

## **PENENTUAN LOKASI TERBAIK LINGKUNGAN PERUMAHAN DI PERKOTAAN DENGAN PENDEKATAN FUZZY**

Siti Sulistiani, Oni Soesanto, M. Mahfuzh Shiddiq

*Program Studi Matematika Fakultas MIPA Unlam  
Email: sulistiani51@gmail.com*

### **ABSTRAK**

Logika *fuzzy* menyediakan suatu penyelesaian untuk masalah tidak pasti, karena dalam kehidupan nyata sering ditemui hal-hal yang tidak pasti atau samar dan terkadang sulit diselesaikan secara tegas. Logika *fuzzy* mampu mengatasi ketidakpastian pada kasus-kasus dalam kehidupan nyata. Salah satunya adalah permasalahan dalam menentukan lokasi yang tepat untuk membuat fasilitas tertentu misalnya lingkungan perumahan, dimana ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan terkadang sulit diputuskan secara tegas. Untuk membuat suatu keputusan dengan multi kriteria (*Multi Criteria Decision Making*), ada beberapa metode yang dapat digunakan. Namun dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah salah satu metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)* yaitu Metode *Extent Analysis Chang (1996)*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan lokasi optimal suatu lingkungan perumahan di perkotaan dengan menggunakan Metode *Extent Analysis Chang*. Proses pengambilan keputusan dilakukan dengan langkah-langkah yang terdapat dalam metode *extent analysis Chang (1996)* secara berurutan mulai dari kriteria, sub kriteria dan alternatif. Pengambilan keputusan akhir dilakukan dengan melakukan perangkungan vektor bobot ternormalisasi dari seluruh kriteria dan sub kriteria. Lokasi A terpilih sebagai lokasi optimal, karena memiliki bobot perangkungan tertinggi yaitu 0.330.

**Kata Kunci** : Logika *Fuzzy*, *Fuzzy Analytical Hierarchy Process*, Metode *Extent Analysis Chang* .

### **1. PENDAHULUAN**

Tahun 1965 untuk pertama kali Prof. Lotfi A. Zadeh memperkenalkan *logika fuzzy*. Dasar dari *logika fuzzy* adalah teori *himpunan fuzzy*. Peran derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan dalam *himpunan fuzzy* sangat penting, karena derajat keanggotaan menjadi ciri utama dari penalaran *logika fuzzy*. Teori *himpunan fuzzy* mampu mengatasi ketidakpastian pada kasus-kasus dalam kehidupan sehari-hari yang seringkali tidak dapat diselesaikan secara tegas. Salah satunya permasalahan dalam menentukan lokasi yang tepat untuk membuat suatu fasilitas umum karena di dalamnya terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan cukup sulit untuk diputuskan secara tegas salah satunya adalah lokasi optimal dalam perencanaan pembuatan lingkungan perumahan di perkotaan[1].

Perencanaan pembuatan lingkungan perumahan di perkotaan, memiliki kriteria-kriteria yang harus dipertimbangkan sehingga cukup sulit bagi pengambil keputusan untuk menentukan pilihan tanpa pertimbangan dan analisa lebih lanjut. Kriteria-kriteria tersebut mencakup kriteria dari segi lokasi (keamanan, kesehatan, kenyamanan, keindahan, fleksibilitas, dan keterjangkauan jarak) dan kriteria dari segi ketentuan dasar fisik seperti ketinggian lahan dan kemiringan lahan. Kriteria-kriteria inilah yang nantinya akan dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan lokasi yang tepat untuk lingkungan perumahan di perkotaan[2].

Lokasi optimal akan diperoleh dengan menguji sejauh mana lokasi-lokasi alternatif yang tersedia dapat memenuhi kriteria-kriteria yang ada. Dalam penelitian ini penentuan lokasi optimal ditentukan dengan menggunakan salah satu metode dalam *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP) yaitu Metode *Extent Analysis Chang* (1996). Kriteria-kriteria yang akan dijadikan bahan pertimbangan untuk mengambil keputusan dalam penelitian ini diambil dari SNI 03-1733-2004 tentang tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan yang dibuat oleh Badan Standar Nasional (BSN) Indonesia.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Himpunan dan Logika Fuzzy

Pada Tahun 1965 untuk pertama kali Prof. Lotfi A. Zadeh memperkenalkan *logika fuzzy*. Dasar dari *logika fuzzy* adalah teori *himpunan fuzzy*. Peran derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan dalam *himpunan fuzzy* sangat penting, karena derajat keanggotaan menjadi ciri utama dari penalaran *logika fuzzy*.

Berikut ini adalah definisi dari himpunan *fuzzy*:

#### Definisi 2.1 [3]

Jika  $X$  adalah kumpulan objek yang secara umum dilambangkan dengan  $x$  maka suatu himpunan *fuzzy*  $\tilde{A}$  di  $X$  adalah himpunan pasangan berurut

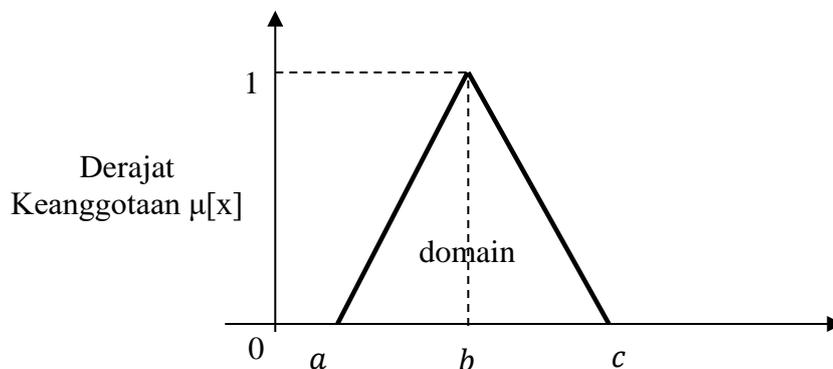
$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X)\} \quad \dots(2.1)$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$  disebut fungsi keanggotaan atau derajat keanggotaan dari  $x$  di  $\tilde{A}$ , yang merupakan pemetaan dari  $X$  ke sebuah selang tertutup  $[0,1]$ .

