

Analisis dan Implementasi Sistem Rekomendasi Pemilihan Vendor untuk Pengadaan Alat Menggunakan Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) dan Fuzzy AHP (Studi Kasus: PT Universal Tekno Reksajaya)

Agustian Rahman¹, Eko Darwiyanto, M.T.², Danang Junaedi, M.T.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Informatika Fakultas Informatika Universitas Telkom

¹agustianrahman@gmail.com, ²ekodarwiyanto@telkomuniversity.ac.id, ³danangjunaedi@gmail.com

Abstrak

PT Universal Tekno Reksajaya (UTR) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang rekondisi dan pemeliharaan komponen alat berat. Dalam mendukung dan memfasilitasi bisnis yang akan dijalankan, UTR memerlukan alat-alat yang sesuai dengan kebutuhan. UTR bekerja sama dengan vendor-vendor dan akan menunjuk sebuah vendor untuk menjamin ketersediaan alat yang akan digunakan. Pengambilan keputusan yang dilakukan oleh UTR yaitu berfokus dengan memilih vendor yang menawarkan harga terendah. Namun, memilih vendor berdasarkan penawaran harga terendah sudah tidak efisien lagi dan kurang maksimal karena tidak terdapat konsistensi dalam penggunaan kriteria pemilihan vendor. Oleh karena itu, UTR harus teliti dan berhati-hati dalam menentukan prioritas antar kriteria yang ada agar pengambilan keputusan tepat sasaran sesuai dengan tujuan perusahaan dan tidak menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Pada penelitian ini digunakan pendekatan Multiple Attribute Decision Making (MADM) dalam memilih vendor dengan menetapkan alternatif terbaik berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan ini adalah Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) karena dapat memperhitungkan semua jenis kriteria (subjektif atau objektif) dengan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi optimal. Bobot pada setiap kriteria dihitung dengan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) yaitu pengembangan metode AHP dengan logika fuzzy yang mempertimbangkan adanya ketidakpastian dan keraguan serta meminimalisir penilaian subjektif terhadap tingkat kepentingan kriteria yang ditetapkan oleh pembuat keputusan, dengan adanya interval pada setiap peringkat.

Perhitungan bobot yang dihasilkan oleh sistem hasil normalisasi kriteria dan subkriteria adalah gudang dengan bobot 0,0740, antar barang dengan bobot 0,0740, harga dengan bobot 0,1365, lead time dengan bobot 0,1707, fungsi alat dengan bobot 0,1882, kondisi alat dengan bobot 0,1882, spare part dengan bobot 0,0748, dan warranty dengan bobot 0,0936. Hasil pengujian akurasi keseluruhan data dengan jumlah alternatif 2 vendor menghasilkan tingkat akurasi 78,1%, pengujian keseluruhan data dengan jumlah alternatif 3 vendor menghasilkan tingkat akurasi 81,9%, dan pengujian keseluruhan data dengan jumlah alternatif 4 vendor menghasilkan tingkat akurasi 80%. Rata-rata tingkat akurasi dari keseluruhan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 80%. Bobot yang dihasilkan oleh metode AHP tidak sama dengan yang dihasilkan FAHP, namun keduanya memiliki tingkat prioritas yang sama, hal ini membuat perbandingan yang dilakukan oleh TOPSIS dengan bobot AHP maupun FAHP menghasilkan urutan yang sama.

Kata Kunci : UTR, Pemilihan *Vendor*, MADM, TOPSIS, FAHP

Abstract

PT Universal Tekno Reksajaya (UTR) is a company specialized in recondition and maintenance of heavy equipment components. Support and facilitate the business to be executed, UTR require tools that are needed. UTR cooperate with vendors and would choose a vendor to ensure the availability of a tool. Decision-making by UTR is focused by choosing a vendor who offers the lowest price. However, choosing a vendor based on the lowest price offer is not efficient, and less than the maximum because there is no consistency in the use of vendor selection criteria. Therefore, UTR must be thorough and careful in determining the priorities among the existing criteria in order to target the right decision in accordance with the objectives of the company and doesn't cause any loss to the company.

In this study used the approach of Multiple Attribute Decision Making (MADM) in selecting vendors to define the best alternative based on certain criteria. The method used in solving this problem is the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) because it can take into account all kinds of criteria (subjective or objective) with the principle that the alternatives selected must have the shortest distance from the ideal solution for determining the relative proximity of a alternative to the optimal solution. Weight to each criterion was calculated by Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) is the development of AHP with fuzzy logic that considers the uncertainty and doubt and minimize subjective ratings of the level of interest of the criteria established by the decision maker, with intervals at every rank.

Weight calculation generated by the system of criteria and sub-criteria normalized result is a warehouse with weights 0.0740, dropping off item with weights 0.0740, price with weights 0.1365, lead time with weights

0.1707, tool functions with weights 0.1882, condition of the tool with weights 0.1882, parts with weights 0.0748, and warranty with weights 0.0936. Results of testing the overall accuracy of the data with an alternative 2 vendor generates 78.1% accuracy rate, overall testing of data with an alternative 3 vendor generates accuracy rate of 81.9%, and overall testing of data with an alternative 4 vendor generates 80% accuracy rate. Average accuracy rate of the overall testing performed is 80%. The weights generated by AHP method is not same as that generated by FAHP method, but both have the same priority level, it makes a ranking conducted by TOPSIS with weights AHP and FAHP generates the same sequence.

Keywords : UTR, Vendor Selection, MADM, TOPSIS, FAHP

1. Pendahuluan

PT Universal Tekno Reksajaya (UTR) merupakan anak perusahaan dari PT United Tractors Tbk dan termasuk dalam salah satu bagian dari grup Astra Heavy Equipment, Pertambangan dan Energi (AHEME). UTR bergerak di bidang rekondisi dan pemeliharaan komponen alat berat. Perusahaan ini membuat komponen reusable dengan kualitas kedudukan yang setara dan dalam kesetimbangan dengan produk baru yang dihasilkan. UTR menyatakan bahwa mereka akan membantu untuk menekan pengeluaran operasional pelanggan perusahaan (dalam hal ini, para pengguna alat berat) [1]. Dalam mendukung dan memfasilitasi bisnis yang akan dijalankan, UTR memerlukan alat-alat yang sesuai dengan kebutuhan. UTR bekerja sama dengan vendor-vendor untuk menjamin ketersediaan alat yang akan digunakan. UTR akan menunjuk sebuah vendor untuk melaksanakan pengadaan alat yang mendukung dan memfasilitasi bisnis yang akan dijalankan oleh UTR.

