

Fuzzy Multi Criteria Decision Making (Fuzzy MCDM) **untuk Pemilihan Lokasi Gudang Distribusi**

Ari Basuki

Program Studi Teknik Industri Universitas Trunojoyo Madura

E-mail: Ari_bsk@gmail.com

Abstrak

Persaingan bisnis yang semakin ketat mendorong perusahaan yang memiliki jaringan pasar yang luas untuk mengefisienkan penggunaan biaya, dan memaksimalkan layanan terhadap konsumen. Salah cara yang bisa dilakukan yaitu memilih lokasi gudang distribusi secara tepat, karena hal ini dapat memberikan pengaruh besar terhadap biaya transportasi, biaya investasi, waktu dan layanan distribusi kepada konsumen, serta pangsa pasarnya. Penelitian ini mengkaji pemilihan lokasi gudang distribusi di tiga lokasi (A, B, C) di wilayah kabupaten Sidoarjo dengan mempertimbangkan multikriteria yang menggunakan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process dengan Extent Analysis (FAHP Extent Analysis). Berdasarkan studi literatur dan survei terhadap pelaku bisnis di beberapa lokasi pergudangan di wilayah kabupaten Sidoarjo, diperoleh 5 kriteria yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan lokasi gudang, yaitu: kondisi transportasi, kedekatan dengan konsumen, biaya investasi, kondisi pasar, luas lokasi. Dengan menggunakan kuesioner, setiap kriteria ini diberi bobot oleh beberapa investor, sedangkan penilaian tiap alternatif dilakukan melalui konsensus. Bobot kriteria kemudian dihitung menggunakan FAHP Extent Analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kriteria 'kedekatan dengan konsumen' merupakan kriteria yang paling dipertimbangkan dalam memilih lokasi pergudangan, disusul dengan kriteria 'biaya investasi', 'luas lokasi pergudangan', 'kondisi transportasi', 'kondisi pasar'. Dan, lokasi yang paling baik (paling direkomendasikan) untuk gudang distribusi adalah lokasi B, disusul dengan lokasi A dan C.

Kata kunci: Pemilihan lokasi gudang distribusi, Multikriteria, FAHP Extent Analysis.

Abstract

Nowadays, business competition is getting more competitive forcing companies with wide-range of market network to use their cost efficiently and their services to customers maximally. One thing that they can do to cope this problem is by choosing the location of distribution warehouse correctly. However, it can give majority impact on the transportation cost, investment cost, delivery time and services to customers, also to their market share size. This research examines the selection of the location of distribution warehouse in three different locations (A,B,C) locating in Sidoarjo region, and also considering the use of multicriteria method, which is Fuzzy Analytical Hierarchy Process with Extent Analysis (FAHP Extent Analysis). Based on the literature studies and survey on several businessmen in several locations in Sidoarjo region, it can be obtained five criterias that are considered in the selection of the location of distribution warehouse. These criterias are transportation condition, closeness to demand market, investment cost, market environment, size of facilities. In addition, by using questionnaires, each criterias is weighted by the experts (investors/businessman), while the scoring of each alternative is done through consencus. The weight of each criterias is then calculated by using FAHP Extent Analysis. As a result, the criteria "closeness to demand market" is the most considered criteria for selecting the distribuion warehouse, followed by criteria "investment cost" as the second highest consideration, and then criteria "size of the facilities", criteria "transportation condition", criteria "market environment" in that order. Furthermore, the most appropriate location (most recommended) for distribution warehouse is location B, followed by location A, and C.

Key words: Selection of location of distribution warehouse, multicriteria, FAHP Extent Analysis

Pendahuluan

Persaingan bisnis yang semakin ketat berdampak pada berbagai perusahaan untuk mengefisienkan penggunaan sumber daya, biaya, dan ketepatan pemilihan lokasi, termasuk lokasi industri dan pergudangan. Terutama bagi perusahaan yang memiliki jaringan pasar yang luas, harus selektif dan mempertimbangkan dengan cermat lokasi

gudang distribusinya, karena letak dari gudang distribusi tersebut akan memberikan pengaruh yang besar terhadap biaya transportasi, biaya dan waktu distribusi, serta pangsa pasarnya [1]. Daerah Sidoarjo saat ini menjadi salah satu alternatif lokasi untuk pengembangan bisnis, termasuk sebagai alternatif lokasi penempatan lokasi gudang distribusi yang baru bagi para pebisnis [2].