*Logika Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk *linguistik*, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat". [4].

### 2.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan pada himpunan *fuzzy* digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan dari suatu anggota dalam himpunan tersebut. Susilo (2006) membagi fungsi keanggotaan menjadi beberapa jenis, salah satunya adalah fungsi keanggotaan segitiga [1].



Gambar 1. Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x > c \\ (x - a)/(b - a); & a < x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b < x \leq c \end{cases} \quad \dots(2.2)$$

### 2.3 Potongan $\alpha$ ( $\alpha$ - cut)

Semua elemen  $x \in X$  dari suatu himpunan yang merupakan himpunan bagian tegas pada himpunan semesta  $X$ , dengan nilai fungsi keanggotaan  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  lebih besar atau sama dengan  $\alpha \in [0,1]$ . Himpunan tersebut disebut potongan  $\alpha$  kuat dari himpunan fuzzy  $\tilde{A}$  (dinotasikan  $A_\alpha$ ), yang dituliskan sebagai berikut [1]:

$$A_\alpha = \{x \in X, \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$$

Jika  $\mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha$  maka disebut potongan  $\alpha$  kuat dari himpunan fuzzy  $\tilde{A}$  (dinotasikan  $A_\alpha$ ), yang dapat dinyatakan sebagai berikut [5]:

$$A_\alpha = \{x \in X, \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\} \quad \dots(2.4)$$

### 2.4 Operasi Baku Pada Himpunan Fuzzy

Seperti halnya pada himpunan tegas, dalam himpunan fuzzy dapat juga didefinisikan operasi uner "komplemen" dan operasi-operasi biner "gabungan" dan "irisan" dengan definisi sebagai berikut:

#### Definisi 2.4.1 [3]

Misalkan diberikan  $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}$  dan  $\tilde{D}$  adalah himpunan fuzzy maka berlaku:

(i) Fungsi keanggotaan dari komplemen suatu himpunan fuzzy  $\tilde{A}$ ,  $\mu_{\epsilon\tilde{A}}(x)$  didefinisikan dengan  $\mu_{\epsilon\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), x \in X$  ... (2.5)

(ii) Fungsi keanggotaan  $\mu_{\tilde{C}}(x)$  dari irisan  $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$  didefinisikan dengan  $\mu_{\tilde{C}}(x) = \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}, x \in X$  ... (2.6)

(iii) Fungsi keanggotaan  $\mu_{\tilde{D}}(x)$  dari gabungan  $\tilde{D} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$  didefinisikan dengan  $\mu_{\tilde{D}}(x) = \max\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}, x \in X$  ... (2.7)

### 2.5 Extent Analysis Method Chang (1996)

Metode ini merupakan sebuah pendekatan baru untuk menangani FAHP, dengan penggunaan bilangan fuzzy segitiga untuk skala perbandingan berpasangan, dan penggunaan metode extent analysis untuk nilai sintetis extent  $S_i$  dari perbandingan berpasangan [6]. Berikut adalah konsep-konsep yang terdapat dalam Metode Extent Analysis Chang (1996):

#### Definisi 2.5.1 [8]

Suatu Himpunan Fuzzy  $A$  di  $\mathbb{R}$  dikatakan konveks jika dan hanya jika untuk setiap

$$x = \langle x_i | i \in \mathbb{N}_n \rangle \text{ dan } y = \langle y_i | i \in \mathbb{N}_n \rangle$$

Ada di  $A$  dan untuk setiap bilangan riil  $\lambda \in [0,1]$

$$z = \langle \lambda x + (1 - \lambda)y | i \in \mathbb{N}_n \rangle \quad \dots(2.8)$$

#### Teorema 2.5.2 [7]

Suatu himpunan fuzzy  $A$  di  $\mathbb{R}$  konveks jika dan hanya jika

$$A(\lambda x + (1 - \lambda)y) \geq \min[A(x), A(y)] \quad \dots(2.9)$$

untuk setiap  $x, y \in \mathbb{R}$  dan setiap  $\lambda \in [0,1]$ .

Bukti:

- (i) Misalkan  $A$  konveks dan  $\alpha = A(x) \leq A(y)$ . Maka,  $x, y \in A_\alpha$  dan juga  $\lambda x + (1 - \lambda)y \in A_\alpha$  untuk setiap  $\lambda \in [0,1]$  dari kekonveksan  $A$ . Akibatnya,

- $A(\lambda x + (1 - \lambda)y) \geq \alpha = A(x) = \min[A(x), A(y)] \quad \dots(2.10)$
- (ii) Diasumsikan  $A$  terpenuhi (2.34). Akan dibuktikan untuk setiap  $\alpha \in (0,1]$ ,  $A_\alpha$  konveks.  
 Untuk setiap  $x, y \in A_\alpha$  ( $A(x) \geq \alpha, A(y) \geq \alpha$ ), dan untuk setiap  $\lambda \in [0,1]$ , dari (2.7)  
 $A(\lambda x + (1 - \lambda)y) \geq \min[A(x), A(y)] \geq \min(\alpha, \alpha) = \alpha; \quad \dots(2.11)$   
 yaitu,  $\lambda x + (1 - \lambda)y \in A_\alpha$ .  $A_\alpha$  konveks untuk setiap  $\alpha \in (0,1]$ .  
 akibatnya  $A$  konveks.

