacaannya adalah

C1 (intelegensia) sedikit sekali lebih penting dari C2 (kepribadian), dengan Bobot 2

C2 (kepribadian) sedikit lebih penting dari C3 (Sikap), dengan Bobot 3

C1 (intelegensia) lebih penting dari C4 (Managerial), dengan Bobot 4

C2 (kepribadian) dibanding dengan C1 (intelegensia), maka Bobotnya adalah $\frac{1}{2} = 0.5$

Dst

4. Menghitung Bobot Prioritas

Tahap ini dilakukan dengan cara matriks berpasangan dikalikan dengan matriks berpasangan tersebut. Dalam tahap ini dilakukan dengan menggunakan excel dengan menggunakan fungsi MMULT

Tabel Perhitungan Bobot Prioritas

	c1	c2	c3	c4	jumlah baris	nilai eigen
c1	4.0	6.7	16.0	22.0	48.7	0.5
c2	2.5	4.0	9.5	14.0	30.0	0.3
c3	1.2	1.8	4.0	6.0	13.0	0.1
c4	0.8	1.3	3.0	4.0	9.1	0.1
Total					100.79167	1

Jumlah Baris C1 = $4.0 + 6.7 + 16.0 + 22.0 = 48.7$

Nilai Eigen C1 = $48.7 / 100.7 = 0.5$

5. Menghitung Konsistensi

Setelah diperoleh bobot pada Langkah 4 maka Langkah selanjutnya adalah memperhitungkan konsistensi nilai yang diperoleh. Adapun Langkah untuk hal tersebut adalah :

a. Mencari nilai E Maks

$$\begin{aligned} E \text{ maks} &= \text{Nilai Eigen} * \text{Total Kolom} \\ &= (0.5 * 2) + (0.3 * 3.67) + (0.1 * 8.5) + (0.1 * 10) \\ &= 4.059 \end{aligned}$$

b. Mencari nilai CI

$$\begin{aligned} CI &= (E_{\text{maks}} - n) / (n - 1) \\ &= (4.059 - 4) / (4 - 1) \\ &= 0.0195 \end{aligned}$$

c. Mencari nilai CR

Ukuran Matriks	Nilai <i>IR</i>	Ukuran Matriks	Nilai <i>IR</i>
1,2	0.00	9	1.45
3	0.58	10	1.49
4	0.90	11	1.51
5	1.12	12	1.48
6	1.24	13	1.56
7	1.32	14	1.57
8	1.41	15	1.59

Karena kriteria ada 4 maka matriksnya berukuran 4X4

$$\begin{aligned}
 CR &= CI/IR \\
 &= 0.0195/0.90 \\
 &= 0.02
 \end{aligned}$$

$CR < 0.1$ maka dikatakan konsisten

Setelah dilakukan perhitungan Bobot untuk Kriteria, maka lakukan hal yang sama dengan metode AHP untuk masing-masing Subkriteria.

Kode	Kode Kriteria	Nama Kriteria	Nama Sub Kriteria
S01	C1	Intelegensia	Pengetahuan
S02	C1	Intelegensia	Konsep Hitung
S03	C1	Intelegensia	Konsep Logis
S04	C2	Kepribadian	Percaya Diri
S05	C2	Kepribadian	Stabilitas Emosi
S06	C2	Kepribadian	Komunikasi
S07	C3	Sikap	Tanggung Jawab
S08	C3	Sikap	Disiplin
S09	C3	Sikap	Kerja Nyata
S10	C4	Manajerial	Visi Misi
S11	C4	Manajerial	Pengorganisasian
S12	C4	Manajerial	Kepemimpinan

Tahap selanjutnya akan ada 4 kali iterasi perhitungan seperti di atas yaitu untuk sub kriteria Intelegensia (S01,S02 dan S03), sub kriteria Kepribadian (S04,S05 dan S06), sub kriteria Sikap (S07,S08 dan S09) dan sub Kriteria Manajerial (S10,S11 dan S12). Ketika seluruh iterasi sudah dinyatakan konsisten, maka langkah selanjutnya adalah perhitungan Fuzzy AHP.

B. Perhitungan Fuzzy AHP

1. Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria FAHP

Dalam Langkah ini adalah merubah matriks berpasangan kriteria AHP menjadi matriks berpasangan kriteria Fuzzy AHP. Dari matriks berpasangan AHP lalu lihat di **Tabel 2** Skala Nilai Fuzzy Segitiga.

Intensitas Kepentingan AHP	Himpunan Linguistik	Triangular Fuzzy Number (TFN)	Reciprocal (Kebalikan)
1	Perbandingan elemen yang sama (<i>Just Equal</i>)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
2	Pertengahan (<i>Intermediate</i>)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
3	Elemen satu cukup penting dari yang lainnya (<i>moderately important</i>)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
4	Pertengahan (<i>Intermediate</i>) elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
5	Elemen satu kuat pentingnya dari yang lain (<i>Strongly Important</i>)	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
6	Pertengahan (<i>Intermediate</i>)	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
7	Elemen satu lebih kuat pentingnya dari yang lain (<i>Very Strong</i>)	(3, 7/2, 4)	(1/4, 2/7, 1/3)
8	Pertengahan (<i>Intermediate</i>)	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)
9	Elemen satu mutlak lebih penting dari yang lainnya (<i>Extremely Strong</i>)	(4, 9/2, 5)	(2/9, 2/9, 1/4)

	c1	c2	c3	c4
c1	1	2	4	4
c2	0.5	1	3	3
c3	0.25	0.3333333	1	2
c4	0.25	0.3333333	0.5	1

	c1			c2			c3			c4			Total		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
c1	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.50	1.50	2	2.5	1.5	2	2.5	4.50	6.00	7.50
c2	0.67	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.5	2	1	1.5	2	3.67	5.00	7.00
c3	0.40	0.50	0.67	0.50	0.67	1.00	1.00	1	1	0.50	1	1.50	2.40	3.17	4.17
c4	0.40	0.50	0.67	0.50	0.67	1.00	0.67	1	2	1	1	1	2.57	3.17	4.67
													13.13	17.33	23.33

Untuk baris C1 nilai L = 1+0.5+1.5+1.5 = 4.5, dst

2. Perhitungan Bobot Fuzzy AHP

Dalam tahap ini penulis akan menjabarkan dua acara, dimana yang diperoleh dari paper dan youtube.

Cara 1 :

- Menentukan Nilai Sistery Fuzzy (Si)

Rumus :

$$\frac{M_1}{M_2} = (l_1/u_2, m_1/m_2, u_1/l_2)$$

Dari tabel di atas maka $(l_2, m_2, u_2) = (13.13, 17.33, 23.33)$

Sehingga nilai SI dari matriks perbandingan berpasangan FAHP adalah :

Tabel Nilai Sistery Fuzzy (Si)

	L	m	u
c1	0.193	0.346	0.571
c2	0.157	0.288	0.533
c3	0.103	0.183	0.317
c4	0.110	0.183	0.355

Cara perhitungan C1

$C1 = (4.5/23.33, 6/17.33, 7.5/13.33) = (0.193, 0.346, 0.571)$

Dst

- Menentukan Nilai Normalisasi Nilai Sistery Fuzzy

Tabel Nilai Normalisasi Si

Kriteria	Si			average	Normalisasi
	l	M	u		
c1	0.192857143	0.3461538	0.571066	0.3700257	0.3324075
c2	0.157142857	0.2884615	0.5329949	0.3261998	0.2930371
c3	0.102857143	0.1826923	0.3172589	0.2009361	0.1805082
c4	0.11	0.1826923	0.3553299	0.2160074	0.1940473
Total				1.113169	1

Kolom average adalah rata-rata dari nilai l, m dan u

Average C1 = $(0.193+0.346+0.571)/3 = 0.370$

Normalisasi C1 = $0.370/1.11$

Dst

Jika melihat paper terdapat cara selanjutnya untuk dihitung dengan vector, namun Ketika melihat sumber dari youtube nilai bobot nya mendekati nilai normalisasi dari tabel di atas.

Oleh karena itu akan dijabarkan cara no 2 sesuai sumber youtube.

Cara 2:

- **Menentukan Nilai r**

Nilai r diperoleh dari matriks Perbandingan Berpasangan Fuzzy AHP dengan cara mengalikan nilai masing-masing nilai (l, m, u) dan dipangkatkan dengan $1/n$, n disini adalah banyak kriteria yang ada. Dalam kasus ini ada 4

Tabel Nilai r FAHP

	l	m	u
r1	1.030	1.414	1.750
r2	0.904	1.225	1.682
r3	0.562	0.760	1.000
r4	0.604	0.760	1.075
Total	3.100	4.159	5.506
resiprocal	0.182	0.240	0.323

$$\begin{aligned} R1(l) &= (l_{c1} * l_{c2} * l_{c3} * l_{c4}) ^ { (1/n)} \\ &= (1 * 0.5 * 1.5 * 1.5) ^ { (1/4)} = 1.030 \end{aligned}$$

Dst

$$\text{Resiprocal}(l,m,u) = (1/5.506, 1/ 4.159, 1/ 3.100) = 0.182, 0.240, 0.323$$

- **Menentukan Nilai Normalisasi Bobot FAHP**

Tahap ini Tabel nilai r FAHP dikalikan nilai resiprocalnya

	l	m	u	Average	Normalisasi
wc1	0.187041	0.340067	0.564439	0.363849	0.326894
wc2	0.164107	0.294507	0.542496	0.333703	0.29981
wc3	0.102129	0.182713	0.32257	0.202471	0.181906
wc4	0.109745	0.182713	0.346624	0.213027	0.191391
				1.11305	1

$$\begin{aligned} Wc1(l,m,u) &= r1(l,m,u) * \text{reciprocal}(l,m,u) \\ &= 1.030 * 0.182, 1.414 * 0.240, 1.750 * 0.323 \\ &= 0.187, 0.340, 0.564 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Averga } Wc1 &= (0.187 + 0.340 + 0.564) / 3 \\ &= 0.363 \end{aligned}$$

$$\text{Maka Bobot } C1 = 0.363 / 1.13 = 0.326$$

Dst

Tahap selanjutnya akan ada 4 kali iterasi perhitungan seperti di atas yaitu untuk sub kriteria Intelegensia (S01,S02 dan S03), sub kriteria Kepribadian (S04,S05 dan S06), sub kriteria Sikap (S07,S08 dan S09) dan sub Kriteria Manajerial (S10,S11 dan S12) dengan menggunakan cara FAHP.

C. Perhitungan Perangkingan

Setelah diketahui bobot dari masing-masing kriteria dan sub kriteria dengan Teknik FAHP, maka dilakukan perangkingan dengan cara :

- Mengkalikan bobot kriteria dengan subkriteriannya.

Sub kriteria	Bobot Sub Kriteria	Kriteria	Bobot Kriteria	BoBot
s01	0.360	c1	0.327	0.118
s02	0.339	c1	0.327	0.111
s03	0.302	c1	0.327	0.099
s04	0.451	c2	0.300	0.135
s05	0.322	c2	0.300	0.097
s06	0.226	c2	0.300	0.068
s07	0.488	c3	0.182	0.089
s08	0.280	c3	0.182	0.051
s09	0.232	c3	0.182	0.042
s10	0.478	c4	0.191	0.091
s11	0.278	c4	0.191	0.053
s12	0.244	c4	0.191	0.047
				1

Maka Bobot S 01 = $0.360 * 0.327 = 0.118$

Dst

- Melakukan perangkingan
 Dalam tahap ini bobot masing-masing kriteria dikalikan dengan masing-masing nilai yang diperoleh kandidat, lalu hasil dilakukan peng-urutan untuk menentukan kandidat terpilih. Hasilnya terlihat dalam **Table Perangkingan**

Kandidat	s01	s02	s03	s04	s05	s06	s07	s08	s09	s10	s11	s12	Nilai	Rangking
	0.118	0.111	0.099	0.135	0.097	0.068	0.089	0.051	0.042	0.091	0.053	0.047		
Agatha	85	80	79	85	78	80	77	85	80	90	85	84	82.33	4
Danang	80	84	82	95	92	82	87	88	92	92	94	85	87.58	2
fajar	80	85	80	94	85	80	90	90	94	92	90	92	87.11	3
mustofa	85	95	90	85	90	92	88	87	78	90	85	95	88.56	1

C. Improve Fuzzy AHP

Dalam tahapan ini, penulis memberikan 4 contoh paper dalam penerapan Fuzzy AHP yang mengalami modifikasi ataupun digunakan bersama dengan metode lain. Dalam 4 paper yang direview pada tahap ini, keseluruhan berkenaan dengan penerapan FAHP dalam manajemen resiko.