Terdapat beberapa kriteria awal yang dijadikan pertimbangan dalam memilih lokasi pergudangan. Berdasarkan penelitian ChenTung [3], kriteria-kriteria yang berpengaruh dalam penentuan lokasi gudang distribusi (*distribution center (DC)*), yaitu: biaya investasi (*investment cost*), kemungkinan dilakukannya perluasan lokasi (*expansion possibility*), ketersediaan sumber bahan baku (*availability of acquirement material*), ketersediaan sumber daya manusia (*human resources*), dan kedekatan dengan konsumen (*closeness to demand market*). Sedangkan menurut Jesuk [4], berbagai kriteria yang berpengaruh dalam penentuan lokasi gudang distribusi yaitu: keadaan populasi (*population status*), kondisi transportasi (*transportation conditions*), kondisi pasar (*market environments*), kondisi lokasi (*location properties*), dan biaya yang terkait (*costrelated factors*).

Permasalahan pemilihan lokasi gudang distribusi termasuk permasalahan yang terkait dengan pengambilan keputusan multi-kriteria (Multi Criteria Decision Making, MCDM) yang senantiasa berkembang, begitu juga dengan teknik penyelesaiannya. Pemilihan lokasi pergudangan merupakan suatu permasalahan multi-kriteria yang banyak diteliti dewasa ini [3][4][5][6].

Jesuk [4] menentukan lokasi fasilitas distribusi dengan menggunakan metode AHP yang mempertimbangkan faktor kualitatif dan kuantitatif. Total faktor yang dijadikan pertimbangan terdiri atas 20 kriteria yang terbagi dalam 5 kategori (*population status, transportation conditions, market environments, location properties, cost-related factors*). Untuk mendapatkan penilaian dari setiap faktor tersebut, dilakukan survei dengan menyebarkan kuesioner yang dibagikan kepada 180 manajer kemudian responden-responden tersebut diminta opininya terhadap lokasi fasilitas distribusi. Hasil survei dianalisa berdasarkan kriteria pemilihan lokasi dengan metode AHP.

Galvao Jr, *et al.* [5] menggunakan metode AHP untuk permasalahan logistic dalam hal pemilihan lokasi pusat distribusi area Sao Paolo Brazil untuk produk *consumer goods* yang *non-durable*. Pada penelitian ini digunakan *checklist* yang berisikan kurang lebih 100 parameter yang digunakan sebagai kriteria dalam AHP dengan bantuan *software expert choice* untuk menilai lokasi pusat distribusi yang terbaik dari 3 lokasi yang dianalisa.

Chou SY, *et al.* [6], menggunakan pendekatan *Fuzzy Multi Attributes Decision-Making (FMADM)*, yaitu *Fuzzy Simple Additive Weighting System (FSAWS)* untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan lokasi fasilitas dengan menggunakan atribut objektif/subjektif

untuk kelompok pengambilan keputusan. Sistem yang diusulkan mengintegrasikan *Fuzzy Set Theory (FST)*, *Factor Rating System (FRS)* dan *Simple Additive Weighting (SAW)* untuk mengevaluasi alternatif lokasi fasilitas. FSAWS digunakan untuk dimensi kualitatif dan kuantitatif. Proses di FSAWS mempertimbangkan kepentingan setiap pengambil keputusan (*decision-maker*), dan total skor untuk lokasi alternatif diperoleh dari kelompok *decision-maker* yang homogen/heterogen.

Pada penelitian ini, digunakan model penilaian yang menggunakan teknik *Fuzzy MCDM* yang lebih intuitif dalam penerapannya, yaitu *Fuzzy AHP Extent Analysis (FAHP Extent Analysis)* dengan teknik pembobotan kriteria yang diajukan oleh Chang [7]. Selain menggunakan penilaian dari *expert/investor* di bidang pergudangan, model ini menggunakan penilaian dari calon konsumen (para pebisnis), tujuannya adalah agar mengetahui kriteria apa saja yang dianggap penting dalam memilih lokasi gudang distribusi dari sudut pandang konsumen. Dengan menggunakan FAHP Extent Analysis akan diperoleh bobot penilaian dari masing-masing kriteria secara lebih objektif, sehingga diharapkan pengambilan keputusan dengan model ini berguna sebagai masukan positif bagi pebisnis atau investor di bidang pergudangan dalam memilih lokasi gudang distribusi.