**Definisi 2.5.3 [8]**

Didefinisikan sebuah bilangan fuzzy  $M$  di  $R$  menjadi bilangan fuzzy segitiga, jika fungsi keanggotaannya  $\mu_M(x): R \rightarrow [0,1]$  adalah sama dengan

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{x}{m-l} - \frac{l}{m-l}, & x \in [l, m], \\ \frac{x}{m-u} - \frac{u}{m-u}, & x \in [m, u], \\ 0, & \text{untuk yang lain} \end{cases} \quad \dots(2.12)$$

di mana  $l \leq m \leq u$ , dengan  $l, m, u$  secara berurutan adalah nilai bawah, nilai tengah, dan nilai atas dari  $M$ . Triangular Fuzzy Number dapat dilambangkan dengan  $(l, m, u)$ .

Misal terdapat dua bilangan fuzzy segitiga  $M_1$  dan  $M_2$ ,  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  dan  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ . Aturan operasionalnya adalah sebagai berikut:

1.  $(l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad \dots(2.13)$
2.  $(l_1, m_1, u_1) \odot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad \dots(2.14)$
3.  $(\lambda, \lambda, \lambda) \odot (l_1, m_1, u_1) = (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda u_1), \lambda > 0, \lambda \in R \quad \dots(2.15)$
4.  $(l_1, m_1, u_1)^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad \dots(2.16)$

Menurut metode Extent Analysis, untuk setiap objek dilakukan analisis perluasan untuk setiap tujuan masing-masing. Nilai  $m$  analisis perluasan untuk setiap objek dapat diperoleh dengan cara berikut:

$$M^1_{g_i}, M^2_{g_i}, \dots, M^m_{g_i}, i = 1, 2, \dots, n.$$

di mana setiap  $M^j_{g_i} (j = 1, 2, \dots, p)$  adalah triangular fuzzy number.

**Definisi 2.5.4 [8]**

Misalkan  $M^1_{g_i}, M^2_{g_i}, \dots, M^m_{g_i}$  menjadi nilai-nilai analisis tingkat objek untuk  $m$  tujuan. Maka nilai sintesis perluasan fuzzy sehubungan dengan objek ke- $i$  didefinisikan sebagai:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M^j_{g_i} \odot \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M^j_{g_i} \right]^{-1} \quad \dots(2.17)$$

Perhitungan vektor prioritas fuzzy AHP didapatkan perkiraan untuk vektor bobot di bawah masing-masing kriteria, perlu mempertimbangkan prinsip perbandingan untuk bilangan fuzzy.

**Definisi 2.5.5 [8]**

Derajat kemungkinan  $M_1 \geq M_2$  didefinisikan sebagai

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad \dots(2.18)$$

Ketika  $(x, y)$  ada sehingga  $x \geq y$  dan  $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_2}(y) = 1$ , maka diperoleh  $V(M_1 \geq M_2) = 1$  karena  $M_1$  dan  $M_2$  adalah bilangan konveks fuzzy maka diperoleh:

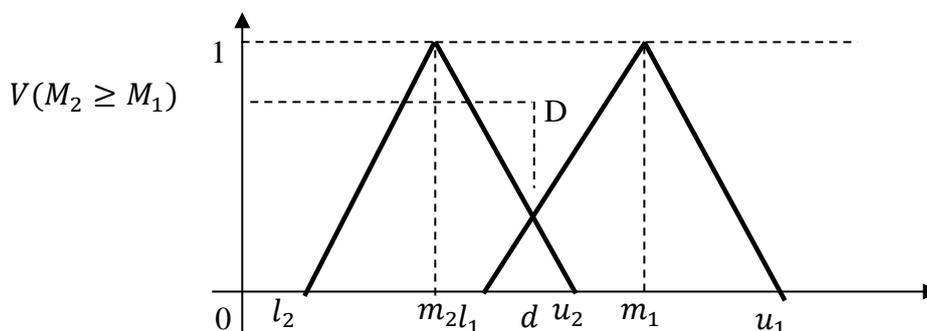
$$V(M_1 \geq M_2) = 1 \text{ jika } m_1 \geq m_2 \quad \dots(2.19)$$

$$V(M_1 \geq M_2) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) \quad \dots(2.20)$$

dengan  $\text{hgt}$ . merupakan nilai tertinggi dari irisan dua bilangan fuzzy segitiga, dimana  $d$  adalah ordinat dari titik  $D$ . persimpangan tertinggi antara  $\mu_{M_1}$  dan  $\mu_{M_2}$ , (lihat gambar 4).

$$\begin{aligned} M_1 &= (l_1, m_1, u_1) \text{ dan } M_2 = (l_2, m_2, u_2) \text{ ordinat dari } D \text{ diberikan oleh} \\ V(M_1 \geq M_2) &= \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) \quad \dots(2.21) \\ &= \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \end{aligned}$$

untuk membandingkan  $M_1$  dan  $M_2$ , diperlukan kedua nilai dari  $V(M_1 \geq M_2)$  dan  $V(M_2 \geq M_1)$



**Gambar 2.** Fungsi keanggotaan dari derajat kemungkinan

Dengan

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & \text{jika } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{jika } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{untuk nilai yang lain} \end{cases} \quad \dots(2.22)$$

**Definisi 2.5.6 [8]**

Derajat kemungkinan untuk bilangan konveks fuzzy lebih besar dari bilangan konveks fuzzy  $M_i (i = 1, 2, \dots, k)$  dapat didefinisikan oleh  $V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V(M \geq M_1)$  dan  $V(M \geq M_2)$  dan ...  $V(M \geq M_k)$

$$= \min V(M \geq M_j), i = 1, 2, \dots, k \quad \dots(2.23)$$

Diasumsikan bahwa  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$   $\dots(2.24)$

untuk  $i = 1, 2, \dots, n; k \neq i$ . Maka vektor bobot diberikan oleh

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad \dots(2.25)$$

dimana  $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$  adalah  $n$  elemen.

