

## EVALUASI PELELANGAN PROYEK KONSTRUKSI DENGAN APLIKASI METODE FUZZY SET

I Made Asna, I Gede Angga Diputera

*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pendidikan Nasional Denpasar  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar  
Email: asna.teknokrat@gmail.com*

**ABSTRAK:** Evaluasi pelelangan proyek konstruksi dengan aplikasi metode *fuzzy set* adalah suatu metode evaluasi pemilihan penyedia jasa untuk melaksanakan proyek konstruksi dengan menerapkan metode *fuzzy set* dalam proses evaluasi potensi kinerja penyedia jasa. Sehingga mendapatkan penyedia jasa yang mempunyai kinerja sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh tingkat pentingnya preferensi kriteria dari penilaian panitia pelelangan terhadap preferensi kriteria harga penawaran menurut mereka lebih penting dari preferensi kriteria kemampuan teknis, sedangkan kontribusi potensi harga penawaran terhadap seluruh kriteria penilaian sebesar 0,3723 dan kontribusi potensi kinerja teknis terhadap seluruh kriteria penilaian sebesar 0,1277. Urutan ranking masing-masing penyedia jasa pada pelelangan tersebut sebagai berikut: penyedia jasa alternatif A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, dengan skor akhir masing-masing penyedia jasa berturut-turut: 0,5771., 0,5696., 0,5329., 0,5202., 0,5055., 0,4974., 0,4898., 0,4835., 0,4826., 0,4745.

**Kata kunci:** evaluasi, *fuzzy set*, penyedia jasa.

**ABSTRACT:** *The application of the fuzzy set to the evaluation of the construction project auction refers to the evaluation method adopted to choose the service provider which will performance a construction project. The fuzzy set method is applied to evaluating its potentials. In this way, the service provider which can fulfill the criterion determined can be determined. Based on the results of analysis, the preferences of criterion evaluated by the auction committee and the price offered were more important than the preference of technical ability. The contribution of the price potential offered to the entire criterion was 0.3723 and the contribution of technical performance potential to all the criterion was 0.1277. The ranks of the service providers were as follows: the alternative service provider A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, with their respective final rank 0.5771, 0.5696, 0.5329, 0.5202, 0.5055, 0.4974, 0.4898, 0.4835, 0.4826, 0.4745.*

**Keywords:** *evaluation, fuzzy set, service provider.*

### PENDAHULUAN

Proses pemilihan penyedia jasa pada suatu pelelangan pekerjaan merupakan proses yang sangat kompleks karena melibatkan banyak penyedia jasa dan banyak kriteria yang digunakan untuk menilai atau mengukur kemampuan penyedia jasa, yang dinilai oleh banyak panitia pelelangan sebagai pembuat keputusan (Singh dan Tiong, 2005).

*Fuzzy set* adalah dasar dari pengembangan logika *fuzzy (fuzzy logic)* yang merupakan salah satu dari metode kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam teknologi *soft computing* sangat banyak digunakan dan dikembangkan dalam dunia industri pada saat ini, karena mempunyai keunggulan dalam penyelesaian masalah yang mengandung ketidakpastian, ketidaktepatan dan kebenaran parsial.

Alasan substansial metode ini dipakai sebagai pendekatan pada evaluasi pelelangan pekerjaan konstruksi yaitu: pendekatan ini mengakomodasi secara baik penggunaan skala bahasa oleh panitia pelelangan dalam evaluasi penilaian potensi kinerja penyedia jasa, panitia pelelangan tidak diharuskan untuk memberi nilai numerik dalam menilai potensi kinerja penyedia jasa, pendekatan ini mampu menjadi solusi atas persoalan multi pembuat keputusan dengan multikriteria dan multi penyedia jasa pada evaluasi pelelangan proyek konstruksi (Kaming, 2007).