Metode Penelitian

Metode *Multi Criteria Decision Making* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Fuzzy Analytical Hierarchy Process dengan Extent Analysis (FAHP Extent Analysis)*. Secara umum langkah-langkah pemilihan keputusan dengan multikriteria yang menggunakan FAHP Extent Analysis diilustrasikan pada Gambar 1.

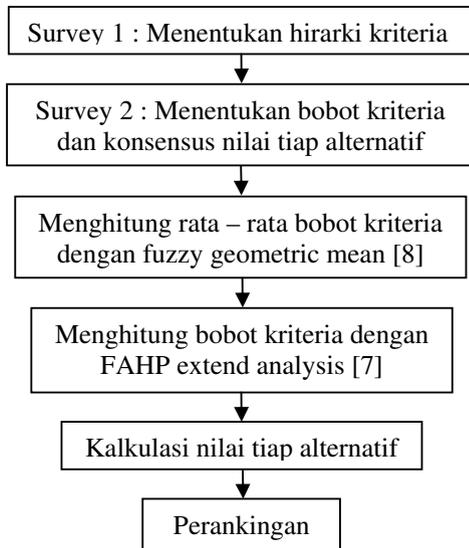
Penentuan Hirarki dan Rata-Rata Bobot Kriteria

Kriteria awal yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan lokasi gudang distribusi di penelitian ini mengacu pada berbagai kriteria yang digunakan pada penelitian ChenTung [3] dan Jesuk [4]. Untuk menentukan hirarki kriteria pada penelitian ini, dilakukan dengan dua kali survei. Survei pertama dilakukan untuk memperoleh bentuk hirarki kriteria apa saja yang dianggap penting oleh calon konsumen. Pada survei ini, peneliti mengajukan 7 kriteria yang diadaptasi dari penelitian ChenTung [3] dan Jesuk [4] yang kemudian disusun dalam bentuk kuesioner.

Dalam kuesioner ini, juga ditawarkan pertanyaan kepada responden (calon konsumen/pengguna gudang distribusi) tentang apakah kriteria-kriteria tersebut dianggap penting, dan adakah kriteria yang lain yang

dianggap penting untuk dijadikan pertimbangan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan kriteria-kriteria pemilihan gudang distribusi dari perspektif calon konsumen, sehingga bisa diketahui faktor/kriteria apa saja yang dianggap penting dalam memilih gudang distribusi. Dari survei pertama ini diperoleh 5 kriteria terpilih yang terdapat pada Tabel 1.

Survei kedua dilakukan untuk memperoleh nilai bobot kriteria dan nilai masing-masing alternatif. Survei dilakukan kepada expert/investor di bidang pergudangan. Nilai bobot kriteria dilakukan oleh masing-masing expert, sedangkan nilai alternatif diperoleh melalui konsensus dari para *expert*.



Gambar 1. Bagan alur metode penelitian

Perhitungan Bobot Kriteria dengan *Fuzzy Geometric Mean*

Penelitian tentang *Fuzzy AHP* pada awalnya diajukan oleh Laarhoven [9] pada tahun 1983. Dalam penelitian tersebut dilakukan perbandingan rasio fuzzy dengan keanggotaan TFN (*Triangular Fuzzy Number*). Pada tahun 1985, Buckley [8] kemudian mengembangkan *Fuzzy AHP* dengan menggunakan

Tabel 1. Kriteria (terpilih) untuk pemilihan lokasi gudang distribusi

Kriteria	Keterangan
Kedekatan dengan konsumen (<i>closeness to demand market</i>)	Kriteria ini berhubungan dengan besarnya potensi permintaan konsumen sekitar dan jarak antara lokasi gudang distribusi dengan lokasi konsumen (retailer, distributor yang lebih kecil)
Kondisi transportasi (<i>transportation condition</i>)	Kriteria ini berhubungan dengan kemudahan dalam bertransportasi (kemudahan akses) sehingga dapat dan mudah dijangkau oleh segala jenis alat transportasi. Pertimbangan kondisi transportasi pada alternatif lokasi yang akan dipilih, yaitu lokasi harus dekat dengan jalan raya, dapat dijangkau oleh segala jenis alat transportasi terutama truk pengangkut yang berukuran besar, arus lalu lintas tidak terganggu (tidak mudah terjadi kemacetan) di daerah sekitar lokasi alternatif yang akan dipilih
Luas lokasi (<i>size of facilities</i>)	Kriteria ini berhubungan dengan jumlah kapasitas barang/produk yang dapat ditampung oleh gudang distribusi dan kemungkinan dilakukannya perluasan lokasi (ekspansi) di masa yang akan datang
Biaya investasi (<i>investment cost</i>)	Kriteria ini berhubungan dengan besarnya biaya yang dikeluarkan untuk membangun gudang distribusi. Pertimbangan dalam biaya investasi untuk penentuan lokasi baru gudang distribusi adalah harga tanah dan biaya pra-pembangunan (biaya pengurangan). Semakin tinggi harga tanah dan biaya pra-pembangunan yang dikeluarkan maka biaya investasi yang dibutuhkan akan semakin besar pula
Kondisi pasar (<i>market environment</i>)	Kriteria ini berhubungan dengan jarak dan jumlah pesaing (<i>competitor</i>) yang telah ada. Semakin dekat jarak dan semakin banyak jumlah gudang yang telah ada (<i>competitor</i>) maka daya saing dalam memperoleh konsumen akan semakin tinggi