Melalui normalisasi, didapatkan vektor bobot normal

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad \dots(2.26)$$

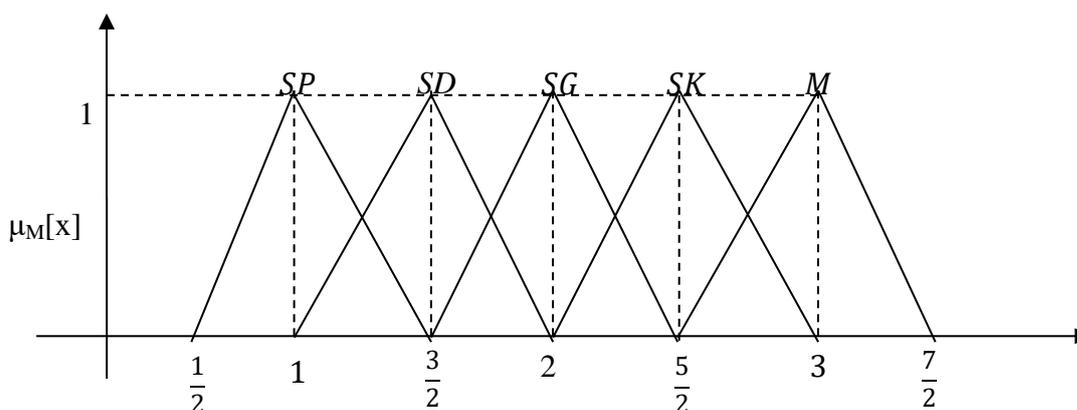
di mana  $W$  adalah bilangan tak fuzzy [9].

Adapun Tabel Skala *Triangular Fuzzy* untuk membuat matriks perbandingan kepentingan berpasangan pada *Extent Analysis Method Chang (1996)* adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Skala Triangular Fuzzy Untuk membuat matriks perbandingan pada Extent Analysis Method Chang (1996) [8]

Skala Linguistik	Skala Fuzzy Triangular	Skala Fuzzy Triangular Resiprokal
tetap	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
sama pentingnya	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
sedikit lebih penting	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
sangat lebih penting	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
sangat kuat lebih penting	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
mutlak lebih penting	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Berikut ini adalah gambar untuk fungsi keanggotaan dari Skala *Triangular Fuzzy Number*:



**Gambar 3.** Skala *Triangular Fuzzy Number* [8]

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan

Menentukan lokasi perumahan di perkotaan bukan merupakan sesuatu yang mudah. Ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan demi kenyamanan penghuninya dan juga bagi lingkungan di sekitarnya. Kriteria dalam penelitian ini tercantum dalam SNI 03-1733-2004 yang membahas mengenai tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Badan Standardisasi Nasional dibentuk dengan Keputusan Presiden No. 13 Tahun 1997 yang disempurnakan dengan Keputusan Presiden No. 166 Tahun 2000 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi dan Tata Kerja Lembaga Pemerintah Non Departemen

sebagaimana telah beberapa kali diubah dan yang terakhir dengan Keputusan Presiden No. 103 Tahun 2001, merupakan Lembaga Pemerintah Non Departemen dengan tugas pokok mengembangkan dan membina kegiatan standardisasi di Indonesia. Badan ini menggantikan fungsi dari Dewan Standardisasi Nasional.

Berdasarkan ketentuan dari Badan Standarisasi Nasional yang tercantum dalam SNI 03-1733-2004, terdapat beberapa kriteria yang harus dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan lokasi perumahan dipertanian, yaitu:

- 1) Kriteria keamanan, dicapai dengan mempertimbangkan bahwa lokasi tersebut bukan merupakan kawasan lindung, olahan pertanian, hutan produksi, daerah buangan limbah pabrik, daerah bebas bangunan pada area bandara, daerah di bawah jaringan listrik tegangan tinggi.
- 2) Kriteria kesehatan, dicapai dengan mempertimbangkan bahwa lokasi tersebut bukan daerah yang mempunyai pencemaran udara di atas ambang batas, pencemaran air permukaan dan air lahan.
- 3) Kriteria Kenyamanan, dicapai dengan kemudahan pencapaian, komunikasi, dan berkegiatan.
- 4) Kriteria keindahan / keserasian / keteraturan / (kompabilitas), dicapai dengan penghijauan, mempertahankan karakteristik tofografi dan lingkungan yang ada. Misalnya tidak meratakan bukit, mengurung seluruh rawa atau danau, sungai dan sebagainya.
- 5) Kriteria fleksibilitas, dicapai dengan mempertimbangkan kemungkinan pertumbuhan fisik atau pemekaran lingkungan perumahan dikaitkan dengan kondisi fisik lingkungan dan keterpaduan prasarana.
- 6) Kriteria keterjangkauan jarak, dicapai dengan mempertimbangkan jarak pencapaian ideal kemampuan orang berjalan kaki sebagai pengguna lingkungan terhadap penempatan sarana dan prasarana lingkungan.
- 7) Ketinggian lahan tidak berada di bawah permukaan air setempat, kecuali dengan rekayasa/ penyelesaian teknis.
- 8) Kemiringan lahan tidak melebihi 15% dengan ketentuan:
  - a) Tanpa rekayasa untuk kawasan yang terletak pada lahan bermorfologi datar-landai dengan kemiringan 0-8%.
  - b) Diperlukan rekayasa teknis untuk lahan dengan kemiringan 8-15% .