Pemilihan vendor adalah aktivitas penting di dalam perusahaan karena dapat meningkatkan daya saing perusahaan. Namun, pengambilan keputusan yang dilakukan oleh UTR yaitu dengan memilih vendor yang menawarkan harga yang lebih rendah guna menekan biaya produksi. Dalam hal ini, pemilihan vendor yang berdasarkan penawaran harga yang rendah sudah tidak efisien lagi dan kurang optimal. Untuk mendapatkan kinerja yang maksimal harus menggabungkan dan mempertimbangkan kriteria lain yang relevan dengan tujuan perusahaan [2]. Pengambilan keputusan pemilihan vendor yang saat ini dijalankan oleh UTR masih bersifat intuisi, hal ini disebabkan karena UTR kesulitan dalam menentukan proses penentuan prioritas pemilihan vendor karena data yang dimiliki UTR tidak mempunyai patokan bobot pada kriteria pemilihan vendor dan tidak membandingkan antara kriteria yang satu dengan lainnya, sehingga vendor yang seharusnya tidak diprioritaskan terpilih untuk melaksanakan pengadaan alat dan vendor yang seharusnya diprioritaskan tidak terpilih untuk melaksanakan pengadaan alat. Selain itu, terdapat beberapa pilihan alternatif vendor yang dapat dipilih, dimana vendor tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan berdasarkan kriteria-kriteria yang terdapat pada masing-masing vendor yang digunakan untuk pemilihan vendor sebagai pelaksana pengadaan alat. Kurang tepatnya pemilihan vendor sebagai pelaksana pengadaan alat dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan, sehingga dalam hal ini perusahaan harus teliti dan berhati-hati dalam mengambil keputusan.

Pada penelitian ini digunakan Multi Criteria Decision Making (MCDM) untuk membantu pengambil keputusan dalam memilih vendor dengan menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Berdasarkan tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini mengaplikasikan model Multiple Attribute Decision Making (MADM) yang merupakan satu dari dua bentuk dasar model MCDM. Dalam melakukan pemilihan vendor terdapat beberapa kriteria yang dapat mempengaruhi terhadap pengambilan keputusan. Kriteria-kriteria tersebut antara lain facility, quality, reputation, dan specification. Pada permasalahan MADM, banyak kriteria yang digunakan untuk pengambilan keputusan, maka diperlukan metode yang dapat menangani masalah multikriteria tersebut, salah satunya dengan metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Keuntungan utama dari TOPSIS dibanding dengan metode MADM lainnya dalam pengambilan keputusan masalah yang kompleks adalah dapat memperhitungkan semua jenis kriteria (subjektif atau objektif), logika rasional dan mudah dipahami bagi para praktisi, perhitungan proses sangat mudah, konsep memungkinkan mengejar kriteria alternatif terbaik digambarkan dalam matematika secara sederhana dan bobot penting dapat dimasukkan dengan mudah [3]. Tetapi, metode TOPSIS hanya dapat diimplementasikan untuk kriteria yang bobotnya sudah diketahui atau dihitung sebelumnya [4]. Oleh karena itu, digunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menghitung dan memberi bobot berdasarkan pada kriteria yang sudah ditetapkan. AHP merupakan metode yang memperhatikan faktor-faktor subjektifitas seperti persepsi, preferensi, pengalaman dan intuisi. AHP adalah prosedur yang berbasis matematis untuk mengevaluasi kriteria-kriteria tersebut dan memperhitungkan validitas data dengan adanya batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria yang dipilih. Walaupun metode AHP lebih banyak digunakan dalam membangun sebuah sistem pengambil keputusan, namun metode ini memiliki kekurangan, yaitu tidak mempertimbangkan adanya ketidakpastian dan keraguan dalam pengambilan keputusan [5]. Oleh karena itu, dilakukan penggabungan dengan pendekatan konsep fuzzy yang disebut Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). Metode FAHP digunakan karena metode ini mempertimbangkan adanya ketidakpastian dan keraguan serta meminimalisir penilaian subjektif terhadap tingkat kepentingan kriteria yang ditetapkan oleh pembuat keputusan, dengan adanya interval pada setiap peringkat, sehingga dapat digunakan untuk pengambilan keputusan suatu masalah

yang kompleks atau multikriteria [6]. Setelah itu, TOPSIS digunakan dalam melakukan perankingan alternatif vendor berdasarkan kriteria yang telah diproses nilai bobotnya menggunakan metode FAHP.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Multi Criteria Decision Making (MCDM)

Zimmermann [7] mengemukakan bahwa *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) adalah suatu metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Kriteria biasanya berupa ukuran-ukuran, aturan-aturan atau standar yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Berdasarkan tujuannya, MCDM dapat dibagi dua model yaitu *Multi Attribute Decision Making* (MADM) dan *Multi Objective Decision Making* (MODM).

2.2 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981 [9]. TOPSIS adalah suatu metode yang dapat digunakan dalam *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) [9]. TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan terjauh dari solusi ideal negatif untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi optimal [4]. Langkah-langkah perhitungan dari metode TOPSIS adalah sebagai berikut [11, 10]:

1. Menghitung matriks ternormalisasi menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \tag{2.1}$$

dengan:

$i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$

r_{ij} = matriks ternormalisasi

x_{ij} = nilai rating kinerja alternatif i untuk kriteria j

2. Menghitung matriks ternormalisasi terbobot menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \tag{2.2}$$

dengan:

$i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$

v_{ij} = matriks ternormalisasi terbobot

w_j = bobot kriteria

r_{ij} = matriks ternormalisasi

3. Menghitung matriks solusi ideal positif (S^+) menggunakan persamaan (2.3) dan matriks solusi ideal negatif (S^-) menggunakan persamaan (2.4) sebagai berikut.

$$S^+ = (v_{11}^*, v_{12}^* \dots \dots, v_{1n}^*) \{ (v_{21}^* | v_{22}^* | \dots | v_{2n}^*) \} \tag{2.3}$$

dengan:

$i = 1, 2, 3, \dots, m$

$$S^- = (v_{11}^-, v_{12}^- \dots \dots, v_{1n}^-) \{ (v_{21}^- | v_{22}^- | \dots | v_{2n}^-) \} \tag{2.4}$$

dengan:

$i = 1, 2, 3, \dots, m$

J = atribut *benefit*

J' = atribut *cost*

v_{ij}^+ = nilai solusi ideal positif

v_{ij}^- = nilai solusi ideal negatif

Atribut *benefit* atau keuntungan adalah atribut yang saat nilainya makin tinggi, maka dinilai semakin baik. Sebaliknya, atribut *cost* atau biaya adalah atribut yang saat nilainya makin tinggi maka dinilai semakin buruk.

4. Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif (S^+) menggunakan persamaan (2.5) dan matriks solusi ideal negatif (S^-) menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_k^+)^2} \tag{2.5}$$

dengan:
 $i = 1, 2, 3, \dots, m$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_k^-)^2} \tag{2.6}$$

dengan:
 $i = 1, 2, 3, \dots, m$

- x_{ik}^+ = jarak alternatif dari solusi ideal positif
- x_{ik}^- = jarak alternatif dari solusi ideal negatif
- w_k = nilai terbobot
- x_k^+ = nilai solusi ideal positif
- x_k^- = nilai solusi ideal negatif

5. Menghitung kedekatan relatif terhadap solusi ideal menggunakan persamaan (2.7) sebagai berikut:

$$c_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, 0 \leq c_i^* \leq 1 \tag{2.7}$$

dengan:
 $i = 1, 2, 3, \dots, m$

- c_i^* = kedekatan relatif terhadap solusi ideal
- d_i^+ = jarak alternatif dari solusi ideal positif
- d_i^- = jarak alternatif dari solusi ideal negatif

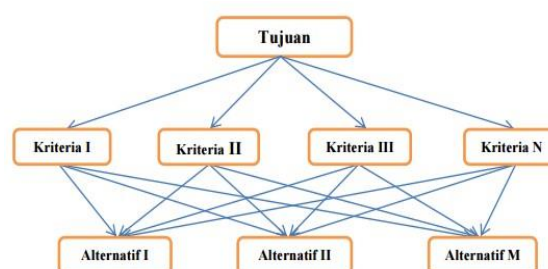
6. Meranking alternatif
 Membuat peringkat berdasarkan alternatif dengan nilai c_i^* terbesar hingga terkecil. Alternatif yang mempunyai nilai c_i^* terbesar merupakan alternatif terbaik.

2.3 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty merupakan suatu metode dalam pemilihan alternatif-alternatif dengan melakukan penilaian komparatif berpasangan sederhana yang digunakan untuk mengembangkan prioritas-prioritas secara keseluruhan berdasarkan ranking. AHP adalah prosedur yang berbasis matematis yang sangat baik dan sesuai untuk evaluasi atribut-atribut kualitatif. Atribut-atribut tersebut secara matematik dikuantitatif dalam satu set perbandingan berpasangan, yang kemudian digunakan untuk mengembangkan prioritas-prioritas secara keseluruhan untuk penyusunan alternatif-alternatif pada urutan ranking atau prioritas. Ada beberapa prinsip yang harus dipahami dalam menyelesaikan persoalan dengan AHP, diantaranya adalah *decomposition*, *comparative judgement*, *synthesis of priority*, dan *logical consistency* [17].

Secara umum langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan AHP untuk pemecahan suatu masalah adalah sebagai berikut [18]:

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan, selanjutnya menentukan hierarki dari permasalahan yang dihadapi. Penyusunan hierarki dilakukan dengan cara menetapkan tujuan yang merupakan sasaran sistem pada *level* teratas, seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Model Struktur Hierarki [17]

2. Menentukan prioritas elemen.

Hal yang dilakukan dalam langkah ini adalah:

- a. Membuat perbandingan yang berpasangan, yaitu membandingkan elemen secara berpasangan sesuai kriteria yang diberikan.
- b. Matriks perbandingan berpasangan diisi menggunakan bilangan untuk mempresentasikan kepentingan relatif dari suatu elemen terhadap elemen yang lainnya yaitu dengan skala Saaty mulai dari bobot 1 sampai 9, seperti terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Skala AHP Saaty [19]

| Tingkat Kepentingan AHP | Definisi |
|-------------------------|--|
| 1 | Kedua elemen sama penting |
| 3 | Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada yang lainnya |
| 5 | Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya |
| 7 | Satu elemen jelas lebih penting dari elemen lainnya |
| 9 | Satu elemen mutlak lebih penting dari elemen lainnya |
| 2,4,6,8 | Nilai diantara dua nilai yang berdekatan (pertengahan) |
| Kebalikan | Jika alternatif 1 dibandingkan dengan alternatif 2 nilainya x, maka alternatif 2 dibandingkan dengan alternatif 1 nilainya 1/x |

3. Sintesis.

Pertimbangan-pertimbangan terhadap perbandingan berpasangan disintesis untuk memperoleh keseluruhan prioritas. Hal yang dilakukan dalam langkah ini adalah:

- a. Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap kolom matriks.
- b. Membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks.
- c. Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapat nilai rata-rata.

4. Mengukur konsistensi.

Dalam pembuatan keputusan perlu diketahui seberapa baik konsistensi yang akan ada, karena jika tidak menginginkan keputusan berdasarkan kepentingan dengan konsistensi yang rendah. Hal yang harus dilakukan dalam langkah ini yaitu:

- a. Kalikan nilai pada kolom pertama dengan prioritas relatif elemen pertama, lalu nilai pada kolom kedua dengan prioritas relatif elemen yang kedua, dan seterusnya.
- b. Jumlahkan setiap baris.
- c. Hasil dari penjumlahan baris dibagi dengan elemen prioritas relatif yang bersangkutan.
- d. Jumlahkan hasil bagi di atas dan dibagi dengan banyaknya elemen yang ada, dan hasilnya disebut lamda maks (λ maks).