fungsi keanggotaan secara trapezoidal. Dan pada tahun 1996, Chang [7] mengembangkan *Fuzzy AHP* dengan penggunaan TFN dalam skala matriks berpasangan seperti pada AHP, ditambahkan pula penggunaan metode *extent analysis* untuk mendapatkan sintesa nilai dari matriks berpasangan tersebut.

Dalam *Fuzzy AHP*, digunakan TFN dalam proses perhitungan matriks berpasangan, yang merepresentasikan penilaian subjektif dari *expert*. TFN yang digunakan didefinisikan sebagai l, m , dan u di mana parameter l mengindikasikan kemungkinan nilai terendah, m mengindikasikan kemungkinan nilai tengah, dan u mengindikasikan kemungkinan nilai tertinggi. Fungsi keanggotaan didefinisikan

sebagaimana persamaan (1). Sedangkan hubungan antara skala linguistik dan bilangan TNF yang berkorelasi terdapat pada Tabel 2.

$$m(x/\tilde{M}) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (1)$$

Karena terdapat beberapa penilaian bobot kriteria, maka dilakukan agregasi terhadap matriks perbandingan berpasangan dengan melakukan metode *Fuzzy Geometric Mean*. Buckley [8] mendefinisikan *Fuzzy Geometric Mean* \tilde{r}_j dan bobot fuzzy \tilde{w}_j dari kriteria sebanyak j yang berasal dari m evaluator sesuai Persamaan (7)

$$\tilde{w}_j = \tilde{r}_j \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_m)^{-1};$$

$$\tilde{r}_j = (\tilde{a}_{j1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{jm})^{1/m} \quad (2)$$

Berdasarkan survei diperoleh hasil matriks perbandingan berpasangan dari seorang *evaluator* yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dari data beberapa evaluator, kemudian dilakukan agregasi terhadap matriks perbandingan berpasangan dan hasilnya sesuai pada Tabel 4.

Tabel 2. *Triangular fuzzy conversion scale*

Linguistic scale	Triangular fuzzy number	Triangular fuzzy reciprocal number
Equally important	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Weakly more important	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Strongly more important	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Very strongly more important	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Absolutely more important	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Tabel 3. Matriks perbandingan berpasangan dalam bentuk *triangular fuzzy*

Kriteria	Kondisi transportasi	Kedekatan dengan konsumen	Biaya investasi	Kondisi pasar	Luas lokasi
Kondisi transportasi	(1,1,1)	(² / ₃ , 1, ³ / ₂)	(⁵ / ₂ , 3, ⁷ / ₂)	(² / ₇ , ¹ / ₃ , ² / ₅)	(⁵ / ₂ , 3, ⁷ / ₂)
Kedekatan dengan konsumen	(² / ₃ , 1, ³ / ₂)	(1,1,1)	(² / ₃ , 1, ³ / ₂)	(1,1,1)	(⁵ / ₂ , 3, ⁷ / ₂)
Biaya investasi	(² / ₇ , ¹ / ₃ , ² / ₅)	(² / ₃ , 1, ³ / ₂)	(1,1,1)	(² / ₇ , ¹ / ₃ , ² / ₅)	(² / ₅ , ¹ / ₂ , ² / ₃)
Kondisi pasar	(⁵ / ₂ , 3, ⁷ / ₂)	(1,1,1)	(⁵ / ₂ , 3, ⁷ / ₂)	(1,1,1)	(³ / ₂ , 2, ⁵ / ₂)
Luas lokasi	(² / ₇ , ¹ / ₃ , ² / ₅)	(² / ₇ , ¹ / ₃ , ² / ₅)	(³ / ₂ , 2, ⁵ / ₂)	(² / ₅ , ¹ / ₂ , ² / ₃)	(1,1,1)