### **3.2 Langkah Pengambilan Keputusan**

Langkah-langkah pengambilan keputusan berdasarkan Metode *Extent Analysis Chang* (1996) adalah sebagai berikut:

1. Membuat struktur hirarki masalah yang akan diselesaikan.
2. Menentukan matriks perbandingan kepentingan berpasangan antar kriteria, antar sub kriteria, dan antar lokasi alternatif dengan skala *Triangular Fuzzy Number*.
3. Menentukan *nilai sintesis fuzzy (Si)* untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur-unsur pengambilan keputusan.
4. Menghitung *derajat keanggotaan* dari perbandingan *nilai sintesis fuzzy* untuk memperoleh vektor
5. Normalisasi bobot *vektor* atau nilai prioritas kriteria yang telah diperoleh.

Setelah dilakukan normalisasi bobot vektor, maka vektor yang diperoleh bukan lagi merupakan bilangan fuzzy sehingga selanjutnya pengambilan keputusan dilanjutkan dengan proses metode AHP yaitu:

6. Melakukan perangkingan bobot vektor, total rangking diperoleh dengan cara mengalikan vektor evaluasi dari masing-masing lokasi alternatif dengan vektor prioritasnya.
7. Pengambilan keputusan dilakukan dengan memilih total rangking tertinggi.

### **3.3 Pemilihan Lokasi Optimal Lingkungan Perumahan Di Perkotaan Berdasarkan Metode Extent Analysis Chang (1996)**

Dalam kasus ini terdapat delapan kriteria, dimana setiap kriteria memiliki beberapa sub kriteria. Pertama, kriteria keamanan dengan tiga sub kriteria yaitu bukan daerah buangan limbah pabrik, bukan daerah bebas bangunan pada area bandara, dan tidak berada di bawah jaringan listrik tingkat tinggi. Kedua, kriteria kesehatan dengan tiga sub kriteria yaitu tidak ada pencemaran udara, tidak ada pencemaran air, dan tidak dekat tempat pembuangan akhir (TPA) untuk sampah. Ketiga, kriteria kenyamanan dengan tiga sub kriteria yaitu dilengkapi telepon, PDAM, dan listrik. Keempat, kriteria keindahan dengan dua sub kriteria yaitu adanya kawasan terbuka hijau dan dekat dengan taman. Kelima, kriteria fleksibilitas dengan tiga sub kriteria yaitu bisa dilakukan pemekaran lingkungan, bisa dilakukan pembangunan sarana hiburan, dan bisa dibangun pusat perbelanjaan. Keenam, kriteria keterjangkauan jarak dengan empat sub kriteria yaitu dekat sarana kesehatan, dekat sarana pendidikan, dekat sarana ibadah dan dekat pasar. Ketujuh, kriteria ketinggian lahan dengan tiga sub kriteria yaitu tidak berada di bawah permukaan air daerah setempat, bukan daerah rawan banjir, bukan daerah rawan longsor. Kedelapan, kriteria kemiringan lahan dengan tiga sub kriteria yaitu lahan kemiringan tidak lebih dari 15%, aman dari tanah longsor, dan aman dari erosi.

#### **1. Langkah-Langkah Pemilihan Lokasi Optimal Lingkungan Perumahan Di Perkotaan berdasarkan Extent Analysis Method Chang (1996).**

##### **a. Matriks Perbandingan Kepentingan Berpasangan Antar Kriteria**

Matriks perbandingan kepentingan antar kriteria menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan kriteria keamanan dibandingkan dengan tujuh kriteria yang lain, tingkat kepentingan kriteria kesehatan dengan tujuh kriteria yang lain, dan seterusnya sampai kriteria kemiringan lahan dengan tujuh kriteria yang lain.

Mengacu pada Tabel 4. (Skala Triangular Fuzzy Untuk membuat matriks perbandingan pada Metode *Extent Analysis Chang* (1996)) dibentuklah matriks perbandingan kepentingan berpasangan antar kriteria. Matriks perbandingan yang ada pada tabel 5. adalah dari sisi pengambil keputusan, yaitu hanya berupa nilai linguistik untuk menyatakan suatu kriteria lebih penting atau tidak dibanding dengan kriteria lainnya. Selanjutnya pada tabel 2. Adalah matriks perbandingan kepentingan berpasangan secara numerik yang merupakan konversi dari nilai linguistiknya.

**Tabel 2.** Matriks Perbandingan Berpasangan Antar dalam skala *triangular fuzzy number*

	1	2	3	4	5	6	7	8
	(l, m, u)	(l, m, u)	(l, m, u)					
1	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 2/3, 1)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)
2	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 2/3, 1)
3	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)
4	(1, 3/2, 2)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)	(1/3, 2/5, 1/2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)
5	(1, 3/2, 2)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)	(1, 3/2, 2)	(1, 3/2, 2)
6	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(2, 5/2, 3)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)
7	(1, 3/2, 2)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 2/3, 1)	(2/3, 1, 2)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)
8	(1, 3/2, 2)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 2/3, 1)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)

Cara membaca tabel matriks perbandingan berpasangan ini adalah baris dulu baru kolom. Misalnya untuk kriteria 1 (kriteria keamanan) dibandingkan dengan kriteria 5 (kriteria fleksibilitas) cara membacanya adalah kriteria keamanan tidak sedikit lebih penting dibandingkan kriteria fleksibilitas. Sedangkan sebaliknya, kriteria 5 (kriteria fleksibilitas) dibandingkan kriteria 1 (kriteria keamanan) cara membacanya kriteria fleksibilitas sedikit lebih penting dibandingkan kriteria keamanan.