- **Risk Assessment Using a New Consulting Process in Fuzzy AHP**

Paper ini dipublish tahun 2019.

Latar Belakang paper ini adalah :

- Proses Hirarki Analitis tradisional (AHP) tidak mampu memecahkan masalah ketidakpastian dan ketidaktepatan karena persepsi pengambil keputusan dikaitkan dengan angka yang tajam.
- Bilangan fuzzy dan membangun matriks penilaian yang konsisten sulit dilakukan dalam FAHP.
- Dalam banyak kasus, mengumpulkan penilaian ahli menggunakan kuesioner ini membosankan, **memakan waktu**, dan lebih buruk untuk perbandingan berpasangan dengan sejumlah besar faktor. **Akibatnya, ahli yang menanggapi mungkin cenderung menawarkan tanggapan yang menyimpang** (Li dkk. 2013).

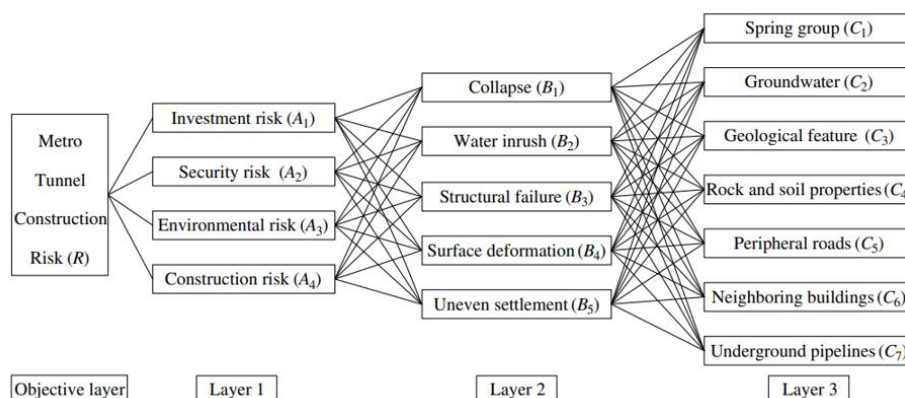
Studi ini mengusulkan proses **konsultasi baru** untuk memecahkan masalah yang disebutkan sebelumnya di FAHP segitiga. Proses konsultasi yang diusulkan terdiri dari **kuesioner yang baru** dirancang dan pendekatan baru untuk menentukan bilangan fuzzy. Penelitian dilakukan di **konstruksi terowongan metro Jinan** . Penelitian ini bertujuan untuk

- (1) mengusulkan proses konsultasi baru di FAHP segitiga,
- (2) menggunakan proses konsultasi yang diusulkan untuk menentukan bilangan fuzzy segitiga dan membangun matriks penilaian yang konsisten dengan lebih mudah, dan
- (3) menerapkan proses konsultasi yang diusulkan dalam FAHP segitiga untuk menilai risiko konstruksi di terowongan metro Jinan.

Hasil penelitian : menunjukkan bahwa matriks penilaian yang ditentukan dari kuesioner baru dapat menentukan bilangan fuzzy segitiga dan membentuk matriks penilaian yang konsisten. Dibandingkan dengan kuesioner tradisional, kuesioner yang diajukan dapat digunakan untuk mengumpulkan pendapat para ahli dengan lebih mudah dan dalam waktu yang lebih singkat.

Adapun Tata Cara Penelitian

- **Stuktur Hirarki Resiko Kontruksi Terowongan Metro Jinan**



- **Penentuan Sampel**

Untuk menilai risiko konstruksi terowongan pelindung di Jinan, penulis menggunakan metode pengambilan sampel yang digerakkan oleh tujuan dan memilih enam ahli berpengalaman dengan keahlian dalam struktur dan fasilitas bawah tanah. Para ahli ini termasuk tiga profesor akademik: kontraktor dengan pengalaman lebih dari 20 tahun, manajer pemilik, dan insinyur konstruksi dengan pengalaman lebih dari lima tahun dalam konstruksi terowongan.

Dua kelompok (kelompok A dan B) ahli dikonsultasikan dalam penelitian ini. Jadi ada 2 kelompok (masing2 6 ahli), yaitu

- Kelompok A (Kelompok A dikonsultasikan dengan kuesioner tradisional terlebih dahulu dan kuesioner baru yang kedua)
- Kelompok B (Kelompok B dikonsultasikan dengan kuesioner baru terlebih dahulu dan kuesioner tradisional kedua).

• Pengambilan Data

Dilakukan dengan cara **membandingkan Kuesioner Baru dan Kuesioner Lama**. Kuesioner baru terdiri dari tabel komprehensif yang mencantumkan semua faktor di kolom pertama dan sembilan skor di kolom lainnya. Sembilan skor mewakili kepentingan relatif dari kontribusi suatu faktor terhadap risiko konstruksi (dari 1 = kepentingan terendah hingga 9 = kepentingan tertinggi).

• Perbandingan Kuesioner Baru dan Kuesioner Lama

(1) factor 2	(2) factor 3	(3) factor 4	(i)	(n-1) factor n
<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely
<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong
<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong
<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate
<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal
<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate
<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong
<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong
<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely
factor 1	factor 1	factor 1	factor 1	factor 1

(1) factor 3	(2) factor 4	(i)	(n-1) factor n
<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely
<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong
<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong
<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate
<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal
<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate
<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong
<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong
<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely
factor 2	factor 2	factor 2	factor 2

(2) factor 4	(i)	(n-1) factor n	(n-1) factor (n-1)
<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely
<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong
<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong
<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate
<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal	<input type="radio"/> Equal
<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate	<input type="radio"/> Moderate
<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong	<input type="radio"/> Strong
<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong	<input type="radio"/> Very strong
<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely	<input type="radio"/> Extremely
factor 3	factor 3	factor 3	factor n

Note: Equal=1; Moderate=3; Strong=5; Very strong=7; Extremely=9.

Fig. 6. Traditional questionnaire for pairwise comparisons in AHP. (Adapted from Li et al. 2013, © ASCE.)

Gambar Contoh Kuesioner Lama

1 2 3 4 5 6 7 8 9
 Lowest importance Highest importance

Factor	Influence of the factor on the risk of tunnel construction								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Layer 1									
Factor 1									
Factor 2									
.....									
Factor <i>i</i>									
Layer 2									
Factor 1									
Factor 2									
.....									
Factor <i>j</i>									
.....									
Layer <i>n</i>									
Factor 1									
Factor 2									
.....									
Factor <i>m</i>									

Note: The general requirements are assigning only a score from 1 to 9 to a factor and eliminating the number of times that the same score is repeatedly assigned to different factors in the same layer. If the number of factors in a layer does not exceed 9, a score is suggested to be assigned to no more than one factor in this layer. If the number of factors in a layer is between 10 and 18, the same score is encouraged to be assigned to no more than two factors in this layer. Please place a check [✓] for any rating that you consider to be appropriate for each factor.

Fig. 7. New questionnaire for risk assessment in tunnel construction.

Gambar Contoh Kuesioner Baru

- **Pengolahan Data**

Appendix II. Responses from Experts in Group A

Layer	Factor	Influence of factor on risk of tunnel construction								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Layer 1	Investment risk (A_1)	I	III	I	I	—	—	—	—	—
	Safety risk (A_2)	—	—	—	—	—	—	III	II	I
	Environmental risk (A_3)	—	—	—	II	II	I	I	—	—
	Period risk (A_4)	III	II	I	—	—	—	—	—	—
Layer 2	Collapse (B_1)	—	—	—	—	—	II	I	II	I
	Water inrush (B_2)	—	—	—	—	I	III	I	I	—
	Structural failure (B_3)	—	III	II	I	—	—	—	—	—
	Surface deformation (B_4)	III	I	II	—	—	—	—	—	—
	Uneven settlement (B_5)	III	II	I	—	—	—	—	—	—

© ASCE

04019112-9

J. Constr. Eng. Manage.

J. Constr. Eng. Manage., 2020, 146(3): 04019112

Appendix II. (Continued.)

Layer	Factor	Influence of factor on risk of tunnel construction								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Layer 3	Spring group (C_1)	—	—	—	—	—	—	I	III	II
	Groundwater (C_2)	—	—	—	—	—	I	I	III	I
	Geological feature (C_3)	—	—	—	I	IV	—	—	—	I
	Rock and soil properties (C_4)	—	I	IV	V	—	—	—	—	—
	Peripheral roads (C_5)	—	I	II	III	—	—	—	—	—
	Neighboring buildings (C_6)	—	—	—	I	I	III	I	—	—
	Underground pipelines (C_7)	—	—	—	—	I	II	III	—	—

Note: Roman numerals in the table represent the selected times of the score from 1 to 9.

Gambar Data Hasil Kuesioner

Dari Gambar di atas:

A_1 is initially assigned with an interval number of 1–4. Regarding the scores of A_1 , 2 (3 pemilih), whereas 1, 3, or 4 (1kali pemilih). Nilai yang terbanyak adalah 2 (preference). A_2 7–9 (7 is assigned three times, 8 is selected twice, and 9 is assigned once), A_3 4–7 (both 4 and 5 are assigned twice), and A_4 1–3 (1 is assigned three times and 2 is assigned twice). Each element in the judgment matrix can be expressed as the ratio between two interval numbers, such as $A_2=A_1$ 7 – 9/1 – 4, $A_3=A_1$ 4 – 7/1 – 4, and $A_4=A_1$ 1 – 3/1 – 4

Dari data dan penjelasan di atas, penulis menggambarkan dalam sebuah tabel sebagai berikut:

Kriteria	Range	Nilai Paling Sering Muncul
A_1	1-4	2
A_2	7-9	7
A_3	4-7	4/5
A_4	1-3	1

Adapun cara membuat matriks berpasangannya adalah :

Perbandingan A2/A1			Perbandingan A3/A1		
Nilai Preference	7/2	= 3.5	Nilai Preference	4/2	=2
Nilai Terkecil /Terbesar	7/4	=1.75	Nilai Terkecil/Terbesar	4/4	=1
Nilai Terbesar/Terkecil	9/1	=9	Nilai Terbesar/Terkecil	7/1	=7
Maka Nilai Fuzzynya	=3	(1,3,5)	Maka Nilai Fuzzynya	=2	(1,2,4)
Perbandingan A2/A3			Perbandingan A4/A1		
Nilai Preference	7/4	= 1.75	Nilai Preference	1/2	=0.5
Nilai Terkecil/Terbesar	7/7	=1	Nilai Terkecil/Terbesar	1/4	=0.25
Nilai Terbesar/Terkecil	9/4	=2.25	Nilai Terbesar/Terkecil	3/1	=3
Maka Nilai Fuzzynya	=2	(1,2,4)	Maka Nilai Fuzzynya	=1	(1,1,3)

Sehingga dapat digambarkan dalam matriks berpasangan, sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} \frac{A_1}{A_1} & \frac{A_1}{A_2} & \frac{A_1}{A_3} & \frac{A_1}{A_4} \\ \frac{A_2}{A_1} & \frac{A_2}{A_2} & \frac{A_2}{A_3} & \frac{A_2}{A_4} \\ \frac{A_3}{A_1} & \frac{A_3}{A_2} & \frac{A_3}{A_3} & \frac{A_3}{A_4} \\ \frac{A_4}{A_1} & \frac{A_4}{A_2} & \frac{A_4}{A_3} & \frac{A_4}{A_4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1-4}{7-9} & \frac{1-4}{4-7} & \frac{1-4}{1-3} \\ \frac{7-9}{1-4} & 1 & \frac{7-9}{4-7} & \frac{7-9}{1-3} \\ \frac{4-7}{1-4} & \frac{4-7}{7-9} & 1 & \frac{4-7}{1-3} \\ \frac{1-3}{1-4} & \frac{1-3}{7-9} & \frac{1-3}{4-7} & 1 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0.33' & 0.5' & 1' \\ 3' & 1 & 2' & 3' \\ 2' & 0.33' & 1 & 2' \\ 1' & 0.33' & 0.5' & 1' \end{pmatrix} \quad (11)$$

Matrik Berpasangan				
	A1	A2	A3	A4
A1	1	0.333333	0.5	1
A2	3	1	2	3
A3	2	0.5	1	2
A4	1	0.333333	0.5	1