5. Hitung Indeks Konsistensi (CI). Perhitungan indeks konsistensi dapat dilihat pada persamaan (2.8).

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \tag{2.8}$$

dengan:

CI = rasio penyimpangan (deviasi) konsistensi (*consistency index*)

λ_{maks} = nilai *eigen* maksimum

n = ukuran matriks

6. Hitung Rasio Konsistensi (CR). Perhitungan rasio konsistensi dapat dilihat pada persamaan (2.9).

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2.9}$$

dengan:

CR = rasio konsistensi

CI = rasio penyimpangan (deviasi) konsistensi (*consistency index*)

RI = random indeks

Apabila CI bernilai nol, berarti matriks konsisten, batas ketidakkonsistensi (*inconsistency*) yang ditetapkan Saaty diukur dengan menggunakan rasio konsistensi (CR), yakni perbandingan indeks konsistensi dengan nilai *random* indeks (RI) yang diperlihatkan seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai *Random Index* Saaty [19]

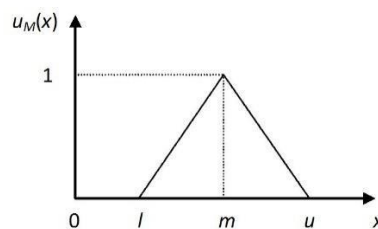
| n | 1,2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

7. Memeriksa konsistensi hierarki.

Jika nilainya lebih dari 10%, maka penilaian data *judgement* harus diperbaiki. Suatu matriks perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten apabila nilai *consistency ratio* (CR) $\leq 10\%$ [19].

2.4 Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

FAHP merupakan gabungan metode AHP dengan pendekatan konsep *fuzzy* [21]. FAHP menutupi kelemahan yang terdapat pada AHP, yaitu permasalahan terhadap kriteria yang memiliki sifat subjektif lebih banyak. Ketidakpastian bilangan direpresentasikan dengan urutan skala. Penentuan derajat keanggotaan FAHP yang dikembangkan oleh Chang (1996) menggunakan fungsi keanggotaan segitiga atau *Triangular Fuzzy Number* (TFN) [22], seperti terlihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2 *Triangular Fuzzy Number* [22]

Perbedaannya dengan AHP adalah implementasi bobot perbandingan berpasangan di dalam matriks perbandingan, yakni diwakili oleh tiga variabel (a, b, c) atau (l, m, u) dimana $l \leq m \leq u$, l adalah nilai terendah, m adalah nilai tengah, dan u adalah teratas. Pendekatan yang dilakukan pada metode ini adalah dengan melakukan fuzzifikasi pada skala AHP sehingga diperoleh skala baru yang disebut skala *fuzzy* AHP. Chang [22], mendefinisikan nilai intensitas AHP ke dalam skala *fuzzy* segitiga yaitu membagi tiap himpunan *fuzzy* dengan dua, kecuali untuk intensitas kepentingan satu. Skala *fuzzy* segitiga yang digunakan Chang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Skala *Triangular Fuzzy Number* [22]

| Intensitas Kepentingan AHP | Himpunan Linguistik | <i>Triangular Fuzzy Number</i> (TFN) | <i>Reciprocal</i> (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 elemen lainnya (<i>Extremely Strong</i>) | (4, 9/2, 9/2) | (2/9, 2/9, 1/4) |

Chang [22], mendefinisikan langkah-langkah penyelesaian FAHP sebagai berikut:

1. Membuat struktur hierarki masalah dan membuat matriks perbandingan berpasangan menggunakan skala TFN pada Tabel 2.3.
2. Menentukan nilai sintesis fuzzy (μ) prioritas dengan menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$\mu_{ij} = \sum_{k=1}^n \mu_{ijk} \times \frac{1}{\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \mu_{ikl}} \quad (2.10)$$

dengan

μ = nilai sintesis fuzzy
i = baris
j = kolom

Untuk memperoleh $\sum_{k=1}^n \mu_{ijk}$, yaitu dengan menggunakan persamaan (2.11) berikut:

$$\sum_{k=1}^n \mu_{ijk} = \sum_{k=1}^n \mu_{ijk} + \sum_{k=1}^n \mu_{ikj} + \sum_{k=1}^n \mu_{ikl} \quad (2.11)$$

dengan

$\sum_{k=1}^n \mu_{ijk}$ = jumlah sel pada kolom matriks nilai *lower*
 $\sum_{k=1}^n \mu_{ikj}$ = jumlah sel pada kolom matriks nilai *median*
 $\sum_{k=1}^n \mu_{ikl}$ = jumlah sel pada kolom matriks nilai *upper*

Sedangkan untuk memperoleh $\frac{1}{\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \mu_{ikl}}$, yaitu dengan menggunakan persamaan (2.12) berikut:

$$\frac{1}{\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \mu_{ikl}} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \mu_{ijk} + \sum_{k=1}^n \mu_{ikj} + \sum_{k=1}^n \mu_{ikl}} \quad (2.12)$$

dengan

$\sum_{k=1}^n \mu_{ijk}$ = jumlah sel pada baris matriks nilai *lower*
 $\sum_{k=1}^n \mu_{ikj}$ = jumlah sel pada baris matriks nilai *median*
 $\sum_{k=1}^n \mu_{ikl}$ = jumlah sel pada baris matriks nilai *upper*

3. Menentukan nilai vektor (V) dengan menggunakan persamaan (2.13) dan nilai ordinat defuzzifikasi (d^*) dengan menggunakan persamaan (2.15) di bawah ini:

$$\mu = (M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \mu_{11} \geq \mu_{21} \\ 0 & \mu_{21} \geq \mu_{11} \end{cases} \quad (2.13)$$

$$\frac{\mu - \mu_2}{(\mu_{11} - \mu_{21}) - (\mu_{21} - \mu_{11})}, \mu_{11} \mu_{21}$$

Jika hasil nilai fuzzy lebih besar dari k, M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) maka nilai vektor dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan (2.18) sebagai berikut:

$$\mu(M \geq \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k) = \mu(M \geq \mu_1) \wedge \mu(M \geq \mu_2) \wedge \dots \wedge \mu(M \geq \mu_k) = \min \mu(M \geq \mu_i) \quad (2.14)$$

dengan:

V = nilai vektor
M = matriks nilai sintesis fuzzy
l = nilai *lower*
m = nilai *median*
u = nilai *upper*

Asumsikan bahwa:

$$\mu(M \geq \mu_i) = \min \mu_{ij} \geq \mu_i \quad (2.15)$$

dengan:

d' = nilai ordinat defuzzifikasi

μ_1 = nilai sintesis *fuzzy* satu

μ_2 = nilai sintesis *fuzzy* lainnya

untuk $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$, maka diperoleh nilai bobot vektor seperti terlihat pada persamaan (2.16).