**b. Nilai Sintesis Fuzzy**

Setelah nilai jumlah baris dan kolom diperoleh dari masing-masing matriks perbandingan, selanjutnya menggunakan persamaan (2.17) :

$$S_i = \sum_{j=1}^p M^j_{g_i} \odot \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p M^j_{g_i} \right]^{-1}$$

diperoleh nilai sintesis *fuzzy* untuk masing-masing kriteria. Sebagai contoh untuk nilai sintesis fuzzy kriteria keamanan diberikan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{kriteria keamanan} &= (5.067, 6.833, 11.167) \times \left( \frac{1}{102.333}, \frac{1}{68.833}, \frac{1}{48.800} \right) \\ &= (0.050, 0.099, 0.239) \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk *nilai sintesis fuzzy* di atas dapat ditabelkan sebagai berikut:

**Tabel 3.** Nilai Sintesis Fuzzy Untuk Kriteria

Kriteria	nilai sintesis fuzzy		
	L	m	u
Keamanan	0,050	0,099	0,239
Kesehatan	0,046	0,092	0,195
Kenyamanan	0,050	0,109	0,260
Keindahan	0,057	0,121	0,266
Fleksibilitas	0,065	0,145	0,287
keterjangkauan jarak	0,088	0,182	0,328
ketinggian lahan	0,057	0,126	0,266
kemiringan lahan	0,065	0,126	0,256

**c. Derajat Keanggotaan**

Untuk mendapatkan derajat keanggotaan digunakan persamaan berikut:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & \text{jika } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{jika } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{untuk nilai yang lain} \end{cases}$$

Untuk setiap kriteria dilakukan perbandingan antara kriteria dengan kriteria yang lain. Dari perhitungan diperoleh nilai-nilai derajat keanggotaan dari perbandingan dua nilai sintesis fuzzy, kemudian diambil yang paling minimum dengan persamaan:

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

Maka diperoleh:

$$d'(S_{keamanan}) = \min (1; 0.951; 0.893; 0.7981; 0.647; 0.872; 0.867) = 0.647$$

$$d'(S_{kesehatan}) = \min (0.952; 0.895; 0.826; 0.709; 0.544; 0.802; 0.793) = 0.544$$

$$d'(S_{kenyamanan}) = \min (1; 1; 0.944; 0.843; 0.703; 0.923; 0.920) = 0.703$$

$$d'(S_{keindahan}) = \min (1; 1; 1; 0.893; 0.747; 0.977; 0.977) = 0.747$$

$$d'(S_{fleksibilitas}) = \min (1; 1; 1; 1; 0.846; 1; 1) = 0.846$$

$$d'(S_{keterjangkauan jarak}) = \min (1; 1; 1; 1; 1; 1; 1) = 1$$

$$d'(S_{ketinggian lahan}) = \min (1; 1; 1; 1; 0.912; 0.762; 1) = 0.762$$

$$d'(S_{kemiringan lahan}) = \min (1; 1; 1; 1; 0.908; 0.751; 1) = 0.751$$

sehingga diperoleh bobot vektor :

$$W' = (0.647; 0.544; 0.703; 0.747; 0.846; 1; 0.762; 0.751)^T$$

#### d. Normalisasi Bobot Vektor

Setelah menentukan bobot vektor untuk masing-masing kriteria, akan dilakukan normalisasi bobot vektor. Sama halnya seperti dalam metode AHP, normalisasi bobot vektor diperoleh dengan membagi masing-masing elemen pada  $W'$  dengan jumlah keseluruhan elemen pada  $W'$ .

Bobot Vektor ( $W'$ ) untuk kriteria adalah:

$$W' = (0,647; 0,544, 0,703; 0,747; 0,846; 1,000; 0,762; 0,751)^T$$

Dengan jumlah keseluruhan elemen pada  $W'$  adalah

$$0,647+0,544,+0,703+0,747+ 0,846+1,000+0,762+0,751= 6,000$$

Sehingga bobot vektor ternormalisasinya adalah:

$$W = (0,647/6,000; 0,544/6,000; 0,703/6,000; 0,747/6,000; 0,846/6,000; 1,000/6,000; 0,762/6,000; 0,751/6,000)^T$$

$$W' = (0,108; 0,091; 0,117; 0,125; 0,141; 0,167; 0,127; 0,125)^T$$

## 2. Proses Pengambilan Keputusan Untuk Sub Kriteria

### a. Matriks Perbandingan Kepentingan Berpasangan Antar Kriteria Untuk Kriteria Keamanan

Matriks perbandingan kepentingan antar sub kriteria menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan sub kriteria dalam satu kriteria dibandingkan sub kriteria yang lain pada kriteria yang sama. Berikut adalah matriks perbandingan kepentingan antar sub kriteria pada kriteria keamanan.