Tabel 4. Matriks perbandingan berpasangan dengan agregasi fuzzy

Kriteria	Kondisi transportasi	Kedekatan dengan konsumen	Biaya investasi	Kondisi pasar	Luas lokasi
Kondisi transportasi	(1.00,1.00,1.00)	(0.527,0.635,0.777)	(0.692,0.906,1.196)	(0.703,0.944,1.261)	(0.828,0.960,1.129)
Kedekatan dengan konsumen	(1.287,1.575,1.898)	(1.00,1.00,1.00)	(0.703,0.906,1.178)	(1.157,1.511,1.940)	(1.015,1.170,1.343)
Biaya investasi	(0.836,1.104,1.445)	(0.849,1.104,1.423)	(1.00,1.00,1.00)	(0.953,1.104,1.267)	(0.934,1.104,1.314)
Kondisi pasar	(0.793,1.060,1.423)	(0.516,0.662,0.864)	(0.789,0.906,1.049)	(1.00,1.00,1.00)	(0.613,0.731,0.877)
Luas lokasi	(0.886,1.042,1.208)	(0.745,0.855,0.985)	(0.761,0.906,1.070)	(1.140,1.369,1.630)	(1.00,1.00,1.00)

Perhitungan Bobot Kriteria dengan *Fuzzy Extent Analysis*

Pada penelitian ini dilakukan pembobotan kriteria dengan teknik *Fuzzy AHP* yang diajukan oleh Chang [7]. Pada himpunan $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ adalah himpunan objek, dan himpunan $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ adalah himpunan tujuan. Berdasarkan prinsip *extent analysis* Chang [7], untuk setiap anggota himpunan objek, maka dapat dilakukan extent analysis terhadap setiap anggota himpunan tujuan. Ini berarti bahwa dapat diperoleh m nilai dari *extent analysis* yang ditunjukkan sebagai $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, i = 1, 2, \dots, n$ di mana semua $M_{gi}^j, j = 1, 2, \dots, m$ adalah bilangan TFN.

Langkah-langkah *extent analysis* yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Langkah 1. Nilai sintesis *fuzzy extent* dari tiap objek ke i didefinisikan sebagai:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{ij} \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij} \right]^{-1} \quad (3)$$

di mana

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

Dari tabel 4, dilakukan perhitungan *fuzzy extent* dengan menggunakan Persamaan (2), dan hasilnya adalah sebagai berikut.

$$S_1 \text{ (Kondisi transportasi)} = (3.75, 4.44, 5.36) \otimes (1/30.28, 1/25.55, 1/21.37) = (0.12, 0.17, 0.25)$$

$$S_2 \text{ (Kedekatan dengan konsumen)} = (5.162, 6.162, 7.359) \otimes (1/30.28, 1/25.55, 1/21.73) = (0.17, 0.24, 0.34)$$

$$S_3 \text{ (biaya investasi)} = (4.57, 5.42, 6.45) \otimes (1/30.28, 1/25.55, 1/21.73) = (0.15, 0.21, 0.30)$$

$$S_4 \text{ (Kondisi pasar)} = (3.71, 4.36, 5.21) \otimes (1/30.28, 1/25.55, 1/21.73) = (0.12, 0.17, 0.24)$$

$$S_5 \text{ (Luas lokasi)} = (4.53, 5.17, 5.89) \otimes (1/30.28, 1/25.55, 1/21.73) = (0.15, 0.20, 0.27)$$

Langkah 2. Karena $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ dan $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ adalah 2 bilangan TFN, maka

derajat possibility dari $\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2$ didefinisikan sebagai persamaan (3):

$$V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2) = \text{height}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{M_1}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_1 \geq m_2 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(M_2 - u_2) - (M_1 - l_2)} & \text{if } m_2 \geq m_1 \end{cases} \quad (4)$$

Di mana d adalah nilai ordinat yang merupakan poin D perpotongan tertinggi antara μ_{M_1} dan μ_{M_2} . Untuk membandingkan nilai M_1 dan M_2 dibutuhkan nilai $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$ dan $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$