$$A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}) \tag{2.16}$$

dengan $A_i = 1, 2, \dots, n$ adalah n elemen keputusan

4. Normalisasi nilai bobot fuzzy (W) dihitung dengan menggunakan persamaan (2.17).

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \tag{2.17}$$

dengan W adalah bilangan non-fuzzy

2.5 Pengukuran Ketepatan Akurasi

Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk menghitung tingkat akurasi atau besar error hasil prediksi dari sistem terhadap rangking sebenarnya yang user berikan terhadap suatu item, seperti pada persamaan (2.18) sebagai berikut [9]:

$$MAE = \sum_{i=1}^n \frac{|f_i - y_i|}{n} \tag{2.18}$$

dengan:

f_i = urutan prediksi dari sistem

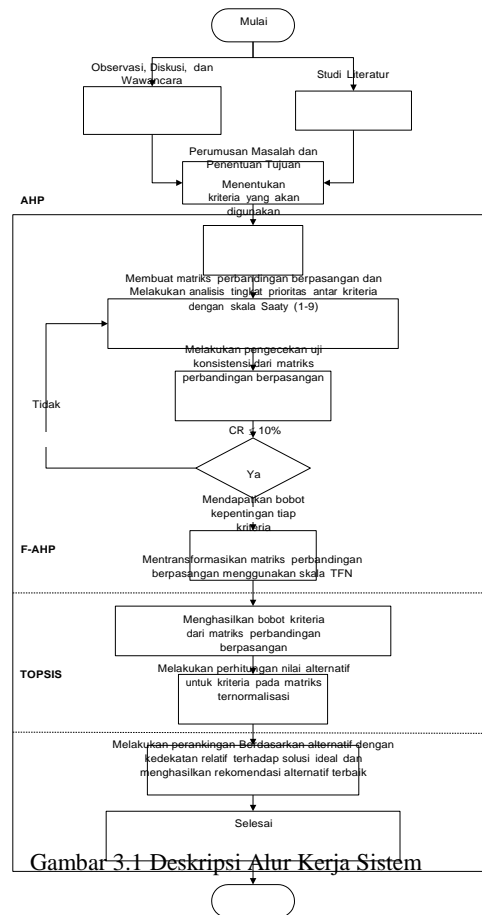
y_i = urutan prediksi dari data sebelum sistem

Cara menghitung akurasi dari MAE yaitu dengan persamaan (2.19) berikut:

$$Akurasi = 1 - MAE \tag{2.19}$$

3. Analisis dan Perancangan

Dalam suatu penelitian dibutuhkan langkah-langkah pemecahan permasalahan yang sistematis. Adapun langkah-langkah pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Deskripsi Alur Kerja Sistem

4. Implementasi dan Pengujian

4.1 Bobot Kriteria dan Subkriteria

Adapun hasil proses pembobotan pada kriteria dan subkriteria dengan menggunakan metode AHP dan FAHP, seperti terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Bobot Kriteria dan Subkriteria

| No | Kriteria | Bobot FAHP | Bobot AHP | Jumlah | Subkriteria | Bobot | Jumlah |
|----|---------------|------------|-----------|--------|-------------------------|--------|--------|
| 1 | Facility | 0,1480 | 0,1292 | 1 | Gudang | 0,5000 | 1 |
| | | | | | Antar Barang | 0,5000 | |
| 2 | Specification | 0,3072 | 0,3042 | | Harga | 0,4444 | 1 |
| | | | | | Lead Time | 0,5556 | |
| 3 | Quality | 0,3765 | 0,3875 | | Fungsi Alat | 0,5000 | 1 |
| | | | | | Kondisi Alat | 0,5000 | |
| 4 | Reputation | 0,1684 | 0,1792 | | Ketersediaan Spare Part | 0,4444 | 1 |
| | | | | | Warranty | 0,5556 | |

4.2 Perankingan dan Rekomendasi

Perankingan dilakukan dengan melakukan percobaan terhadap 2 vendor, 3 vendor dan 4 vendor. Perankingan dengan melakukan percobaan terhadap jumlah vendor yang berbeda disesuaikan dengan kebutuhan untuk pengadaan alat yang terdapat pada UTR, sehingga dapat diketahui nilai perbandingan perankingan dari masing-masing alat dengan jumlah vendor yang berbeda.

Contoh perankingan 2 vendor yang dilakukan yaitu terhadap alat Torque Multiplier 6202, seperti terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perankingan 2 Vendor pada Alat *Torque Multiplier* 6202

| No | Alternatif Vendor | C_i^* | Nilai TOPSIS dan FAHP | Ranking | Nilai TOPSIS dan AHP | Ranking |
|----|-----------------------|---------|-----------------------|---------|----------------------|---------|
| 1 | Prima Utama Tehnik | C_1^* | 0,6140 | 1 | 0,6174 | 1 |
| 2 | Ekatama Putra Perkasa | C_2^* | 0,3860 | 2 | 0,3826 | 2 |

Berdasarkan hasil perankingan pada Tabel 4.2 di atas diperoleh rekomendasi atau keputusan bahwa vendor C_1^* (Prima Utama Tehnik) yang akan dijadikan tempat untuk melakukan pengadaan alat karena memiliki nilai yang terbaik.

Contoh perankingan 2 vendor yang dilakukan yaitu terhadap alat *Nozzle Tester* EFED 60, seperti terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perankingan 2 Vendor pada Alat *Nozzle Tester* EFED 60

| No | Alternatif Vendor | C_i^* | Nilai TOPSIS dan FAHP | Ranking | Nilai TOPSIS dan AHP | Ranking |
|----|----------------------|---------|-----------------------|---------|----------------------|---------|
| 1 | Prima Utama Tehnik | C_1^* | 0,4795 | 2 | 0,4849 | 2 |
| 2 | Citra Bintang Makmur | C_2^* | 0,5205 | 1 | 0,5151 | 1 |

Berdasarkan hasil perankingan pada Tabel 4.3 di atas diperoleh rekomendasi atau keputusan bahwa vendor C_2^* (Citra Bintang Makmur) yang akan dijadikan tempat untuk melakukan pengadaan alat karena memiliki nilai yang terbaik.