Preferensi kriteria utama yang digunakan pada penelitian ini adalah kemampuan teknis dan harga penawaran penyedia jasa, dengan subkriteria kemampuan teknis yaitu: metode pelaksanaan, jadwal waktu pelaksanaan, spesifikasi material, peralatan, personil inti dan bagian pekerjaan yang disubkontrakan.

Penelitian ini diimplementasikan ke dalam pengembangan *soft computing* dengan *input* jumlah penyedia jasa dan panitia pelelangan tidak dibatasi, preferensi subkriteria penilaian teknis seperti tersebut di atas atau kurang dari 6 (enam) kriteria tersebut, disesuaikan dengan kebutuhan yang ditentukan oleh administrator sebagai operator master program. Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bobot individu preferensi kriteria dan potensi kinerja pada evaluasi pelelangan, nilai *shapely value*, skor akhir potensi kinerja dan ranking masing-masing penyedia jasa pada pelelangan.

## EVALUASI TEKNIS PENAWARAN

Evaluasi teknis dan harga dengan menggunakan sistem nilai (*merit point*) dilakukan setelah evaluasi administrasi dokumen penawaran. Evaluasi teknis dan harga dapat dijelaskan sebagai berikut (PERMEN PU nomor: 43 tahun 2007):

- Sistem nilai menggunakan pendekatan metode kuantitatif yaitu dengan memberikan nilai angka terhadap unsur-unsur teknis dan harga yang dinilai sesuai dengan kriteria yang ditetapkan dalam dokumen pengadaan.
- Evaluasi teknis dan harga dilakukan terhadap penawaran-penawaran yang dinyatakan memenuhi persyaratan administrasi, dengan memberikan penilaian (skor) terhadap unsur-unsur teknis dan harga penawaran.

### Logika Fuzzy Set

Logika *fuzzy set* adalah bagian dari ilmu kecerdasan buatan yang saat ini dikembangkan dan diaplikasikan terhadap aspek kehidupan nyata yang berada di luar model matematis atau bersifat *inexact*. Ketidakpastian inilah yang menjadi titik tolak pengembangan *Fuzzy set theory*.

### Himpunan fuzzy

Sebuah *fuzzy set* A didefinisikan sebagai sebuah himpunan berpasangan  $[t, \mu_A(t)]$ , dimana  $t$  adalah sebuah objek atau elemen dalam sebuah himpunan besar, dan  $\mu_A(t)$  adalah derajat keanggotaan elemen  $t$ . Dalam situasi  $t$  adalah sebuah variabel kontinyu, derajat keanggotaan dapat digambarkan oleh sebuah fungsi sebagai fungsi keanggotaan (*membership function*). Fungsi keanggotaan memiliki berbagai bentuk, salah satu bentuk yang paling banyak dipakai adalah *fuzzy numbers*. interval antara 0 (nol) sampai 1(satu). Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu: pernyataan linguistik dan numerik (Zadeh, 1965).

### Operasi dasar fuzzy set

*Fuzzy set operation* adalah operasi yang dilakukan pada *fuzzy set*. Operasi-operasi ini merupakan generalisasi dari operasi *crisp set*. (Chen, 2001):

Operasi penjumlahan:

$$\begin{aligned} A+B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) + (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3, a_4+b_4) \end{aligned}$$

Operasi pengurangan:

$$\begin{aligned} A-B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) - (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1-b_4, a_2-b_3, a_3-b_2, a_4-b_1) \end{aligned}$$

Operasi perkalian:

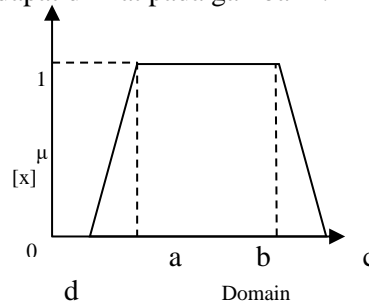
$$\begin{aligned} AxB &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \times (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1xb_4, a_2xb_3, a_3xb_2, a_4xb_1) \end{aligned}$$