Nilai sintesis di atas kemudian dibandingkan satu dengan lainnya, dan dihitung dengan menggunakan Persamaan (3) sehingga hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V(S_1 \geq S_2) &= 0,53 & V(S_2 \geq S_3) &= 1 & V(S_4 \geq S_5) &= 1 \\ V(S_1 \geq S_3) &= 0,72 & V(S_3 \geq S_1) &= 1 & V(S_4 \geq S_5) &= 0,74 \\ V(S_1 \geq S_4) &= 1 & V(S_3 \geq S_2) &= 0,812 & V(S_5 \geq S_2) &= 0,722 \\ V(S_1 \geq S_5) &= 0,77 & V(S_3 \geq S_4) &= 1 & V(S_5 \geq S_2) &= 0,722 \\ V(S_2 \geq S_1) &= 1 & V(S_3 \geq S_2) &= 1 & V(S_5 \geq S_3) &= 0,93 \\ V(S_1 \geq S_4) &= 1 & V(S_3 \geq S_2) &= 0,812 & V(S_5 \geq S_2) &= 0,722 \\ V(S_2 \geq S_3) &= 1 & V(S_4 \geq S_1) &= 0,97 & & \\ V(S_2 \geq S_4) &= 1 & V(S_3 \geq S_2) &= 0,496 & & \end{aligned}$$

Langkah 3. Derajat *possibility* sebuah bilangan *convex fuzzy* adalah lebih besar dari bilangan k *convex fuzzy* M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) didefinisikan sebagai persamaan (4).

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[M \geq M^3 \dots \text{ and } V[M \geq M_k] = \min V[M \geq M_i], i = 1, 2, \dots, k \quad (5)$$

Nilai derajat *minimum possibility* dapat ditentukan dari nilai perbandingan di atas dengan menggunakan Persamaan (4).

$$d' \text{ (Kondisi transportasi)} = \min(0.53, 0.72, 1, 0.77) = 0.532$$

$$d' \text{ (Kedekatan dengan konsumen)} = \min(1, 1, 1, 1) = 1$$

$$d' \text{ (Biaya investasi)} = \min(1, 0.812, 1, 1) = 0.821$$

$$d' \text{ (Kondisi pasar)} = \min(0.97, 0.496, 0.68, 0.74) = 0.496$$

d' (Luas lokasi)

$$= \min(1, 0.722, 0.93, 1) = 0.722$$

Langkah 4. Dengan asumsi bahwa $d(X_i) = \min V (S_i \geq S_k)$ untuk $k = 1, 2, \dots, n ; k \neq i$. Maka vektor bobot dapat dinyatakan sebagai persamaan (5):

$$W' = (d'(X_1), d'(X_1), \dots, d'(X_1))^T \quad (6)$$

Sehingga,

$$W' = (0.532, 1), 0.812, 0.496, 0.722)^T$$

Langkah 5. Dengan melakukan normalisasi maka dapat diperoleh vektor bobot ternormalisasi sebagaimana pada persamaan (6).

$$W' = (d(X_1), d(X_1), \dots, d(X_1))^T \quad (7)$$

di mana W adalah bilangan non-fuzzy yang memberikan bobot prioritas sebuah kriteria terhadap kriteria lainnya.

Hasil melakukan normalisasi terhadap vektor bobot di atas dengan Persamaan (6). Hasil vektor bobot ternormalisasi adalah $W' = (0.149, 0.281, 0.228, 0.139, 0.203)$

Kalkulasi Nilai Tiap Alternatif dan Perankingan

Pada survei kedua, selain responden memberikan bobot tiap kriteria, responden juga memberikan nilai untuk tiap alternatif. Untuk penilaian alternatif, menggunakan 5 skala yaitu sangat memuaskan, memuaskan, cukup, kurang memuaskan dan tidak memuaskan. Teknik penentuan *range* skala penilaian alternatif yang dilakukan dalam studi ini menggunakan teknik Liberatore [10][11], sebagaimana juga yang digunakan dalam Saaty [12]. Tabel 5 menunjukkan matriks berpasangan yang menunjukkan skala penilaian yang digunakan dalam penelitian ini.

Vektor bobot relatif diperoleh dengan menormalisasi rata-rata geometrik dari setiap baris pada matriks. Sedangkan vektor ideal diperoleh dengan membagi setiap vektor bobot relatif dengan nilai terbesarnya. Keuntungan menggunakan vektor ideal adalah agar skala penilaian ini bersifat adaptif apabila terdapat penambahan ataupun pengurangan jumlah skala [13]. Hasil akhirnya diperoleh vektor ideal yaitu skala sangat memuaskan (1.00), memuaskan (0.517), cukup memuaskan (0.254), kurang memuaskan (0.125), dan tidak memuaskan (0.65).