Contoh perankingan 3 vendor yang dilakukan yaitu terhadap alat *Polesh Machine* SPM, seperti terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Perankingan 3 Vendor pada Alat *Polesh Machine* SPM

| No | Alternatif Vendor | C_i^* | Nilai TOPSIS dan FAHP | Ranking | Nilai TOPSIS dan AHP | Ranking |
|----|-------------------------------|---------|-----------------------|---------|----------------------|---------|
| 1 | Wujud Rama Abadi | C_1^* | 0,8539 | 1 | 0,8458 | 1 |
| 2 | Elang Kurnia Sakti | C_2^* | 0,7285 | 2 | 0,7292 | 2 |
| 3 | Plastikama Teknologi Industri | C_3^* | 0,1495 | 3 | 0,1573 | 3 |

Berdasarkan hasil perankingan pada Tabel 4.4 di atas diperoleh rekomendasi atau keputusan bahwa vendor C_1^* (Wujud Rama Abadi) yang akan dijadikan tempat untuk melakukan pengadaan alat karena memiliki nilai yang terbaik.

Contoh perankingan 4 vendor yang dilakukan yaitu terhadap alat *Chemical*, seperti terlihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Perankingan 4 Vendor pada Alat *Chemical*

| No | Alternatif Vendor | C_i^* | Nilai TOPSIS dan FAHP | Ranking | Nilai TOPSIS dan AHP | Ranking |
|----|-------------------------------|---------|-----------------------|---------|----------------------|---------|
| 1 | Wujud Rama Abadi | C_1^* | 0,5002 | 3 | 0,4693 | 3 |
| 2 | Elang Kurnia Sakti | C_2^* | 0,5846 | 2 | 0,6281 | 2 |
| 3 | Gama Tritunggal | C_3^* | 0,9454 | 1 | 0,9459 | 1 |
| 4 | Plastikama Teknologi Industri | C_4^* | 0,3918 | 4 | 0,3490 | 4 |

Berdasarkan hasil perankingan pada Tabel 4.5 di atas diperoleh rekomendasi atau keputusan bahwa vendor C_3^* (Gama Tritunggal) yang akan dijadikan tempat untuk melakukan pengadaan alat karena memiliki nilai yang terbaik.

4.3 Pengujian

Pengujian tingkat akurasi dilakukan pada perankingan yang dihasilkan oleh sistem dengan perankingan yang dihasilkan oleh pembuat keputusan di UTR.

Hasil pengujian 2 vendor pada alat *Torque Multiplier* 6202 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Akurasi Alat *Torque Multiplier* 6202

| Hasil Perbandingan Perankingan | | |
|------------------------------------|----------------|--|
| Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS | Nilai Absolute | Tanpa Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS |
| | | |

| Nama Vendor | Ranking (fi) | (fi-yi) | Nama Vendor | Ranking (yi) |
|-----------------------|--------------|-----------|-----------------------|--------------|
| Prima Utama Teknik | 1 | 0 | Prima Utama Teknik | 1 |
| Ekatama Putra Perkasa | 2 | 0 | Ekatama Putra Perkasa | 2 |
| Jumlah | 3 | 0 | Jumlah | 3 |

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas diperoleh hasil jumlah nilai absolutnya, maka selanjutnya yaitu menghitung *error* dengan menggunakan persamaan (2.18) dan mencari nilai tingkat keakuratan dengan menggunakan persamaan (2.19).

$$MAE = \frac{0}{3} = 0 \quad \text{Akurasi} = 1 - 0 = 1$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai tingkat keakuratan hasil perankingan adalah sebesar 100%.

Hasil pengujian 2 vendor pada alat *Nozzle Tester* EFED 60 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Akurasi Alat *Nozzle Tester* EFED 60

| Hasil Perbandingan Perankingan | | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------------------|--|--------------|
| Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS | | Nilai Absolute (fi-yi) | Tanpa Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS | |
| Nama Vendor | Ranking (fi) | | Nama Vendor | Ranking (yi) |
| Citra Bintang Makmur | 1 | 1 | Citra Bintang Makmur | 2 |
| Prima Utama Teknik | 2 | 1 | Prima Utama Teknik | 1 |
| Jumlah | 3 | 2 | Jumlah | 3 |

Berdasarkan Tabel 4.7 di atas diperoleh hasil jumlah nilai absolutnya, maka selanjutnya yaitu menghitung *error* dengan menggunakan persamaan (2.18) dan mencari nilai tingkat keakuratan dengan menggunakan persamaan (2.19).

$$MAE = \frac{2}{3} = 0,67 \quad \text{Akurasi} = 1 - 0,67 = 0,33$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai tingkat keakuratan hasil perankingan adalah sebesar 33%. Dari kedua hasil pengujian tingkat keakuratan hasil perankingan pada 2 vendor, maka rata-rata nilai tingkat keakuratan hasil perankingan adalah sebesar 66,5%.

Hasil pengujian 3 vendor pada alat *Polesh Machine* SPM dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Akurasi Alat *Polesh Machine* SPM

| Hasil Perbandingan Perankingan | | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------------------|--|--------------|
| Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS | | Nilai Absolute (fi-yi) | Tanpa Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS | |
| Nama Vendor | Ranking (fi) | | Nama Vendor | Ranking (yi) |
| Wujud Rama Abadi | 1 | 0 | Wujud Rama Abadi | 1 |
| Elang Kurnia Sakti | 2 | 0 | Elang Kurnia Sakti | 2 |
| Plastikama Teknologi Industri | 3 | 0 | Plastikama Teknologi Industri | 3 |
| Jumlah | 6 | 0 | Jumlah | 6 |

Berdasarkan Tabel 4.8 di atas diperoleh hasil jumlah nilai absolutnya, maka selanjutnya yaitu menghitung *error* dengan menggunakan persamaan (2.18) dan mencari nilai tingkat keakuratan dengan menggunakan persamaan (2.19).

$$MAE = \frac{0}{6} = 0 \quad \text{Akurasi} = 1 - 0 = 1$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai tingkat keakuratan hasil perankingan adalah sebesar 100%.