Matriks Berpasangan FAHP dan nilai Bobot

Table 1. Triangular fuzzy judgment matrix of layer 1 for objective layer

Factor	A_1	A_2	A_3	A_4	Sum of triangular fuzzy numbers (S_i)	Fuzzy synthetic extent (P_i)
A_1	(1,1,1)	(0.2,0.33,1)	(0.25,0.5,1)	(0.33,1,1)	(1.78,2.83,4)	(0.051,0.142,0.35)
A_2	(1,3,5)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1,3,5)	(4,9,15)	(0.116,0.45,1.313)
A_3	(1,2,4)	(0.2,0.33,1)	(1,1,1)	(1,2,4)	(3.2,5.33,10)	(0.092,0.267,0.875)
A_4	(1,1,3)	(0.2,0.33,1)	(0.25,0.5,1)	(1,1,1)	(2.45,2.83,6)	(0.071,0.142,0.525)

Perhitungan Sub Kriteria

Table 3. Weights of factors in layer 2 to factors $A_1 - A_4$ in layer 1

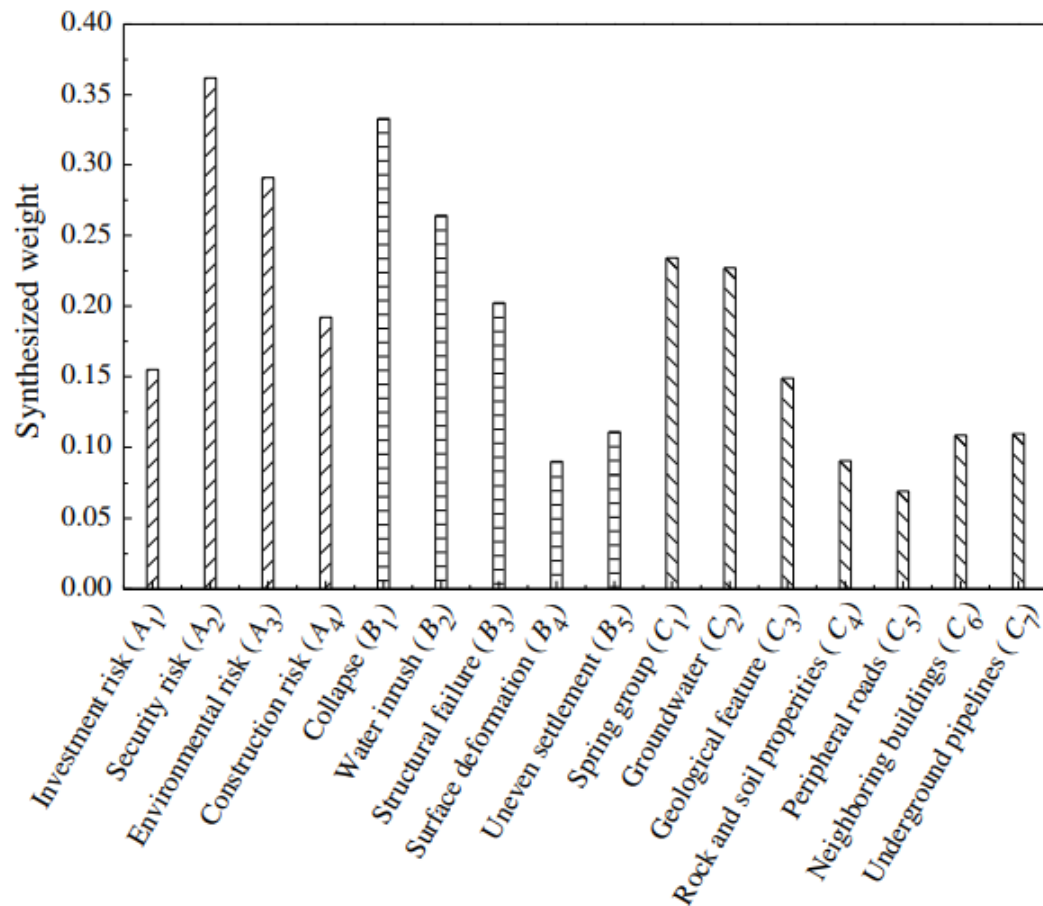
Factor	A_1	A_2	A_3	A_4	Synthesized weights
B_1	0.156	0.361	0.289	0.194	0.3337
B_2	0.340	0.339	0.329	0.326	0.2638
B_3	0.213	0.276	0.271	0.271	0.2014
B_4	0.252	0.188	0.189	0.204	0.0910
B_5	0.092	0.081	0.103	0.091	0.1095

Table 4. Weights of factors in layer 3 to factors $B_1 - B_5$ in layer 2

Factor	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Synthesized weights
C_1	0.3337	0.2638	0.2014	0.0910	0.1095	0.23380
C_2	0.2439	0.2195	0.2423	0.2311	0.2254	0.22693
C_3	0.2271	0.2326	0.2385	0.2392	0.1825	0.14897
C_4	0.1307	0.1458	0.1434	0.1575	0.2163	0.10258
C_5	0.0965	0.0976	0.1129	0.1055	0.1123	0.06941
C_6	0.0671	0.0679	0.0732	0.0770	0.0672	0.10857
C_7	0.1116	0.1128	0.1005	0.1048	0.1077	0.10903

Pada Paper ini bobot dihitung dari Normalisasi nilai SI, menurut penulis ini menggunakan cara 2 seperti link dari Youtube, yang sudah dipaparkan di atas

Perangkingan



Dari gambar di atas menunjukkan bobot yang disintesis untuk menentukan peringkat faktor risiko dengan FAHP segitiga dalam pembangunan jalur metro Jinan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar di atas, **kelompok pegas (C_1) adalah faktor paling kritis yang dapat menimbulkan risiko konstruksi terburuk ke terowongan metro Jinan, diikuti oleh air tanah (C_2). Jatuh (B_1) memiliki bobot terbesar di lapisan 2. Oleh karena itu, kerusakan akibat keruntuhan kemungkinan besar menyebabkan risiko konstruksi untuk terowongan metro Jinan. Risiko keamanan (A_2) adalah risiko paling signifikan dalam konstruksi terowongan metro.** Hasil pemeringkatan menunjukkan bahwa perhatian lebih harus difokuskan pada kelompok mata air dan air tanah, yang cenderung memiliki pengaruh paling signifikan pada konstruksi terowongan metro di Jinan.

Maka dalam paper ini dilakukan perbandingan penghematan waktu dalam pengerjaan ini, seperti data dibawah. Secara khusus, kuesioner baru dapat dengan cepat mengumpulkan pendapat ahli dan menghemat sekitar 50% waktu.

Appendix III. Expert Background and Time Required to Complete Traditional and New Questionnaires

Expert	Occupation	Work experience (year)	Time required to complete questionnaire [minutes (')/seconds ('')]		Efficient ratio (%)	Preference on questionnaire
			Traditional (T_m)	New (N_m)		
Group A: Traditional questionnaire first and new questionnaire second						
A1	Professor	35	9'42"	4'30"	46.39	New questionnaire
A2	Professor	32	16'	9'	56.25	New questionnaire
A3	Professor	30	10'	5'	50	New questionnaire
A4	Contractor	20	9'	5'	55.56	New questionnaire
A5	Owner manager	9	9'	4'	44.44	New questionnaire
A6	Client engineer	7	10'	4'	40	New questionnaire
Group B: New questionnaire first and traditional questionnaire second						
B1	Contractor	36	5'25"	3'30"	64.81	New questionnaire
B2	Contractor	33	5'40"	2'10"	38.23	New questionnaire
B3	Designer	27	6'10"	3'30"	56.76	New questionnaire
B4	Client engineer	20	8'58"	5'16"	58.73	New questionnaire
B5	Client engineer	18	6'19"	3'34"	56.46	New questionnaire
B6	Client engineer	17	3'58"	2'40"	67.22	New questionnaire
B7	Structure engineer	15	5'40"	2'13"	39.12	New questionnaire
B8	Construction engineer	13	4'31"	2'42"	59.79	New questionnaire

Note: Efficient ratio (%) = N_m/T_m .

• “Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Risk Assessment to General- assembling of Satellite”

Tujuan utama dari paper ini adalah untuk mengukur pengaruh beberapa faktor risiko dan tindakan pengendalian risiko dalam proses perakitan satelit secara umum. AHP dan Teori Fuzzy digabungkan dalam artikel ini dengan cara yang berbeda, yaitu dengan mengukur pengaruh beberapa faktor risiko dan tindakan pengendalian risiko dalam proses perakitan satelit secara umum dengan cara **Quantitative analysis for risk factors** dimana FAHP diterapkan dalam penilaian keselamatan proses perakitan satelit secara umum. Metode ini meliputi 4 prosedur sebagai berikut:

1. Menetapkan model hierarki factor resiko
2. Menentukan bobot factor risiko
3. Tentukan dasar kuantitatif untuk factor risiko
4. Menetapkan model penilaian risiko yang komprehensif

Alur Risk Assessment dengan FAHP digambarkan sebagai berikut:

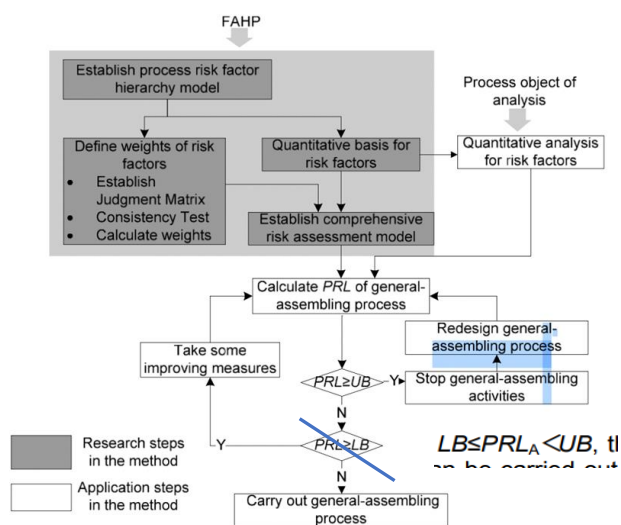
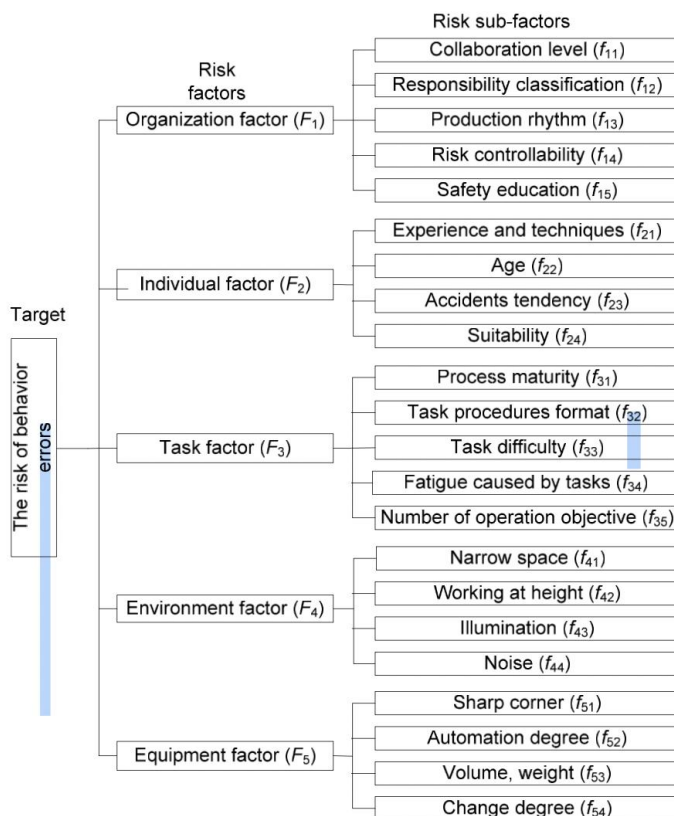


Figure 1. Risk assessment flow of the satellite general-assembling process based on FAHP.

Dengan petunjuk prosedur di samping, maka alur penilaian perhitungan tingkat risiko proses (PRL) adalah Membandingkan PRL dengan batas atas (UB) dan batas bawah (LB) dari tingkat risiko komprehensif dari proses perakitan satelit secara umum, jika PRL lebih besar sama dengan UB, perakitan umum harus dihentikan, dan sistem perakitan umum harus didesain ulang; LB PRL UB, tindakan perbaikan harus diambil, dan kemudian PRL harus dihitung ulang; PRL lebih kecil LB, proses perakitan umum dapat dilakukan.