Tabel 5. Matrik berpasangan untuk skala penilaian

Skala	Sangat Memuaskan	Memuaskan	Cukup Memuaskan	Kurang Memuaskan	Tidak Memuaskan	Vektor Relatif	Vektor Ideal
Sangat Memuaskan	1	3	5	7	9	0.510	1.000
Memuaskan	1/3	1	3	5	7	0.264	0.517
Cukup Memuaskan	1/5	1/3	1	3	5	0.130	0.254
Kurang Memuaskan	1/7	1/5	1/5	1	3	0.064	0.125
Tidak Memuaskan	1/9	1/7	1/7	1/3	1	0.033	0.650

Tabel 6. Nilai tiap alternatif

Kriteria	Bobot	Alternatif A		Alternatif B		Alternatif C	
		Nilai konsensus	x Bobot	Nilai konsensus	x Bobot	Nilai konsensus	x Bobot
Kondisi transportasi	0.149	0.254	0.037846	0.254	0.037846	0.125	0.018625
Kedekatan dengan konsumen	0.281	0.254	0.071374	0.517	0.145277	0.254	0.071374
Biaya investasi	0.228	0.517	0.117876	0.125	0.0285	0.125	0.0285
Kondisi pasar	0.139	0.125	0.017375	0.254	0.035306	0.517	0.071863
Luas lokasi	0.203	0.125	0.025375	0.125	0.025375	0.254	0.051562
Total			0.269846		0.272304		0.241924

Perangkingan

Dari hasil penilaian tiap alternatif oleh responden, kemudian dilakukan konsensus dan dikonversikan sesuai dengan skala penilaian alternatif. Nilai dari konsensus penilaian alternatif tersebut kemudian dikalikan dengan bobot kriteria ternormalisasi untuk mendapatkan nilai alternatif. Langkah selanjutnya adalah melakukan perangkingan dari nilai alternatif yang diperoleh. Data pada Tabel 6 menunjukkan perhitungan tersebut.

Hasil dan Pembahasan

Dari Tabel 6 diketahui bahwa bobot penilaian tertinggi terdapat pada kriteria 'Kedekatan dengan konsumen', kemudian nilai terendah berikutnya secara berurutan yaitu kriteria 'Biaya investasi', 'Luas lokasi', 'Kondisi transportasi', dan 'Kondisi pasar'. Pada kriteria 'Kedekatan dengan konsumen', alternatif B menunjukkan nilai Memuaskan (0.517), melebihi nilai alternatif A dan C yang keduanya bernilai Cukup Memuaskan (0.254). Sedangkan pada kriteria 'Biaya investasi', alternatif A menunjukkan nilai Memuaskan (0.517), melebihi nilai alternatif B dan C yang keduanya bernilai Kurang Memuaskan (0.125). Untuk kriteria 'Luas lokasi', alternatif C menunjukkan nilai Cukup Memuaskan (0.254), mengungguli alternatif A dan B yang Kurang Memuaskan (0.125).

Hasil akhir penilaian menunjukkan bahwa alternatif lokasi gudang distribusi yang memiliki nilai tertinggi adalah alternatif B (0.272304) kemudian alternatif A (0.269846) dan selanjutnya alternatif C (0.241924). Artinya, bahwa pebisnis ataupun investor di bidang pergudangan jika ingin mendirikan lokasi gudang distribusi, lokasi yang paling baik di antara ketiga lokasi (A, B, C) adalah lokasi B. Secara umum, lokasi B memiliki nilai lebih dalam hal kondisi transportasi dan dekat dengan konsumen, sehingga jika pebisnis memilih lokasi ini maka efek yang diharapkan yaitu meningkatnya tingkat layanan pengiriman produk kepada konsumen dalam hal ketepatan waktu pengiriman karena kemudahan dalam sistem transportasi dan minimnya waktu tempuh yang dibutuhkan. Meskipun luas lokasi gudang distribusi di lokasi B memiliki nilai yang sedikit lebih rendah dari luas gudang distribusi di lokasi A, tetapi pendirian gudang distribusi pada lokasi B akan mengeluarkan biaya investasi yang paling sedikit jika dibandingkan dengan kedua lokasi yang lain. Dengan begitu, pebisnis bisa melakukan penghematan biaya selain dalam hal

biaya investasi juga bisa melakukan penghematan biaya transportasi dan distribusi (karena dengan lokasi konsumen).