Hasil pengujian 4 vendor pada alat *Chemical* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Akurasi Alat *Chemical*

| Hasil Perbandingan Perankingan | | | | |
|------------------------------------|--------------|---------------------------------|--|--------------|
| Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS | | Nilai <i>Absolute</i> (fi-yi) | Tanpa Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS | |
| Nama <i>Vendor</i> | Ranking (fi) | | Nama <i>Vendor</i> | Ranking (yi) |
| Gama Tritunggal | 1 | 0 | Gama Tritunggal | 1 |
| Elang Kurnia Sakti | 2 | 1 | Elang Kurnia Sakti | 3 |
| Wujud Rama Abadi | 3 | 1 | Wujud Rama Abadi | 2 |
| Plastikama Teknologi Industri | 4 | 0 | Plastikama Teknologi Industri | 4 |
| Jumlah | 10 | 2 | Jumlah | 10 |

Berdasarkan Tabel 4.9 di atas diperoleh hasil jumlah nilai absolutnya, maka selanjutnya yaitu menghitung *error* dengan menggunakan persamaan (2.18) dan mencari nilai tingkat keakuratan dengan menggunakan persamaan (2.19).

$$MAE = \frac{2}{10} = 0,2 \quad \text{Akurasi} = 1 - 0,2 = 0,8$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai tingkat keakuratan hasil perankingan adalah sebesar 80%. Dari keempat hasil pengujian terhadap 2 *vendor*, 3 *vendor*, dan 4 *vendor* dengan 4 alat berbeda, maka rata-rata tingkat akurasi adalah 82,2%.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang dilakukan pada sistem rekomendasi pemilihan *vendor* untuk pengadaan alat pada UTR dengan menggunakan metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengimplementasian metode FAHP dan TOPSIS yaitu dengan membangun sistem rekomendasi pemilihan *vendor* dengan pembobotan kriteria menggunakan FAHP dan perankingan alternatif *vendor* menggunakan TOPSIS dengan bobot yang dihasilkan oleh sistem yaitu gudang dengan bobot 0,0740, antar barang dengan bobot 0,0740, harga dengan bobot 0,1365, *lead time* dengan bobot 0,1707, fungsi alat dengan bobot 0,1882, kondisi alat dengan bobot 0,1882, *spare part* dengan bobot 0,0748, dan *warranty* dengan bobot 0,0936. Perbedaan nilai akurasi dari yang tertinggi sampai yang terendah dipengaruhi oleh bobot AHP yang memiliki tingkat kepentingan yang berbeda antara kriteria satu dengan lainnya dan rating kinerja yang terdapat pada masing-masing *vendor*.
2. Bobot yang dihasilkan oleh metode AHP tidak sama dengan yang dihasilkan FAHP, hal ini dapat terjadi karena pada FAHP mempertimbangkan adanya ketidakpastian dan keraguan dalam pengambilan keputusan dengan adanya interval pada setiap peringkat dengan skala TFN, namun keduanya memiliki tingkat prioritas yang sama, hal ini membuat perankingan yang dilakukan oleh TOPSIS dengan bobot AHP maupun FAHP menghasilkan urutan yang sama. Pengujian keseluruhan data dengan jumlah alternatif 2 *vendor* menghasilkan tingkat akurasi 78,1%, pengujian keseluruhan data dengan jumlah alternatif 3 *vendor* menghasilkan tingkat akurasi 81,9%, dan pengujian data dengan jumlah alternatif 4 *vendor* menghasilkan tingkat akurasi 80%. Rata-rata tingkat akurasi dari keseluruhan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 80%.

5.2 Saran

Saran yang dapat dikembangkan dalam penelitian ini kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Pada sistem ini kriteria dan subkriteria masih bersifat statis karena disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan pada saat ini, beragamnya faktor dalam pemilihan *vendor* memungkinkan terjadinya penambahan kriteria dan subkriteria, oleh karena itu, sistem ini dapat dikembangkan dengan memberikan fungsionalitas penambahan kriteria dan subkriteria sehingga bersifat dinamis agar lebih kompleks serta memberikan hasil yang lebih baik lagi.
2. Perhitungan pembobotan subkriteria pada sistem ini tidak dapat melakukan pengecekan kondisi pembobotan secara otomatis jika jumlah subkriteria 1 atau 2 akan dihitung dengan pembobotan langsung, sedangkan jumlah subkriteria 3 dan seterusnya akan dihitung dengan FAHP, oleh karena itu, sistem ini dapat dikembangkan dengan memberikan fungsionalitas pengecekan kondisi pembobotan berdasarkan jumlah subkriteria secara otomatis sehingga memudahkan *user* pada saat melakukan penambahan atau pengurangan subkriteria.

Daftar Pustaka

- [1] P. U. T. Reksajaya, 2016. [Online]. Available: <http://www.utr.co.id>. [Diakses 20 Maret 2015].
- [2] W. L. Ng, "An Efficient and Simple Model for Multiple Criteria Supplier Selection Problem," *European Journal of Operational Research*, 186, pp. 1059-1067, 2008.
- [3] H. H. Nasab and A. S. Milani, "An Improvement of Quantitative Strategic Planning Matrix Using Multiple Criteria Decision Making and Fuzzy Numbers," *Applied Soft Computing* 12, pp. 2246-2253, 2012.
- [4] Z. Dashti, M. M. Pedram and J. Shanbehzadeh, "Multi-Criteria Decision Making Based Method for Rangking Sequential Patterns," *Proceeding of International Multi-Conference of Engineers and Computer Scientists, Vol. 1, Hong Kong: IMECS*, 2010.
- [5] H. Deng, "Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison," *International Journal of Approximate Reasoning*, 21 (3), pp. 215-231, 1999.
- [6] M. H. d. Vahidnia, "Fuzzy Analytical Hierarchy Process in GIS Application," *Journal of The International Archives of The Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Science Faculty of Geodesy and Geomatics Eng. K. N. Toosi University of Technology* (37), pp. 593-596, 2008.
- [7] S. d. Kusumadewi, *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [8] Marimin, *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*, Cetakan Kedua, Jakarta: Grasindo, 2005.
- [9] K. Yoon and C. L. Hwang, "Multiple Attribute Decision Making: An Introduction," *Sage University Papers*, 1995.
- [10] E. K. d. Zavadskas, "Evaluation of Rangking Accuracy in Multi-Criteria Decisions," *INFORMATICA, Vol. 17, No. 4*, pp. 601-618, 2006.
- [11] K. Yoon and C. L. Hwang, *Multiple Attribute Decision Making, Methods and Applications*, New York: Springer-Verlag, 1981.
- [12] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Edisi 2, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [13] T. M. Works Inc, *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*, New York: The Math Works Inc., 1995.
- [14] D. I. Lestari, Mula'ab and R. Yunitarini, "Sistem Pendukung Keputusan Pengukuran dan Analisis Produktivitas Usaha Kecil dan Menengah Menggunakan Metode Objective Matrix Studi Kasus: Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Bangkalan," *Jurnal Ilmiah Cursor*, 2009.
- [15] T. L. Saaty, *Pengambilan Keputusan bagi Para Pemimpin*, Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo, 1993.
- [16] T. L. Saaty, "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process," *European Journal of Operation Research*, 1990.
- [17] S. Mulyono, *Riset Operasi*, Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2007.
- [18] Kusrini, *Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*, Yogyakarta: Andi, 2007.
- [19] T. L. Saaty, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With The Analytic Hierarchy Process*, Vol. IV, USA: Pittsburgh University, 1994.
- [20] L. Mikhailov and P. Tsvetinov, "Evaluation of Services Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process.," *Applied Soft Computing* 5, pp. 23-33, 2004.
- [21] d. Raharjo, "Aplikasi Fuzzy Analytical Hierarchy Process dalam Seleksi Karyawan," *Jurnal Teknik Industri Vol. 4, No. 2*, pp. 82-92, 2002.
- [22] D. Y. Chang, "Application of The Extent Analysis Method on Fuzzy AHP," *European Journal of Operational Research* 95, pp. 649-655, 1996.
- [23] R. A. Djamal, W. Maharani and A. P. Kurniati, "Analisis dan Implementais Metode Item-Based Clustering Hybrid pada Recommender System," *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika Bali*, p. 219, 2010.
- [24] F. Sneha. Y. S., D. G. Mahadevan and S. Muthulakshmi, "A Critical Review of Recommender Systems in Web Usage Mining Based on User Ratings," *International Conference on Artificial Intelligence and Embedded Systems Singapore*, 2012.
- [25] Sugiyono, *Memahami Penelitian Kualitatif*, Bandung: Alfabeta, 2012.
- [26] T. L. Saaty, *The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-