**Tabel 4.** Matriks Perbandingan berpasangan Antar Sub Kriteria Untuk Kriteria Keamanan

	Bukan daerah buangan limbah pabrik	Bukan daerah bebas bangunan pada area bandara	Tidak berada di bawah jaringan listrik tegangan tinggi	Jumlah baris		
	$(l, m, u)$	$(l, m, u)$	$(l, m, u)$	$l$	$m$	$u$
Bukan daerah buangan limbah pabrik	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	1,786	2,333	2,900
Bukan daerah bebas bangunan pada area bandara	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	2,067	2,500	3,667
Tidak beradadi bawah jaringan listrik tegangan tinggi	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	5,000	6,000	7,000
Jumlah kolom				8,852	10,833	13,567

**b. Nilai Sintesis Fuzzy**

Dengan cara yang serupa seperti pada perbandingan antar kriteria diperoleh Nilai Sintesis Fuzzy antar sub kriteria dari kriteria keamanan seperti pada tabel berikut:

**Tabel 5.** Nilai Sintesis Fuzzy untuk sub kriteria dari kriteria keamanan

Subkriteria	Nilai Sintesis Fuzzy		
	$l$	$m$	$u$
Bukan daerah buangan limbah pabrik	0,132	0,215	0,328
Bukan daerah bebas bangunan pada area bandara	0,152	0,231	0,414
Tidak beradadi bawah jaringan listrik tegangan tinggi	0,369	0,554	0,791

**Derajat Keanggotaan**

$$V(S_{a1} \geq S_{a2}) : \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0.152 - 0.328}{(0.215 - 0.328) - (0.231 - 0.152)} = 0.919$$

$$V(S_{a1} \geq S_{a3}) : 0; V(S_{a2} \geq S_{a1}) : 1$$

$$V(S_{a2} \geq S_{a3}) : \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{0.369 - 0.414}{(0.231 - 0.414) - (0.554 - 0.369)} = 0.124$$

$$V(S_{a3} \geq S_{a1}) : 1; V(S_{a3} \geq S_{a2}) : 1$$

$$\text{Maka diperoleh bobot vektor} : W' = (0; 0,124; 1)^T$$

**c. Normalisasi Bobot Vektor**

Normalisasi Bobot Vektor Untuk Sub Kriteria Keamanan

**Tabel 6.** Normalisasi Bobot Vektor Untuk Sub Kriteria Keamanan

Sub Kriteria	$W'$	$W$
Bukan daerah buangan limbah pabrik	0,000	<b>0,000</b>
Bukan daerah bebas bangunan pada area bandara	0,124	<b>0,110</b>
Tidak beradadi bawah jaringan listrik tegangan tinggi	1,000	<b>0,890</b>
Total Index Value	1,124	1,000

### 3. Proses Pengambilan Keputusan Untuk Sub Kriteria Terhadap Lokasi Alternatif

Matriks perbandingan kepentingan antar lokasi alternatif menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan anantara lokasi yang satu dengan lokasi yang lain dalam memenuhi suatu sub kriteria dari masing-masing kriteria. Berikut adalah contoh matriks perbandingan kepentingan antar lokasi alternatif dengan sub kriteria daerah buangan limbah pabrik.

**Tabel 7.** Matriks Perbandingan Kepentingan Berpasangan Antar Lokasi Alternatif terhadap sub kriteria daerah buangan limbah pabrik dari Kriteria Keamanan (Dalam skala *triangular fuzzy number*)

	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C	Lokasi D	Jumlah Baris		
	$(l, m, u)$	$(l, m, u)$	$(l, m, u)$	$(l, m, u)$	$l$	$M$	$u$
Lokasi A	(1, 1, 1)	(5/2, 3, 7/2)	(3/2, 2, 5/2)	(1/2, 1, 3/2)	5,500	7,000	8,500
Lokasi B	(2/7, 1/3, 2/5)	(1, 1, 1)	(5/2, 3, 7/2)	(3/2, 2, 5/2)	5,286	6,333	7,400
Lokasi C	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/7, 1/3, 2/5)	(1, 1, 1)	(3/2, 2, 5/2)	3,186	3,833	4,567
Lokasi D	(2/3, 1, 2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 3/2)	(1, 1, 1)	2,467	3,000	5,167
Jumlah Kolom					<b>16,438</b>	<b>20,167</b>	<b>25,633</b>

**Tabel 8.** Nilai Sintesis Fuzzy untuk perbandingan antar lokasi alternatif terhadap sub kriteria daerah buangan limbah pabrik dari kriteria keamanan

Lokasi Alternatif	nilai sintesis fuzzy		
	$l$	$m$	$u$
Lokasi A	0,215	0,347	0,517
Lokasi B	0,206	0,314	0,450
Lokasi C	0,124	0,190	0,278
Lokasi D	0,096	0,149	0,314

Untuk memperoleh bobot alternatif dihitung derajat keanggotaan, selanjutnya dilakukan normalisasi bobot vektor untuk lokasi-lokasi alternatif dan diperoleh tabel berikut.

**Tabel 9.** Normalisasi Bobot Vektor Untuk Lokasi-Lokasi Alternatif terhadap sub kriteria daerah buangan limbah pabrik dari kriteria keamanan

Lokasi Alternatif	$W'$	$W$
Lokasi A	1,000	<b>0,400</b>
Lokasi B	0,877	<b>0,351</b>
Lokasi C	0,287	<b>0,115</b>
Lokasi D	0,335	<b>0,134</b>
Total Index Value	2,499	1,000

### 4. Perangkingan

Untuk mendapatkan keputusan dari penentuan lokasi optimal lingkungan perumahan di perkotaan maka dilakukan perangkingan, dengan total rangking seperti halnya pada metode AHP diperoleh dari perkalian faktor evaluasi masing-masing alternatif dan dengan faktor bobotnya, seperti terlihat pada tabel 17 dan tabel 18. Tabel 17 merupakan proses perangkingan untuk prioritas bobot alternatif

dari lokasi alternatif yang tersedia terhadap sub kriteria dari masing-masing kriteria yang ada. Dari proses perangkingan pada tabel 17 akan diperoleh prioritas bobot alternatif dari setiap lokasi yang tersedia terhadap sub kriteria dari semua kriteria yang ada. Prioritas bobot alternatif dari setiap lokasi yang tersedia terhadap sub kriteria dari kriteria-kriteria yang ada dikalikan dengan bobot prioritas dan dijumlahkan sehingga didapat prioritas bobot alternatif untuk setiap kriteria.