Alternatif lokasi gudang distribusi yang lain (A dan C), merupakan lokasi yang bisa dijadikan sebagai pertimbangan berikutnya (kurang direkomendasikan), karena pada kedua lokasi ini kriteria kondisi transportasi dan kedekatannya dengan konsumen kurang begitu baik, termasuk juga lebih tingginya biaya investasi di kedua lokasi ini. Meskipun begitu, antara lokasi A dan C, secara umum masih lebih menguntungkan bagi pebisnis untuk lebih memilih lokasi A dari pada lokasi C karena lokasi A lebih menjanjikan dalam hal kondisi transportasi dan pengeluaran untuk biaya investasi.

Simpulan

Berdasarkan beberapa proses yang dilakukan pada penelitian ini, penggunaan metode FAHP Extent Analysis bisa menghasilkan model yang interaktif terhadap pertimbangan multikriteria lokasi gudang distribusi, dan menurut Celik *et al.* [14] *FAHP Chang's extented analysis* relatif lebih mudah penggunaannya jika dibandingkan dengan metode FAHP lainnya [...]. Dari 5 kriteria yang dijadikan pertimbangan, kriteria 'kedekatan dengan konsumen' merupakan kriteria yang paling dipertimbangkan dalam memilih lokasi pergudangan, disusul dengan kriteria 'biaya investasi', 'luas lokasi pergudangan', 'kondisi transportasi', dan kriteria yang paling kurang dipertimbangkan adalah 'kondisi pasar'. Sedangkan untuk hasil akhir pemilihan lokasi yang paling direkomendasikan untuk pendirian gudang distribusi di wilayah Sidoarjo adalah lokasi B. Sedangkan lokasi terbaik yang berikutnya yang bisa dijadikan pertimbangan (tetapi kurang direkomendasikan) adalah lokasi A dan lokasi C

Daftar Pustaka

- [1] Verma A.K, Verma R., Mahanti N.C, 2010. "Facility Location Selection : An Interval Valued Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Approach", *Journal of Modern Mathematics and Statistics* 4(2): 68–72.
- [2] Laporan Akhir Penyusunan Pedoman Pemanfaatan dan Pengendalian Pemanfaatan Ruang di Sekitar Jalan Tol, <http://www.penataanruang.net/ta/Lapak04/P1/JalanTol/Bab4.pdf>
- [3] ChenTung C., 2001. "A Fuzzy Approach to Select the Location of the Distribution Center", *Fuzzy Set and Systems* 118(1): 65–73

- [4] Jesuk K., 2005. "Solving a Distribution Facility Location Problem Using an Analytic Hierarchy Process Approach", *Proceedings ISAHP*.
- [5] Galvão Jr., Barbieri da Cunha, F.A.C, Nicolau D. Fares Gualda, N.D.F., 2003. "An Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for Locating a Distribution Center", *Proceedings (7th) ISAHP*.
- [6] Chou SY., Chang YH., Shen CY., 2008. "A Fuzzy Simple Additive Weighting System Under Group Decision Making for Facility Location Selection with Objective/Subjective Attributes". *European Journal of Operational Research* 189(1): 132–145
- [7] Chang DY., 1996. "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", *Europe Journal Operation Research*, 95(3): 649–655.
- [8] Buckley J.J., 1985. "Fuzzy Hierarchical Analysis", *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3): 233–247.
- [9] Laarhoeven, P.J.M., Pedrycz W., 1983. "A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 11: 199–227.
- [10] Liberatore M.J., 1987. "An Extension of the Analytical Hierarchy Process for Industrial R&D Project Selection and Resource Allocation", *IEEE Transaction Engineering Management* 34(1): 12–18.
- [11] Liberatore M.J, Nydick R.L., Sanchez, P.M., 1992. "The Evaluation of Research Papers (or How to Get an Academic Committee to Agree on Something)", *Journal of Interfaces* 22(2): 92–100.
- [12] Saaty, T.L. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publications, 1994.
- [13] Rao, R.V. *Decision Making in the Manufacturing Environment: Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Method*. London: Springer-Verlag, 2007.
- [14] Celik M., Deha Er.I., Ozok A.F., 2009. "Application of fuzzy extended AHP methodology on shipping registry selection: The case of Turkish maritime industry", *Expert Systems with Applications* 36: 190–198.