Hill Book Company, 1980.

- [27] S. d. Kusumadewi, *Artificial Intelligent (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [28] E. Cox, *The Fuzzy Systems Handbook: A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems*, San Diego: Academic Press International, 1994.
- [29] S. Balli and S. Korukoğlu, "Operating System Selection Using Fuzzy AHP and TOPSIS Methods," *Mathematical and Computational Applications*, Vol. 14, No. 2, pp. 119-130, 2009.
- [30] C. S.H., M. Dadashzadeh and M. Subramanian, "Critical Success Factors for Supplier Selection: An Update," *Journal of Applied Business Research*, Vol. 20, No. 2, pp. 91-108, 2004.
- [31] F. Tahriri, M. R. Osman, A. Ali, R. M. Yusuff and A. Esfandiary, "AHP Approach for Supplier Evaluation and Selection in a Steel Manufacturing Company," *Journal of Industrial Engineering and Management 01 (02)*, pp. 54-76, 2008.
- [32] G. W. Dickson, "An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions," *Journal of Purchasing*, Vol. 2, No. 1, pp. 5-20, 1966.
- [33] A. J. D. Fatimah and I. K. Ghozali, "Perancangan Sistem Informasi Evaluasi Kinerja Vendor di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur," 2011.
- [34] E. Turban, J. E. Aronson and T. P. Liang, *Decision support and Intelligent*, New Jersey: Prentice-Hall Inc, 2005.
- [35] A. Y. Ranius, "Sistem Pendukung Keputusan Memilih Perguruan Tinggi Swasta di Palembang Sebagai Pilihan Tempat Kuliah," *Sembistek IBI Darmajaya*, 2014.
- [36] B. Y.I.E., A. A. Soebroto and R. Regasari, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kelayakan Pengisian Bibit Ayam Broiler di Kandang Peternak Menggunakan Metode AHP dan TOPSIS," 2010.
- [37] Jasril, E. Haerani and I. Afrianty, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Karyawan Terbaik Menggunakan Metode Fuzzy AHP," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2011.
- [38] A. Suatkab, "Perancangan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima Dana Bantuan Siswa Miskin SD Negeri 1 Tulehu Menggunakan Model Fuzzy MADM dan TOPSIS," 2014.
- [39] M. Cahayani, M. I. Irawan and A. M. Rukmi, "Analisis Pengambilan Keputusan Multikriteria Untuk Sumber Energi Terbarukan di Wilayah Madura Menggunakan Metode Fuzzy AHP dan VIKOR," *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS Vol. 2, No.1*, 2014.
- [40] R. Taufik, Y. Sumantri and C. F. M. Tantrika, "Penerapan Pemilihan Supplier Bahan Baku Ready Mix Berdasarkan Integrasi Metode AHP dan TOPSIS (Studi Kasus Pada PT Merak Jaya Beton, Malang)," 2011.
- [41] N. Nuzulita, N. Hidayat and C. Dewi, "Implementasi Metode FUZZY-AHP untuk Rekomendasi Seleksi Penerimaan Anggota Baru Paduan Suara (Studi Kasus: Paduan Suara Mahasiswa Universitas Brawijaya)," 2013.
- [42] N. Kustian, "Analisis Pendukung Keberhasilan Sebuah E-Commerce dalam Membangun Usaha Bisnis Online: Persepsi Konsumen," *Sosio e-Kons Vol.7, No.2*, pp. 128-143, 2015.
- [43] E. Berutu, "Sistem Pendukung Keputusan Pengangkatan Karyawan Tetap dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) pada PT. Perkebunan Lembah Bhakti Provinsi NAD Kab. Aceh Singkil," *Pelita Informatika Budi Darma*, Vol. IX, No. 3, 2015.
- [44] H. N. H. Shega, R. Rahmawati and H. Yasin, "Penentuan Faktor Prioritas Mahasiswa dalam Memilih Telepon Seluler Merk Blackberry Dengan Fuzzy AHP," 2010.
- [45] P. P. Erlangga, "Optimalisasi Penentuan Lokasi Pembangunan SPBU Menggunakan Metode Fuzzy MADM dengan Weighted Product dan Dempster-Shafer Analytical Hierarchy Process (DS/AHP) (Studi Kasus: PT. Pertamina (Persero) Marketing Operation Regional VI Kalimantan Cabang Pontiana," *Telkom University*, 2013.
- [46] A. B. Pakarti, "Analisis dan Implementasi Metode Fuzzy AHP dan TOPSIS untuk Pemilihan LPK Pelaksana Proyek Pelatihan," *Telkom University*, 2013.