- **Perhitungan Bobot Faktor Resiko**

Sruktur Hirarki dari Resiko dalam Perakitan Satellite digambarkan pada Gambar dibawah ini sebagai berikut:



Besarnya (Bobot) Faktor resiko ini terhadap Perakitan satellite dihitung dengan Metode F-AHP, adapun hasilnya ditampilkan dalam Tabel sebagai berikut :

Faktor risiko	Lokal bobot	Mempertaruhkan sub-faktor	Lokal bobot	Keseluruhan bobot
F_1	0,28	f_{11}	0.2	0,056
		f_{12}	0,25	0,070
		f_{13}	0.17	0,048
		f_{14}	0,3	0,084
		f_{15}	0,08	0,022
F_2	0.19	f_{21}	0.36	0,068
		f_{22}	0.14	0,027
		f_{23}	0.31	0,059
		f_{24}	0.19	0,036
F_3	0,22	f_{31}	0.38	0,084
		f_{32}	0,05	0,011
		f_{33}	0.32	0,070
		f_{34}	0,09	0,020
		f_{35}	0.16	0,035
F_4	0.17	f_{41}	0,48	0,082
		f_{42}	0.33	0,056
		f_{43}	0.1	0,017
		f_{44}	0,09	0,015
F_5	0.14	f_{51}	0.32	0,045
		f_{52}	0.15	0,021
		f_{53}	0,23	0,032
		f_{54}	0,3	0,042

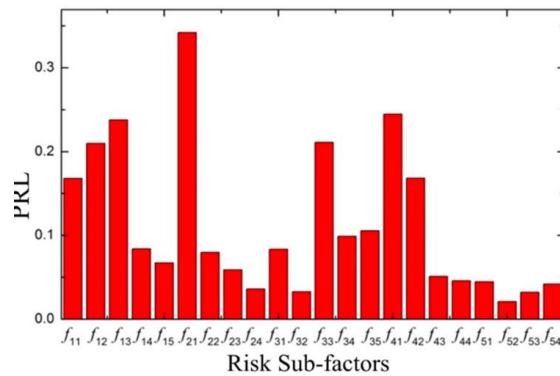
- **Penilaian Tingkat Resiko Kondisi Saat ini**

Seringkali penilaian deskriptif non-kuantitatif tersebut dapat memberikan **hasil yang kasar**, karena **subjektivitas dan ambiguitasnya**. Maka akan dilakukan proses **Quantitative analysis for risk factors**. Dipertimbangkan untuk kuantifikasi granularity berbagai tingkat faktor risiko dalam proses perakitan satelit secara umum . Dalam artikel ini, yang diklasifikasikan menjadi tiga tingkatan, sesuai dengan tingkat risikonya, yaitu tingkat **rendah (1), sedang (3), dan tinggi (5)**. Kuantitatif kriteria penilaian disajikan sebagai Tabel di bawah ini :

Level (Value) Sub-factor	Low (1 point)	Medium (3 points)	High (5 points)
Collaboration level (f_{11})	With collaboration experiences of more than 3 years.	With collaboration experiences of 1~3 years.	With collaboration experiences of less than 1 year.
Responsibility classification (f_{12})	Clear responsibility classification.	Medium clearance of responsibility classification.	Lower clearance of responsibility classification.
Production rhythm (f_{13})	Continuous overtime of not more than 3 days.	Continuous overtime of 3~5 days.	Continuous overtime of more than 5 days.
Risk controllability (f_{14})	The probability of detecting and controlling the risk timely is higher than 85%.	The probability of detecting and controlling the risk timely is 70%~85%.	The probability of detecting and controlling the risk timely is lower than 70%.
Safety education (f_{15})	More than 4 times of safety education per month.	2~4 times of safety education per month.	Less than twice of safety education per month.
Experience and techniques (f_{21})	With general-assembling experiences for more than 5 years.	With general-assembling experiences for 2~5 years.	With general-assembling experiences for less than 2 years.
Age (f_{22})	18~40.	40~55.	Above 55.
Accidents tendency (f_{23})	Never happened.	Once or twice.	More than twice.
Suitability (f_{24})	Same or similar operation for more than 3 times.	Same or similar operation for 1~3 times.	Without the same or similar operation experiences.
Process maturity (f_{31})	Continuous success for more than three times.	Continuous success for 1~3 times.	New process.
Task procedures format (f_{32})	Animation or image formats.	Table or Word formats.	Verbal order, job transfer.
Task difficulty (f_{33})	Low difficulty.	Medium difficulty.	High difficulty.
Fatigue caused by tasks (f_{34})	Normal operation, mild fatigue.	Inconvenient for operation, medium fatigue.	Difficult for operation, extreme fatigue.
Number of operation objective (f_{35})	1	2~3	Above 3.
Narrow space (f_{41})	Enough space, normal operation.	Smaller space, inconvenient for operation.	Narrow space, difficult for operation.
Working at height (f_{42})	Lower than 1m.	1~3m.	Above 3m.
Illumination (f_{43})	Meet the standard requirement.	Lower than the standard requirement.	A serious shortage.
Noise (f_{44})	Lower than 60dB.	60~90dB.	Higher than 90dB.
Sharp corner (f_{51})	Without sharp corner.	Middle sharp degree.	Very sharp corner.
Automation degree (f_{52})	Higher automation.	Middle automation.	Lower automation.
Volume, weight (f_{53})	Suitable volume and the weight are lighter than 5kg.	Larger/Smaller volume, and weight is 5~20kg.	Overlarge/oversmall volume and weight is higher than 20kg.
Change degree (f_{54})	Change degree is lower than 10%.	Change degree is 10%~30%.	Change degree is higher than 30%.

Jadi kita akan melakukan penilaian masing-masing resiko berdasarkan keadaan yang ada sesuai tabel. Contoh misalkan berkenaan **risk safety education**, dilihat saat ini pengalaman pekerja/human saat ini sudah dalam waktu berapa tahun. Ketika sedikit pengalaman maka dalam dalam resiko behavior orang dalam hal organisasi, hal ini memiliki derajat resiko yang besar. Penilaian Tingkat Resiko (PRLi) ditunjukkan dalam tabel berikut:

Sub-factor	Overall weight	General-assembling process A	
		Value	PRL_i
f_{11}	0.056	3	0.168
f_{12}	0.070	3	0.210
f_{13}	0.048	5	0.238
f_{14}	0.084	1	0.084
f_{15}	0.022	3	0.067
f_{21}	0.068	5	0.342
f_{22}	0.027	3	0.080
f_{23}	0.059	1	0.059
f_{24}	0.036	1	0.036
f_{31}	0.084	1	0.084
f_{32}	0.011	3	0.033
f_{33}	0.070	3	0.211
f_{34}	0.020	5	0.099
f_{35}	0.035	3	0.106
f_{41}	0.082	3	0.245
f_{42}	0.056	3	0.168
f_{43}	0.017	3	0.051
f_{44}	0.015	3	0.046
f_{51}	0.045	1	0.045
f_{52}	0.021	1	0.021
f_{53}	0.032	1	0.032
f_{54}	0.042	1	0.042



Contoh Resiko F11 (Collaboration Level), nilai bobot resiko ini dalam Perakitan Satelit adalah 0.056, saat ini kondisi resiko ini dalam kategori Medium (3) artinya collaboration experience pekerja adalah 1-3 tahun (sesuai tabel kuantitatif kriteria). Maka Nilai Tingkat Resiko untuk F11 adalah 0.168, angka ini diperoleh dari Bobot dikali dengan Value (0.056*3). Maka total resiko perakitan satelit dari sisi Behaviour adalah sebesar 2.46, diperoleh total PRLi dari seluruh factor resiko.

Dengan Nilai Total 2.46, dimana nilai ini berada di atas nilai batas bawah resiko (LB = 2) namun masih dibawah nilai batas atas (UB = 2.5), sesuai alur risk assessment di atas maka perlu dilakukan Tindakan perbaikan untuk menurunkan factor resiko ini.

3 sub-faktor risiko yang paling berpengaruh terhadap resiko behavior error dalam proses perakitan umum A adalah **pengalaman dan teknik (f21), ruang sempit (f41), dan produksi ritme (f13). Sehingga 3 hal ini harus diambil Langkah perbaikan**

- **Penentuan Langkah Meminimalisasi Nilai Resiko (dengan perbaikan 3 sub factor resiko)**

Compar- ison factors	General- assembling process A		Improving measures	General- assembling process A'	
	Value	PRL_i		Value	PRL'_i
f_{21}	5	0.342	Replaced by experienced staff	1	0.068
f_{41}	3	0.245	Replaced by staff of small stature	1	0.082
f_{13}	5	0.238	Decrease number of overtime	1	0.048

Table 11. The comparison table for the general-assembling process A before and after taking improving measures.

Dengan sub factor f21 (Experience dan technique) dimana awalnya pengalaman merakit kurang dari 2 tahun (bobot ini 5), agar bisa menjadi menurun factor risikonya maka diganti dengan pekerja yang lebih berpengalaman (lebih dari 5 tahun) sehingga nilai PRI awal nya

0.342 menjadi 0.068 (lihat Kuantitatif Penilaian). Maka dengan hal ini Resiko karena kesalahan orang yang awalnya 2.466 (total awal nilai resiko) menjadi 1.839 (total nilai resiko setelah perbaikan). Nilai 1.839 diperoleh dari $2.466 - ((0.342-0.068)+(0.245-0.082)+(0.238-0.048)) = 1.839$. Dengan Nilai Total 1.839, dimana nilai ini berada dibawah nilai batas bawah (LB = 2), sesuai alur risk assessment di atas maka perakitan assembling ini bisa dilakukan. Nilai resiko f21, f41 and f13 dapat diturunkan masing-masing sebesar 80.1%, 66.5% and 79.8%.

Contoh Faktor 21 menurun tingkat resikonya 80.1% dari sebelumnya,

Resiko awal = 0.342

Resiko setelah perbaikan = 0.068

Maka reduce resiko sebesar $= (0.342-0.068)/0.342 = 80.1\%$

Dan seterusnya

- **“Supply Chain Risk Assessment: A Fuzzy AHP Approach”**

Pada paper ini dilakukan penentuan tingkat resiko dengan melihat kemungkinan muncul dan konsekuensi dari resiko, cara perhitungan dengan menggunakan Teknik FAHP. Adapun Latar belakang penelitian dari paper ini adalah Supply Chain Management (SCM) secara luas diakui sebagai strategis bagi perusahaan, karena mereka berkontribusi untuk membangun dan mempertahankan keunggulan kompetitif.

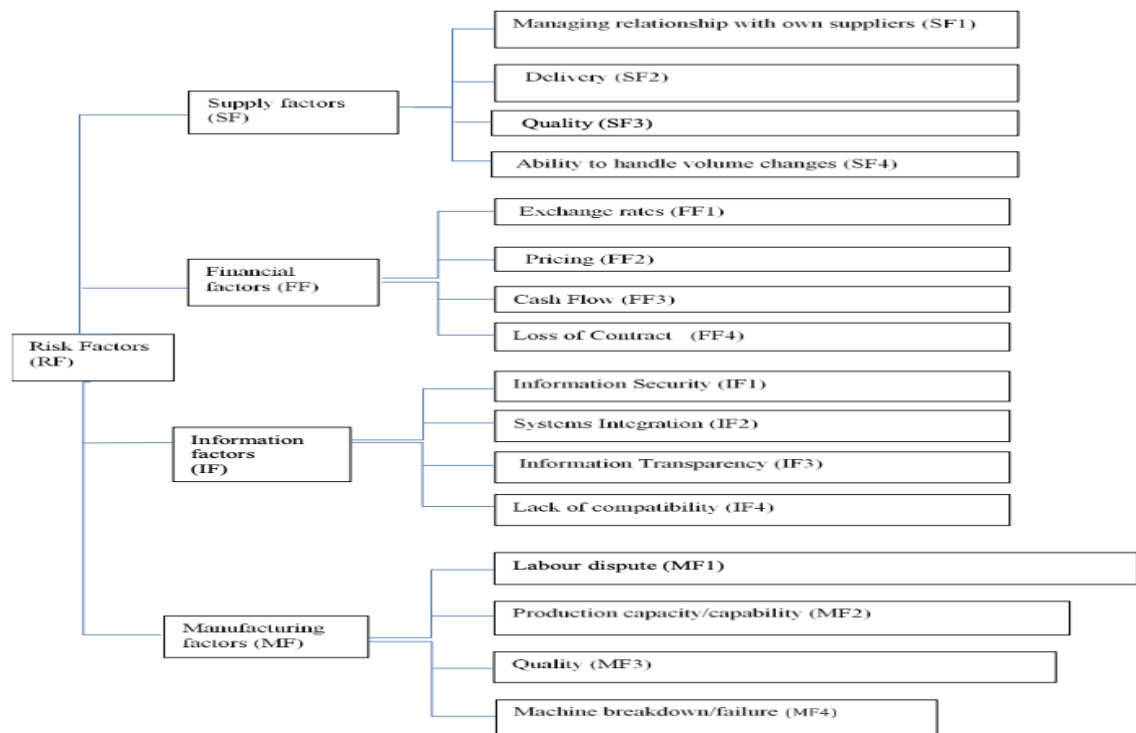
Dengan menerapkan metodologi yang memungkinkan setiap organisasi dalam kelompok untuk mengevaluasi situasi dari perspektif mereka sendiri dan kemudian mengoordinasikan masukan ini secara kuantitatif, hasilnya pasti lebih unggul daripada metode ad hoc yang sering menghasilkan solusi yang dapat diterima oleh sedikit orang. Studi ini menyajikan studi komprehensif untuk mengidentifikasi Faktor Risiko (RF) dalam rantai pasokan dan mengevaluasinya. Berdasarkan pendekatan FAHP, matriks risiko yang direvisi dengan skala berkelanjutan diusulkan untuk menilai kelas RF. Hasilnya mengklasifikasikan RF dalam kategori yang berbeda. Klasifikasi dapat membantu manajer untuk mengelola risiko dalam rantai pasokan berdasarkan prioritas.