Setelah diperoleh prioritas bobot alternatif setiap kriteria maka proses perangkingan akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu proses perangkingan untuk prioritas bobot alternatif dari lokasi alternatif yang tersedia terhadap masing-masing kriteria yang ada. Dari proses perangkingan pada tabel 18 akan diperoleh prioritas bobot alternatif dari setiap lokasi yang tersedia terhadap masing-masing kriteria yang ada. Prioritas bobot alternatif dari setiap lokasi yang tersedia terhadap kriteria-kriteria yang ada dikalikan dengan bobot prioritas dan dijumlahkan sehingga didapat prioritas bobot alternatif global untuk masing-masing lokasi. Dari sini nanti akan terlihat sejauh mana lokasi-lokasi yang tersedia dapat memenuhi kriteria yang ada.

**Tabel 10.** Perangkingan Untuk Prioritas Bobot Alternatif dari Kriteria Utama Terhadap Lokasi Yang Tersedia Untuk Pengambilan Keputusan (Lokasi Terpilih).

Kriteria Utama Dari Tujuan Yang Akan Dicapai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Bobot
<b>Bobot</b>	<b>0,108</b>	<b>0,091</b>	<b>0,117</b>	<b>0,125</b>	<b>0,141</b>	<b>0,167</b>	<b>0,127</b>	<b>0,125</b>	
Alternatif									
A	0,216	0,152	0,340	0,203	0,388	0,373	0,374	0,502	<b>0,330</b>
B	0,190	0,157	0,311	0,149	0,345	0,174	0,105	0,166	<b>0,202</b>
C	0,523	0,241	0,245	0,146	0,170	0,235	0,313	0,223	<b>0,256</b>
D	0,071	0,450	0,103	0,503	0,097	0,218	0,208	0,109	<b>0,214</b>

Dari hasil perangkingan diperoleh lokasi A sebagai lokasi terpilih karena memiliki bobot prioritas tertinggi secara global yaitu sebesar 0.330 diikuti dengan lokasi C, D, dan B dengan masing-masing bobotnya secara berurutan adalah 0.256, 0.214, dan 0.202. Bobot inilah yang memberikan informasi sejauh mana lokasi terpilih memenuhi kriteria-kriteria yang ada.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan 8 kriteria, 24 subkriteria dan 4 lokasi alternatif untuk memilih lokasi optimal lingkungan perumahan di perkotaan. Kriteria pertama, kedua, ketiga, kelima, ketujuh, dan kedelapan masing-masing memiliki 3 subkriteria sedangkan kriteria keempat memiliki 2 subkriteria dan kriteria keenam memiliki 4 subkriteria. Hasil simulasi berdasarkan proses sesuai metode *extent analysis' Chang* terhadap kriteria berdasarkan SNI 03-1733-2004 mengenai tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan diperoleh lokasi A memiliki bobot tertinggi dari segi kriteria kenyamanan dengan bobot 0.340, fleksibilitas dengan bobot 0.388, keterjangkauan jarak dengan bobot 0.373, ketinggian lahan

dengan bobot 0.374 dan kemiringan lahan dengan bobot 0.502; lokasi B tidak memiliki bobot tertinggi dalam kriteria manapun; lokasi C memiliki bobot tertinggi dari segi kriteria keamanan dengan bobot 0.523; dan lokasi D memiliki bobot tertinggi dari segi kriteria kesehatan dengan bobot 0.450 dan keindahan dengan bobot 0.503. Dari pemaparan di atas, terpilih lokasi A sebagai lokasi terpilih karena setelah dilakukan perangkingan dengan masing-masing faktor bobot dan faktor evaluasi, lokasi A memiliki bobot prioritas tertinggi secara global yaitu sebesar 0.330 diikuti dengan lokasi C, D, dan B dengan masing-masing bobotnya secara berurutan adalah 0.256, 0.214, dan 0.202. Maka lokasi A adalah lokasi yang terpilih sebagai lokasi optimal untuk membuat lokasi perumahan di perkotaan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Susilo, F. SJ. 2006. *Himpunan & Logika Kabur Serta Aplikasinya Edisi 2*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [2] Badan Standar Nasional. 2004. *Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan*. Badan Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- [3] Zimmerman, H, J. 1991. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Kluwer Publishing. Co. Amsterdam.
- [4] Zadeh, L.A. 1965. *Fuzzy Sets, Information And Control*, 8: 338-353.
- [5] Dubois, Didier and Prade, Henri. 1980. *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*. Academic Press. New York.
- [6] Chang, Da-Yong. 1996. *Applications of The Extent Analysis Method on Fuzzy AHP*. *European Jurnal Of Operation Research*. 95 (1996) 649-655. Beijing Materials College, Beijing, China.
- [7] Klir, J., George and Bo Yuan. 1995. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications*. Prentice-Hall International (UK) Limited. London.
- [8] Kahraman, Cengiz. 2008. *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making*. Istanbul Tecnichal University. Turkey.