Untuk pengumpulan data, survei wawancara digunakan untuk mendapatkan ide yang mendalam dan meningkatkan validitas. Dalam makalah ini, manajer dari lima organisasi yang berbeda disurvei untuk memvalidasi model yang diusulkan. Studi ini mengkategorikan risiko rantai pasokan (**Supply Chain Risk Factors**) ke dalam 4 kategori:

- ❖ Faktor pasokan, **Supply Chain Risk Factors (SF)**
- ❖ Faktor keuangan, **Financial Risk Factors (FF)**
- ❖ Faktor informasi, **Information Risk Factors (IF)**
- ❖ Faktor manufaktur, **Manufacturer Risk Factors (MF)**

RF (Risk Factors) diformulasikan sebagai struktur hierarki dan Fuzzy AHP sebagai alat Pengambilan Keputusan Multi Atribut (**MADM) Multi Attribute Decisions Making** yang diterapkan untuk menilai kandidat yang layak. Hasil penelitian adalah Matriks risiko yang direvisi dengan skala berkelanjutan diusulkan untuk menilai kelas RF. Hasilnya mengklasifikasikan RF dalam kategori yang berbeda (Ekstrem, Tinggi, Sedang dan Rendah). Berdasarkan hasil ini, beberapa implikasi manajemen dan saran diusulkan. Matriks risiko yang direvisi dengan skala berkelanjutan untuk penilaian risiko dalam rantai pasokan adalah pendekatan baru.

- Struktur Hirarki



- Research Methods

- **Kuesioner AHP** dengan skala penilaian sembilan poin dirancang untuk mengukur kemungkinan dan konsekuensi yang dirasakan subjek pada masing-masing RF. Berdasarkan struktur hierarki RF di **Figure 1**, survei AHP dengan 4 kriteria dan 16 subkriteria telah dibuat.
- Karena Paper ini menggunakan faktor risiko untuk SCM, sebagai studi empiris untuk memvalidasi model yang diusulkan, **22 Top Manager dari 5 industri besar** disurvei , antara lain:
 - 2 dari Industri Fast Moving Consumer Goods (FMCG); persaingan yang ketat
 - 2 dari sektor otomotif (memiliki kompleksitasnya sendiri dan waktu tunggu yang lama)
 - 1 dari Industri manufaktur komponen elektronik. (Industri rekayasa memiliki kompleksitas dalam bentuk pengembangan produk dan lead- time yang panjang)

Perusahaan /Industri studi dihadapkan pada semua ketidakpastian permintaan pasar yang dihadapi pelanggannya dan bermain dalam kondisi yang sangat kompleks dan dinamis. Semua ini adalah organisasi besar yang terpapar pada berbagai jenis risiko transaksional dan risiko yang dianggap cocok untuk studi SCRM (Supply Chain Risk Management)

Table 2 Profiles of the respondents

Characteristics	Position	Frequency	Percentage (%)
Job Title	IT Manager	7	31.82
	Supply Chain Manager	9	40.9
	Chief Information officer	4	18.18
	Chief Operations Officer	2	9.1
Age	Under 40	08	36.36
	41-50	09	40.9
	51-60	04	18.18
	Above 60	01	4.56
Educational Level	High School Graduate	0	0
	Post Graduate and above	09	40.9
		13	59.1
Experience	5-10	03	13.63
	11-15	05	22.72
	16-20	10	45.45
	Above 20	04	18.2
Industry	Automobile	13	59.1
	FMCG	04	18.18
	Electronics	05	22.72
	Component		

- **Procedure for Risk Assessment in Supply Chain**

Dalam paper ini diperoleh 22 matriks perbandingan berpasangan untuk setiap perbandingan RF pada setiap lapisan. Matriks ini diperoleh untuk setiap perbandingan RF.

Langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan 22 matriks perbandingan berpasangan ke dalam matriks fuzzy positif resiprokal. Untuk tujuan tersebut, bilangan fuzzy segitiga dikarakterisasi. Angka ini memiliki nilai ukur minimum, geometrik dan maksimum. Kemudian, pendekatan FAHP digunakan berdasarkan matriks ini untuk menimbang RF untuk kedua pengukuran "kemungkinan" dan "konsekuensi" yang dirasakan responden.

- **The Global Weights of Risk Factors**

Untuk menemukan bobot global RF, bobot lokal tingkat rendah dikalikan dengan bobot global tingkat tinggi yang sesuai. **Hasil dari bobot RF untuk pengukuran** kemungkinan ditunjukkan pada: **Table 3**.

- ❖ Untuk konstruksi RF lapisan pertama, SF (30,68%) memiliki bobot kemungkinan tertinggi diikuti oleh MF (27,21%), IF (23,08%) dan FF (21,32%).
- ❖ Untuk RF lapisan kedua, RF dengan bobot kemungkinan yang lebih tinggi adalah MF3 (9,32%) dan MF4 (7,38%).

Table 3 The likelihood weights of risk factors (RFs)

Layer 1 RFs	The global weights of Layer1	Layer 2 RFs	The local weights of Layer 2	The global weights of Layer 2
SF	30.68	SF1	13.00	6.54
		SF2	26.02	6.19
		SF3	14.00	6.87
		SF4	47.87	5.78
FF	21.32	FF1	20.12	4.42
		FF2	26.12	5.54
		FF3	27.77	6.35
		FF4	27.44	6.32
IF	23.08	IF1	17.87	5.76
		IF2	20.12	5.96
		IF3	37.02	7.05
		IF4	27.04	6.43
MF	27.21	MF1	20.02	5.04
		MF2	22.21	5.69
		MF3	35.00	9.32
		MF4	23.78	7.38

The bold numbers show the RFs with higher weights

Keterangan : untuk dalam paper ini untuk kolom global Weight of Layer 2, penulis tidak tahu cara perhitungannya, karena penjumlahannya tidak sama dengan 1

Dengan cara yang sama, **hasil bobot RF untuk konsekuensi** ditunjukkan pada **Table 4**.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa :

- ❖ Untuk konstruksi RF lapisan pertama, RF dengan bobot konsekuensi tertinggi adalah SF (32,25%), diikuti oleh MF (27,21%), FF (22,34%) dan IF (19,11%).
- ❖ Untuk RF lapisan kedua, RF dengan bobot konsekuensi yang lebih tinggi adalah: SF2 (8,45%) dan SF3 (8,11%).

Table 4 The consequence weights of risk factors (RFs)

Layer 1 RFs	The global weights of Layer1	Layer 2 RFs	The local weights of Layer 2	The global weights of Layer 2
SF	32.25	SF1	35.33	7.22
		SF2	25.03	8.45
		SF3	30.12	8.11
		SF4	7.85	4.55
FF	22.34	FF1	35.57	7.55
		FF2	24.45	5.34
		FF3	23.43	5.00
		FF4	17.87	4.10
IF	19.11	IF1	27	4.77
		IF2	44.34	7.65
		IF3	15.22	3.55
		IF4	15.45	3.67
MF	27.21	MF1	26.34	6.88
		MF2	29.44	7.56
		MF3	18.13	4.43
		MF4	29.45	7.67

The bold numbers show the RFs with higher weights

• Klasifikasi Resiko

Setelah diperoleh bobot dari factor kemungkinan dan konsekuensi, maka akan dilakukan klasifikasi resiko dalam 4 kategori. Adapun caranya adalah nilai bobot kedua factor tersebut dirata-ratakan untuk masing-masing resiko. Contoh SF2 nilainya adalah 7.32 $((6.19+8.25)/2)$, dikategorikan E (Ekstrim).

Table 5 The classification of risk factors (RFs)

RFs	Likelihood weights (%)	Consequence weights (%)	Risk Index (%)	Risk class
MF4	7.38	7.67	7.42	E
SF2	6.19	8.45	7.32	
SF3	6.87	8.11	7.30	
MF2	5.69	7.56	6.90	H
MF3	9.32	4.43	6.81	
MF1	5.04	6.88	6.21	M
SF1	6.54	5.88	6.18	
IF2	5.96	7.65	5.90	
FF2	5.54	5.34	5.85	
IF3	7.05	3.55	5.50	
FF1	4.42	6.55	5.49	
IF1	5.76	5.77	5.32	L
FF3	6.35	5.00	5.12	
FF4	6.32	4.10	4.77	
SF4	5.78	4.55	4.71	
IF4	6.43	3.67	4.26	

The bold numbers show the RFs with higher weights

- **Agricultural Risk Management Using Fuzzy TOPSIS Analytical Hierarchy Process (AHP) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**

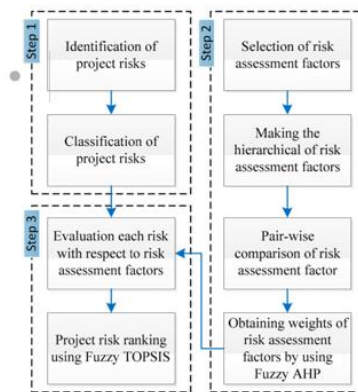
Paper ini bertujuan mengukur pengaruh beberapa faktor risiko dan tindakan pengendalian risiko dengan **Fuzzy Topsis dan FMEA dalam bidang agricultural** dan memperluas penerapan FMEA pada manajemen risiko untuk proyek pertanian.

Gambaran Pengerjaan adalah :

Untuk tujuan ini, faktor resiko dalam **FMEA** tradisional dipecah menjadi tiga sub-faktor yang meliputi tingkat resiko biaya, tingkat resiko tepat waktu, dan tingkat resiko kualitas proyek. Selain itu, dalam penelitian ini, teknik fuzzy untuk preferensi urutan berdasarkan kesamaan dengan solusi ideal (**TOPSIS**) yang terintegrasi dengan proses hierarki analitik **fuzzy (AHP)** digunakan untuk mengatasi keterbatasan FMEA tradisional. Analisis sensitivitas dilakukan dengan menimbang faktor penilaian risiko.

Langkah-langkah pengendalian risiko harus diterapkan sesuai dengan tingkat keparahan setiap risiko. Beberapa kontribusi penelitian ini dapat diabstraksikan sebagai mengidentifikasi dan menghilangkan risiko investasi dalam proyek pertanian dan menerapkan metode pengambilan keputusan FMEA dan multicriteria yang diperluas untuk menganalisis risiko dalam domain pertanian untuk pertama kalinya. Sebagai alat manajemen, model yang diusulkan dapat digunakan di bidang serupa untuk manajemen risiko berbagai proyek investasi.

Diagram Alir dalam Paper ini digambarkan dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir model yang dirancang. Sumber: Elaborasi penulis.

Untuk mencapai tujuan ini, langkah-langkah berikut diambil untuk mengidentifikasi risiko investasi yang paling penting. Alat yang digunakan dalam model yang diusulkan juga dijelaskan di bagian berikutnya.

Langkah 1: Identifikasi risiko investasi

Langkah 2: Mendapatkan bobot faktor penilaian risiko menggunakan AHP fuzzy Chang

- Gambarlah bagan hierarkis faktor penilaian risiko.
- Pembentukan matriks pasangan-bijaksana faktor penilaian risiko (S, O, dan D) dan faktor penilaian sub-risiko (ST, SC, dan SQ) menggunakan nomor fuzzy segitiga.
- Hitung S_i untuk masing-masing baris matriks dua dimensi.
- Hitung besarnya relatif S_i satu sama lain
- Hitung faktor berat dan faktor risiko di bawah matriks berpasangan.
- Hitung vektor berat akhir pada tingkat terendah struktur hierarkis.

Langkah 3: Peringkat risiko menggunakan TOPSIS fuzzy Chen

- Menilai para ahli berkaitan dengan risiko yang ada di masing-masing faktor penilaian risiko.
- Buat matriks keputusan fuzzy dan menormalkannya.
- Buat matriks keputusan fuzzy normal.
- Ideal positif ideal dan penentuan fuzzy ideal yang merugikan.
- Hitung jarak antara semua risiko dari ideal positif dan negatif fuzzy
- Tentukan faktor risiko kedekatan dan hitunglah.
- Peringkat risiko sesuai dengan rasio jarak dekat mereka.

• Langkah 1 Identifikasi Resiko

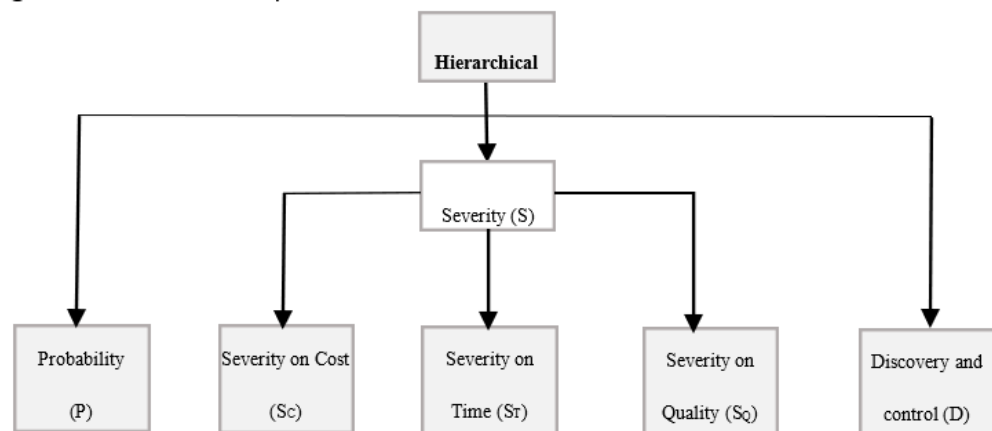
Pada bagian ini, metodologi penilaian risiko yang diperkenalkan digunakan dalam lima proyek pertanian, termasuk kebun jeruk, kebun pistachio, kebun zaitun, dan kebun hitam dan hijau masing-masing bernama P1 hingga P5. Menurut Hillson, manajemen risiko

adalah langkah pertama dalam mengidentifikasi dan mengkategorikan risiko, terlepas dari teknik penilaian risiko. Dalam penelitian ini, according ke tinjauan literatur dan dengan bantuan sekelompok ahli pertanian, 10 risiko investasi diidentifikasi dalam 5 proyek pertanian dan dibagi menjadi dua fase konstruksi dan operasi.

Table 3. Identification and categorization of investment risks.

Risk Category	ID	Type of Risk
Construction risks	R1	Risk of project manager and human resources
	R2	Risk of project planning and implementation
	R3	Financial risk
	R4	Risk of increasing costs
	R5	The risk of access to technology and knowledge
Operational risks	R6	The supply of raw materials (fluctuations in the prices of agricultural raw materials, including seeds, fertilizers, etc.)
	R7	Risk energy and water resources
	R8	The risk of climate fluctuations and pests
	R9	Marketing and sales risk at home and abroad
	R10	Limitations on product sales price (due to government regulations, competitive market, etc.)

- Langkah 2 Menentukan Bobot Peringkat dengan FAHP



Dalam FMEA, the ranking of critical failure modes is performed via risk priority numbers (RPN) that is a product of evaluating some factors such as occurrence **probability (O), severity (S), and detection (D) of each failure mode: $RPN = S \cdot O \cdot D$** . Pada Faktor Severity (keparahan), dipecah ke dalam 3 subfaktor (Biaya, Waktu dan Quality).

Dalam paper ini dibuat klasifikasi nilai Fuzzy berdasarkan keadaan saat ini berdasarkan 3 hal yaitu probabilitas terjadinya resiko, tingkat keparahan (Biaya, Waktu dan Quality) dan kemampuan untuk deteksi resiko tersebut. Hal ini tergambar dalam tabel dibawah ini

Table 2. Linguistic definition of probability of occurrence, severity, and detection.

Fuzzy Number	Description Term	Probability of Occurrence	Severity On			Detection/Control
			Cost	Time	Quality	
(1,1,3)	Very low (VL)	Chance is < 1%	Increased costs < 1%	Increased time < 1%	Quality degradation is not noticeable.	Not capable of detecting and controlling the risk event
(1,3,5)	Low (L)	Chance is $\geq 1\%$ and < 10%	$\geq 1\%$ and < 4%	$\geq 1\%$ and < 4%	Few areas of quality are affected.	Low chance of detecting and controlling the risk event
(3,5,7)	Moderate (M)	Chance is $\geq 10\%$ and < 33%	$\geq 4\%$ and < 7%	$\geq 4\%$ and < 7%	Major areas of quality are affected.	Moderate chance of detecting and controlling the risk event
(5,7,9)	High (H)	Chance is $\geq 33\%$ and < 67%	$\geq 7\%$ and < 10%	$\geq 7\%$ and < 10%	Quality are unacceptable to project sponsor.	High chance of detecting and controlling the risk event
(7,9,9)	Very high (VH)	Chance is $\geq 67\%$	$\geq 10\%$	$\geq 10\%$	Project quality does not meet business expectations.	High effectiveness in detecting and controlling the risk event

Setelah ini menentukan bobot dari Probability/Occurrence, Severity (biaya, waktu dan quality), Detection. Hal ini dihitung dengan FAHP

Table 4. Evaluation of experts in the first level of risk assessment factors.

	S	O	D	Weight Vector
Severity (S)		SS-SS-FW (0.52, 1.22, 2.03)	FS-VS-SW (1.44, 2.27, 3.98)	0.425
Occurrence (O)			SS-SS-E (1, 2.08, 2.92)	0.390
Detection (D)				0.185

CR for defuzzified type of this matrix 0.00017 < 0.10.

Table 5. Evaluation of experts in second level of risk assessment factors.

	St	Sc	Sq	Weight Vector
Severity on Time (St)		FW-SS-SW (0.31, 0.58, 1.19)	E-SS-E (1, 1.44, 1.71)	0.309
Severity on Cost (Sc)			FS-E-SS (1.44, 2.47, 3.27)	0.532
Severity on Quality (Sq)				0.159

CR for defuzzified type of this matrix 0.00031 < 0.10

Table 7. Evaluation of experts in linguistic variables for risks in first project.

Category	Risks	O	St	Sc	Sq	D
		Max	Max	Max	Max	Min
		0.390	0.131	0.226	0.068	0.185

Severity = 0.425

ST = 0.425*0.309 = 0.131, Sc = 0.425*0.532 = 0.226, SQ = 0.425*0.159 = 0.068

- **Langkah 3 Peringkat Resiko dengan TOPSIS**

Pada paper ini langkah-langkah perhitungan topsisnya tidak dijabarkan. Penulis mempelajari metode ini dari linkyoutube:

<https://www.youtube.com/watch?v=z188EQuWOGU>

Table 7. Evaluation of experts in linguistic variables for risks in first project.

Category	Risks	O	St	Sc	Sq	D
		Max	Max	Max	Max	Min
		0.390	0.131	0.226	0.068	0.185
Construction risks	R1	M-L-L	H-VH-L	L-VL-L	VL-VL-L L-L-M	H-M-M
	R2	H-H-M	H-H-M	H-M-M	VL-VLVL	H-VH-H M-
	R3	H-H-VH	H-M-H	VL-L-L	M-H-M	L-L
	R4	M-M-H	M-VL-L	VH-VH-VH		VL-VL-L
	R5	VL-L-VL	VL-VL-VL	M-L-M	L-M-M	L-L-L
Operational risks	R6	M-M-L	VH-VH-H	VH-VH-H	VH-VH-VH	M-L-L
	R7	VH-H-VH	M-M-L	VH-H-VH	VH-VH-VH	L-VL-L
	R8	VH-H-VH M-L-	L-L-M	M-H-M M-L-	VH-VH-VH VL-VL-	M-VL-L M-
	R9	M	VL-VL-VL	M	VL	H-H
	R10	H-VH-VH	VL-VL-VL	H-H-M	VL-VL-L	L-VL-L

(VL = Very low, L = Low, M = Moderate, H = High, VH = Very high)



Table 8. Integrating the expert opinions.

Risk ID	O	St	Sc	Sq	D
R1	1, 3, 7, 7	1, 6, 3, 9	1, 2, 3, 5	1, 1, 7, 5	3, 5, 67, 9
R2	3, 6, 3, 9	3, 6, 3, 9	3, 5, 7, 9	1, 2, 3, 7	5, 7, 67, 9
R3	5, 7, 7, 9	3, 6, 3, 9	1, 2, 3, 5	1, 1, 3	1, 3, 67, 7
R4	3, 5, 7, 9	1, 3, 7	7, 9, 9	3, 5, 7, 9	1, 1, 67, 5
R5	1, 1, 7, 5	1, 1, 3	1, 4, 3, 7	1, 4, 3, 7	1, 3, 5
R6	1, 4, 3, 7	5, 8, 3, 9	5, 8, 3, 9	7, 9, 9	1, 3, 67, 7
R7	5, 8, 3, 9	1, 4, 3, 7	5, 8, 3, 9	7, 9, 9	1, 2, 33, 5
R8	5, 8, 3, 9	1, 3, 7, 7	3, 5, 7, 9	7, 9, 9	1, 3, 7
R9	1, 4, 3, 7	1, 1, 3	1, 4, 3, 7	1, 1, 3	3, 6, 33, 9
R10	5, 8, 3, 9	1, 1, 3	3, 6, 3, 9	1, 1, 7, 5	1, 2, 33, 5

Risk ID	O	St	Sc	Sq	D	d^+_i	d^-_i	CC _i Score	Rank
R1	0.04, 0.16, 0.30	0.01, 0.09, 0.13	0.03, 0.06, 0.13	0.01, 0.01, 0.04	0.02, 0.03, 0.06	0.39	0.20	0.340	8
R2	0.13, 0.27, 0.39	0.04, 0.09, 0.13	0.08, 0.14, 0.23	0.01, 0.02, 0.05	0.02, 0.02, 0.04	0.30	0.29	0.490	7
R3	0.22, 0.33, 0.39	0.04, 0.09, 0.13	0.03, 0.06, 0.13	0.01, 0.01, 0.02	0.03, 0.05, 0.19	0.29	0.30	0.514	6
R4	0.13, 0.25, 0.39	0.01, 0.04, 0.10	0.18, 0.23, 0.23	0.02, 0.04, 0.07	0.04, 0.11, 0.19	0.24	0.36	0.603	3
R5	0.04, 0.07, 0.22	0.01, 0.01, 0.04	0.03, 0.11, 0.18	0.01, 0.03, 0.05	0.04, 0.06, 0.19	0.4	0.2	0.335	9
R6	0.04, 0.19, 0.30	0.07, 0.12, 0.13	0.13, 0.21, 0.23	0.05, 0.07, 0.07	0.03, 0.05, 0.19	0.26	0.34	0.562	4
R7	0.22, 0.36, 0.39	0.01, 0.06, 0.10	0.13, 0.21, 0.23	0.05, 0.07, 0.07	0.04, 0.08, 0.19	0.2	0.39	0.655	1
R8	0.22, 0.36, 0.39	0.01, 0.05, 0.10	0.08, 0.14, 0.23	0.05, 0.07, 0.07	0.03, 0.06, 0.19	0.24	0.37	0.609	2
R9	0.04, 0.19, 0.30	0.01, 0.01, 0.04	0.03, 0.11, 0.18	0.01, 0.01, 0.02	0.02, 0.03, 0.06	0.40	0.19	0.319	10
R10	0.22, 0.36, 0.39	0.01, 0.01, 0.04	0.08, 0.16, 0.23	0.01, 0.01, 0.04	0.04, 0.08, 0.19	0.27	0.33	0.552	5
A*	0.39	0.13	0.23	0.07	0.19				
A-	0.04	0.01	0.03	0.01	0.02				

Source: Authors' elaboration.

Setelah dilakukan perangkingan terlihat bahwa resiko paling signifikan pada project 1 adalah resiko no 7 yaitu Supply energy dan sumber air. Lalu dilakukan perhitungan yang sama untuk project 2 sampai dengan 5. Hasil terlihat dalam tabel di bawah ini

Table 10. The results of fuzzy technique for order of preference by similarity to ideal solution (FTOPSIS) output and ranking the risks in 5 investment projects.

Risk ID	Project 1		Project 2		Project 3		Project 4		Project 5	
	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank
R1	0.340	8	0.342	7	0.584	5	0.429	10	0.511	6
R2	0.490	7	0.333	8	0.524	8	0.482	8	0.481	7
R3	0.514	6	0.502	5	0.506	9	0.445	9	0.592	3
R4	0.603	3	0.592	3	0.601	4	0.610	3	0.624	1
R5	0.335	9	0.304	10	0.639	3	0.512	6	0.299	10
R6	0.562	4	0.591	4	0.579	6	0.548	5	0.470	8
R7	0.655	1	0.599	2	0.671	2	0.700	2	0.583	4
R8	0.609	2	0.617	1	0.712	1	0.716	1	0.594	2
R9	0.319	10	0.330	9	0.500	10	0.498	7	0.436	9
R10	0.552	5	0.487	6	0.568	7	0.582	4	0.573	5

pada di atas risiko signifikan adalah: Risiko 7 pada proyek pertama (pasokan sumber daya air dan energi), risiko 8 pada proyek kedua, ketiga dan keempat (cuaca dan pengendalian hama) dan risiko 4 pada proyek kelima (kenaikan biaya).

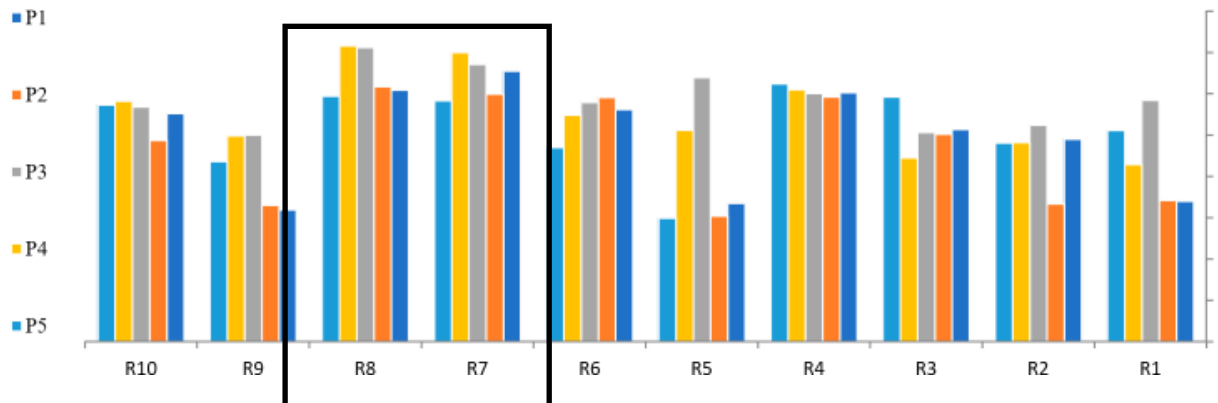


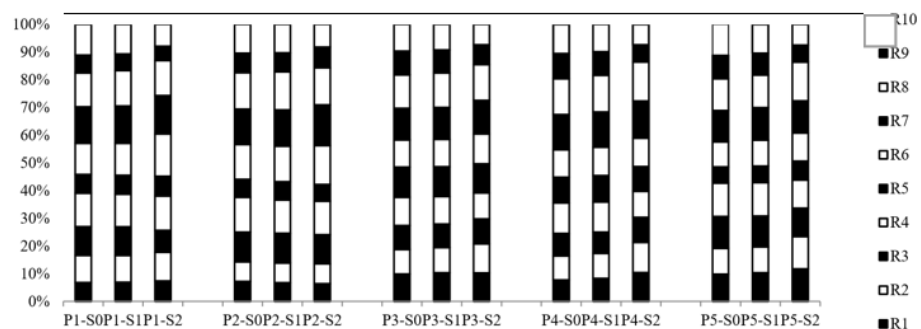
Diagram batang ini menunjukkan masing-masing resiko pada setiap project. Resiko terpenting dalam proyek adalah risiko 7 dan 8, yaitu risiko pasokan air dan energi, dan risiko fluktuasi iklim dan hama, yang dipahami dengan baik di bidang pertanian.

Uji Sensitivitas

Setelah ini dilakukan Uji Sensitivitas dengan cara menggambarkan beratnya faktor penilaian risiko dalam situasi asli dan situasi pertama dan kedua.

Table 11. Risk assessment factors weights regarding the considered statuses.

Factors of Risk Assessment	Status 0 (S0)	Status 1 (S1)	Status 2 (S2)
O	0.390	0.390	0.300
St	0.131	0.141	1.333
Sc	0.226	0.141	1.333
Sq	0.068	0.141	1.333
D	0.185	0.185	0.300



Hasilnya menunjukkan bahwa faktor pembobotan risiko mengubah prioritas risiko antara proyek yang berbeda dengan memengaruhi bobot. Misalnya, risiko terpenting dalam proyek pertama adalah pada Status 0 dan 1 adalah risiko 7, tetapi pada status 2 adalah risiko 6. Demikian pula, dalam kasus proyek kedua, risiko paling signifikan pada Status 0 dan Status 1 adalah risiko 8 dan di Status 2 itu adalah risiko 7 dan seterusnya. Untuk membuat peringkat semua risiko secara umum (dengan mempertimbangkan semua proyek), peringkat risiko dapat dirata-ratakan dalam

proyek yang berbeda. Hal ini dilakukan dalam tiga mode: Asli, pertama, dan situasi kedua. Gambar dibawah ini menunjukkan hasil dari jenis peringkat ini. Warna yang berbeda mewakili risiko fase pembangunan dan risiko fase eksploitasi.

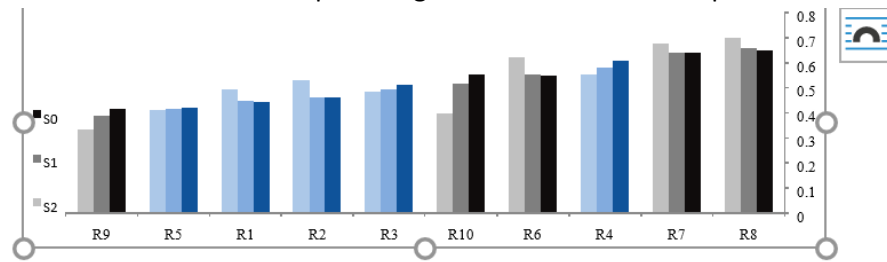


Figure 9. Ranking of risks at construction and exploitation phase in 5 investment projects.

Tindakan Pengendalian Resiko

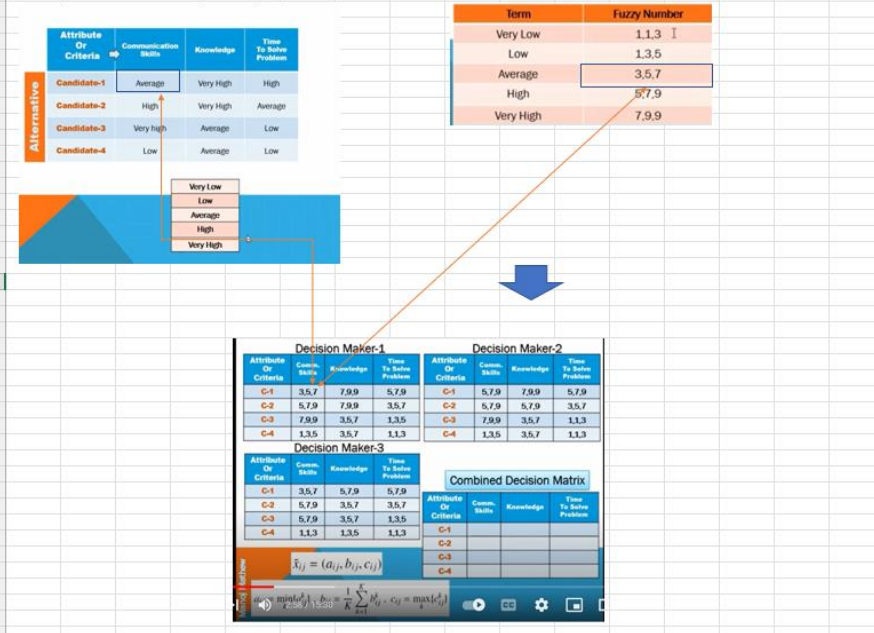
Identifikasi dan evaluasi risiko tidak akan berguna tanpa pengendaliannya. Adapun contoh pengendalian resiko dalam paper ini ditunjukan dalam tabel di bawah ini.

NO	Resiko	Tindakan Pengendalian
(R8)	risiko fluktuasi iklim dan udara	asuransi pertanian dapat dipertimbangkan,
(R10)	risiko batas harga jual	pencegahan dumping oleh komoditas asing yang telah menerima subsidi di pasar asal dan membuat pasar domestik terkadang kehabisan keuntungan. Untuk tujuan ini, asuransi pendapatan dan jaminan pengejaran purditanggung, yang mencakup kerugian pasar
(R9)	risiko pemasaran di dalam dan luar negeri	penyelesaian rantai pasokan dan pentingnya ganda industri makanan dan pengolahan, yang, bersama dengan pemasaran, dapat mendorong sektor ini ke profitabilitas sebanyak mungkin. Rantai pasokan di bidang pertanian sangat sebanding dengan sistem yang berfokus pada produksi, menggabungkan kegiatan penanaman, pemuliaan, proses, producing, pengangkutan, dan pengiriman

Kesimpulan :

- Dalam FMEA tradisional, peringkat keadaan kegagalan kritis dilakukan dengan menggunakan kriteria seperti probabilitas terjadinya (O), mendeteksi (D), dan keparahan (S). Dengan mengalikan kriteria ini, jumlah prioritas risiko diperoleh untuk masing-masing mode kegagalan.
- dalam literatur, metode FMEA tradisional telah dikritik karena berbagai alasan. Misalnya, itu sebagai jumlah kepentingan yang sama untuk semua faktor risiko. Dengan cara ini, pentingnya risiko dengan probabilitas rendah dan effect penting dapat diabaikan, serta risiko yang memiliki probabilitas tinggi dan tidak penting effect, dapat diasumsikan sama dengan risiko yang memiliki probabilitas rendah dan penting effect. Selain itu, evaluasi tidak akurat dengan cara ini.
- Dalam makalah ini, dengan mempertimbangkan beberapa perubahan FMEA digunakan untuk pertama kalinya untuk penilaian risiko proyek pertanian dalam dua fase interpretasi dan operasi.
- Mengingat kritik yang dibuat dalam FMEA tradisional dalam literatur subjek, metode AHP dan TOPSIS digunakan dalam lingkungan fuzzy untuk mendapatkan skor dan peringkat masing-masing risiko.
- Juga, dalam metode yang diusulkan, berbeda dengan FMEA tradisional, tingkat keparahan risiko dibagi menjadi tiga sub-faktor yaitu; tingkat keparahan risiko pada biaya, tingkat keparahan risiko tepat waktu, dan tingkat keparahan risiko pada kualitas proyek.
- Hasil model ini digunakan dalam mengidentifikasi risiko penting dalam setiap project pertanian dan risiko paling penting untuk semua proyek. Hasilnya dapat membantu pengambil keputusan dalam mengendalikan risiko setiap proyek dalam dua fase konstruksi dan operasi.
- Analisis sensitivitas juga digunakan untuk memahami risiko yang dihadapi setiap tujuan dan dimensi proyek, termasuk waktu, biaya, dan kualitas. Model ini didasarkan pada pengembangan indikator penilaian risiko dalam metode FMEA dan kombinasi TOPSIS dan AHP di bawah lingkungan yang kabur untuk menentukan peringkat risiko. Banyak artikel telah diterbitkan tentang penilaian risiko rantai pasokan makanan dan penerapan FMEA di bidang ini. Selain itu, metode ini telah diterapkan dalam mengendalikan risiko produksi pangan

1. Ubah penilaian ke dalam angka Fuzzy



2. Rangkum nilai ini dari seluruh Nara sumber menjadi bentuk (a,b,c)

$$a_{ij} = \min(d_{ij}^1, \dots, d_{ij}^K), b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, c_{ij} = \max(c_{ij}^k)$$

Nilai A

Decision Maker-1=k				Decision Maker-2=k			
Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem	Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3,5,7	7,9,9	5,7,9	C-1	5,7,9	7,9,9	5,7,9
C-2	5,7,9	7,9,9	3,5,7	C-2	5,7,9	5,7,9	3,5,7
C-3	7,9,9	$a_{11}^1, b_{11}^1, c_{11}^1$	1,1,3	C-3	7,9,9	$a_{11}^1, b_{11}^1, c_{11}^1$	1,1,3
C-4	1,3,5	3,5,7	1,1,3	C-4	1,3,5	3,5,7	1,1,3

Decision Maker-3=k			
Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3,5,7	5,7,9	5,7,9
C-2	5,7,9	3,5,7	3,5,7
C-3	5,7,9	$a_{11}^1, b_{11}^1, c_{11}^1$	1,1,3
C-4	1,1,3	1,3,5	1,1,3

C_1
 $a_{11} = \min(3, 5, 3) = 3$

Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3	x_{12}	x_{13}
C-2	x_{21}	x_{22}	x_{23}
C-3	x_{31}	x_{32}	x_{33}
C-4	x_{41}	x_{42}	x_{43}

$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$

$a_{ij} = \min(d_{ij}^1, \dots, d_{ij}^K), b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, c_{ij} = \max(c_{ij}^k)$

Nilai B

Decision Maker-1=k				Decision Maker-2=k			
Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem	Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3,5,7	7,9,9	5,7,9	C-1	5,7,9	7,9,9	5,7,9
C-2	5,7,9	7,9,9	3,5,7	C-2	5,7,9	5,7,9	3,5,7
C-3	7,9,9	$a_{11}^1, b_{11}^1, c_{11}^1$	1,1,3	C-3	7,9,9	$a_{11}^2, b_{11}^2, c_{11}^2$	1,1,3
C-4	1,3,5	3,5,7	1,1,3	C-4	1,3,5	3,5,7	1,1,3

Decision Maker-3=k			
Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3,5,7	5,7,9	5,7,9
C-2	5,7,9	3,5,7	3,5,7
C-3	5,7,9	$a_{11}^3, b_{11}^3, c_{11}^3$	1,1,3
C-4	1,1,3	1,3,5	1,1,3

Attribute Or Criteria	Skills	X_{11}	X_{13}
C-1	3,5,667	X_{21}	X_{31}
C-2	X_{21}	X_{22}	X_{32}
C-3	X_{31}	X_{32}	X_{33}
C-4	X_{41}	X_{42}	X_{43}

$$b_{11} = \frac{1}{3} (5 + 7 + 5) = 5.667$$

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

$$a_{ij} = \min(d_{ij}^1, \dots, d_{ij}^K), b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, c_{ij} = \max(c_{ij}^k)$$

Nilai C

Decision Maker-1=k

Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3,5,7	7,9,9	5,7,9
C-2	5,7,9	7,9,9	3,5,7
C-3	7,9,9	$a_{11}^1, b_{11}^1, c_{11}^1$	
C-4	1,3,5	3,5,7	1,1,3

Decision Maker-2=k

Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	5,7,9	7,9,9	5,7,9
C-2	5,7,9	5,7,9	3,5,7
C-3	7,9,9	$a_{11}^2, b_{11}^2, c_{11}^2$	
C-4	1,3,5	3,5,7	1,1,3

Decision Maker-3=k

Attribute Or Criteria	Comm. Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3,5,7	5,7,9	5,7,9
C-2	5,7,9	3,5,7	3,5,7
C-3	5,7,9	$a_{11}^3, b_{11}^3, c_{11}^3$	
C-4	1,1,3	1,3,5	1,1,3

$$C_{11} = \max(7, 9, 7) = 9$$

Attribute Or Criteria	Knowledge	Time To Solve Problem
C-1	3,5, 007,9	\tilde{x}_{12}
C-2	\tilde{x}_{21}	\tilde{x}_{22}
C-3	\tilde{x}_{31}	\tilde{x}_{32}
C-4	\tilde{x}_{41}	\tilde{x}_{42}

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

$$a_{ij} = \min(d_{ij}^1, \dots, d_{ij}^K), b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, c_{ij} = \max(c_{ij}^k)$$



3. Perhitungan Normalized Fuzzy Decision Matrix



Untuk yang Benefit kriteria adalah Komunikasi dan Knowledge, maka kita lihat nilai C maks
 Untuk Komunikasi C = Max (3,3,3,5) = 9
 Untuk Knowledge C = Max (3,3,7,7) = 9

untuk kriteria cost = time solve problem
 maka dicari nilai A min
 min (5,3,1,1) = 1

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	0.333, 0.630, 1	0.556, 0.926, 1	0.111, 0.143, 0.2
Candidate-2	Knowledge	0.556, 0.778, 1	0.333, 0.778, 1	0.143, 0.2, 0.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	0.556, 0.926, 1	0.333, 0.556, 0.778	0.2, 0.429, 1
Candidate-4		0.111, 0.259, 0.556	0.111, 0.481, 0.778	0.333, 1, 1

Compute the weighted normalized fuzzy decision matrix

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times w_j$$

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	1.667, 4.407, 9	3.889, 8.333, 9	0.333, 0.714, 1.4
Candidate-2	Knowledge	2.778, 5.444, 9	2.333, 7, 9	0.429, 1, 2.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	2.778, 6.481, 9	2.333, 5, 7	0.6, 2.143, 7
Candidate-4		0.556, 1.815, 5	0.778, 4.333, 7	1, 5, 7

Compute the weighted normalized fuzzy decision matrix

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times w_j$$

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	5*0.333, 7*0.630, 9*1	7*0.556, 9*0.926, 9*1	3*0.111, 3*0.143, 7*0.2
Candidate-2	Knowledge	5*0.556, 7*0.778, 9*1	7*0.333, 9*0.778, 9*1	3*0.143, 3*0.2, 7*0.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	5*0.556, 7*0.926, 9*1	7*0.333, 9*0.556, 9*0.778	3*0.2, 3*0.429, 7*1
Candidate-4		5*0.111, 7*0.259, 9*0.556	7*0.111, 9*0.481, 9*0.778	3*0.333, 3*1, 7*1

Compute the weighted normalized fuzzy decision matrix

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times w_j$$

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	1.667, 4.407, 9	3.889, 8.333, 9	0.333, 0.714, 1.4
Candidate-2	Knowledge	2.778, 5.444, 9	2.333, 7, 9	0.429, 1, 2.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	2.778, 6.481, 9	2.333, 5, 7	0.6, 2.143, 7
Candidate-4		0.556, 1.815, 5	0.778, 4.333, 7	1, 5, 7

Compute the Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS)
Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS)

$$A^+ = (\tilde{v}_{11}^+, \tilde{v}_{12}^+, \dots, \tilde{v}_{1n}^+), \text{ where } \tilde{v}_{ij}^+ = \max_i(v_{ij})$$

$$A^- = (\tilde{v}_{11}^-, \tilde{v}_{12}^-, \dots, \tilde{v}_{1n}^-), \text{ where } \tilde{v}_{ij}^- = \min_i(v_{ij})$$

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	1.667, 4.407, 9	3.889, 8.333, 9	0.333, 0.714, 1.4
Candidate-2	Knowledge	2.778, 5.444, 9	2.333, 7, 9	0.429, 1, 2.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	2.778, 6.481, 9	2.333, 5, 7	0.6, 2.143, 7
Candidate-4		0.556, 1.815, 5	0.778, 4.333, 7	1, 5, 7
A^+		2.778, 6.481, 9	3.889, 8.333, 9	1, 5, 7
A^-		0.556, 1.815, 5	0.778, 4.333, 7	0.333, 0.714, 1.4

Compute the distance from each alternative to the FPIS and to the FNIS

A^+ : max dari masing2 kolom
 A^- : min dari masing2 kolom

4. Mencari Jarak

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	1.667, 4.407, 9	3.889, 8.333, 9	0.333, 0.714, 1.4
Candidate-2	Knowledge	2.778, 5.444, 9	2.333, 7, 9	0.429, 1, 2.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	2.778, 6.481, 9	2.333, 5, 7	0.6, 2.143, 7
Candidate-4		0.556, 1.815, 5	0.778, 4.333, 7	1, 5, 7
A^+		2.778, 6.481, 9	3.889, 8.333, 9	1, 5, 7

$$d(i, j) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]}$$

Candidate-1	1.358	0.000	4.089
Candidate-2	0.599	1.183	3.564
Candidate-3	0.000	2.417	1.666
Candidate-4	3.773	3.145	0.000

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	1.667, 4.407, 9	3.889, 8.333, 9	0.333, 0.714, 1.4
Candidate-2	Knowledge	2.778, 5.444, 9	2.333, 7, 9	0.429, 1, 2.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	2.778, 6.481, 9	2.333, 5, 7	0.6, 2.143, 7
Candidate-4		0.556, 1.815, 5	0.778, 4.333, 7	1, 5, 7
A^+		2.778, 6.481, 9	3.889, 8.333, 9	1, 5, 7

$$d(i, j) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]}$$

Candidate-1	1.358	0.000	4.089
Candidate-2	0.599	1.183	3.564
Candidate-3	0.000	2.417	1.666
Candidate-4	3.773	3.145	0.000

Alternative	Attribute Or Criteria	Weightage		
		5, 7, 9	7, 9, 9	5, 6, 7
Candidate-1	Communication Skills	1.667, 4.407, 9	3.889, 8.333, 9	0.333, 0.714, 1.4
Candidate-2	Knowledge	2.778, 5.444, 9	2.333, 7, 9	0.429, 1, 2.333
Candidate-3	Time To Solve Problem	2.778, 6.481, 9	2.333, 5, 7	0.6, 2.143, 7
Candidate-4		0.556, 1.815, 5	0.778, 4.333, 7	1, 5, 7
A^+		2.778, 6.481, 9	3.889, 8.333, 9	1, 5, 7

$$d(i, j) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]}$$

Candidate-1	2.826	3.145	0.000
Candidate-2	3.372	2.124	0.566
Candidate-3	3.773	0.977	3.340
Candidate-4	0.000	0.000	4.089

5. Per-rangking-an

Compute the distance from each alternative to the FPIS and to the FNIS

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+)$$

Attribute Or Criteria	Communication Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
Candidate-1	1.358	0.000	4.089
Candidate-2	0.599	1.183	3.564
Candidate-3	0.000	2.417	1.666
Candidate-4	3.773	3.145	0.000

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$$

Attribute Or Criteria	Communication Skills	Knowledge	Time To Solve Problem
Candidate-1	2.826	3.145	0.000
Candidate-2	3.372	2.124	0.566
Candidate-3	3.773	0.977	3.340
Candidate-4	0.000	0.000	4.089

Compute the closeness coefficient CC_i for each alternative

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

Attribute Or Criteria	d_i^+	d_i^-
Candidate-1	5.448	5.971
Candidate-2	5.346	6.062
Candidate-3	4.083	8.091
Candidate-4	6.919	4.089

Attribute Or Criteria	Communication Skills	Knowledge	Time To Solve Problem	d_i^+
Candidate-1	1.358	0.000	4.089	5.448
Candidate-2	0.599	1.183	3.564	5.346
Candidate-3	0.000	2.417	1.666	4.083
Candidate-4	3.773	3.145	0.000	6.919

d_i^+ : jumlah masing2 garis

Attribute Or Criteria	Communication Skills	Knowledge	Time To Solve Problem	d_i^-
Candidate-1	2.826	3.145	0.000	5.971
Candidate-2	3.372	2.124	0.566	6.062
Candidate-3	3.773	0.977	3.340	8.091
Candidate-4	0.000	0.000	4.089	4.089

d_i^- : jumlah masing2 garis

Compute the closeness coefficient CC_i for each alternative

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

Attribute Or Criteria	d_i^+	d_i^-	CC_i
Candidate-1	5.448	5.971	$\frac{5.971}{5.448 + 5.971}$
Candidate-2	5.346	6.062	$\frac{6.062}{5.346 + 6.062}$
Candidate-3	4.083	8.091	$\frac{8.091}{4.083 + 8.091}$
Candidate-4	6.919	4.089	$\frac{4.089}{6.919 + 4.089}$

Compute the closeness CC_i for each alternative

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

Attribute Or Criteria	d_i^+	d_i^-	CC_i	Rank
Candidate-1	5.448	5.971	0.522909	3
Candidate-2	5.348	6.062	0.531406	2
Candidate-3	4.083	8.091	0.664606	1
Candidate-4	6.919	4.089	0.371494	4