Operasi pembagian:

$$\begin{aligned} A \div B &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \div (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1/b_4, a_2/b_3, a_3/b_2, a_4/b_1) \end{aligned}$$

### Fungsi keanggotaan fuzzy set

Fungsi keanggotaan (*fuzzy number*) adalah suatu pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 (nol) sampai 1(satu). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Fungsi keanggotaan dengan pendekatan representasi kurva trapesium yang memiliki nilai keanggotaan 0 (nol) sampai 1(satu) dapat dilihat pada gambar 1:



Gambar 1. Kurva Trapesium  
(Sumber: Kusumadewi, 2004)

Pendekatan fungsi keanggotaan representasi kurva trapesium dari gambar 1 dapat dijelaskan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x - a}{b - a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d - x)}{(d - c)}; & c \leq x \leq d \end{cases}$$

Sebuah fungsi keanggotaan dengan pendekatan trapesium (*trapezoidal fuzzy number*) dapat digambarkan oleh sebuah himpunan (a, b, c, d), dimana a adalah batas bawah, d adalah batas atas, b dan c adalah nilai modal bawah dan atas dan t adalah domain pada sebuah elemen antara a dan d. Derajat keanggotaan  $\mu[x]$  digambarkan dari angka nol (0) sampai dengan satu (1).

*Skala Preferensi*

Skala preferensi merupakan variabel linguistik dengan koresponden *fuzzy number*-nya yang digunakan oleh pembuat keputusan untuk menilai secara kualitatif preferensi kriteria dan potensi kinerja penyedia jasa berdasarkan kriteria keputusan yang sudah ditetapkan (Singh dan Tiong, 2005). Hubungan variabel linguistik dengan *fuzzy number* dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Skala Preferensi

No	Variabel linguistik	Fuzzy number			
1	Sangat Baik (SB)/Sangat Penting (SP)	0,8	0,9	1	1
2	Baik (B)/Penting (P)	0,6	0,7	0,8	0,9
3	Diatas Rata-Rata (DR)	0,5	0,6	0,7	0,8
4	Rata-Rata (RR)	0,4	0,5	0,5	0,6
5	Dibawah Rata-Rata (BR)	0,2	0,3	0,4	0,5
6	Buruk (BK)/Kurang Penting (KP)	0,1	0,2	0,3	0,4
7	Sangat Buruk (SB)/Sangat Kurang Penting (SKP)	0	0	0,1	0,2

(Sumber: Singh dan Tiong, 2005)

*Pengumpulan Data*

Data diperoleh dari kuisioner dengan responden panitia pelelangan yang nilai: preferensi kriteria dan potensi kinerja penyedia, penilaian bobot kombinasi kriteria utama.

*Input*

Data yang dimasuk dan dianalisis pada penilaian teknis dan harga penawaran penyedia jasa dalam pelelangan adalah:

- a. Bobot preferensi kriteria.
- b. Bobot potensi kinerja penyedia jasa.
- c. Bobot kombinasi.

Bobot kombinasi kriteria sangat bergantung pada hasil perhitungan penilaian preferensi kriteria, yakni perolehan bobot individual masing-masing kriteria [w(k)] dengan persamaan (1), (Singh, 2005):

$$w(K1, K2) \geq w(K1) + w(K2) \dots\dots (1)$$

Dimana:

w (K1, K2): Bobot kombinasi kriteria K1, K2.

w (K1): Bobot individual kriteria K1.

w (K2): Bobot individual kriteria K2.

*Proses*

Proses pengambilan keputusan yang menggunakan *fuzzy set theory* sebagai pendekatan tidak hanya persoalan menganalisis data tetapi proses itu dimulai dari penentuan *fuzzy number*, penentuan skala preferensi dan penentuan preferensi kriteria yang dipakai.

*Menentukan tipe fuzzy number dan fungsi keanggotaannya*

Dalam penelitian ini, tipe *fuzzy number* yang digunakan adalah trapesium *fuzzy number* (*trapezoidal fuzzy numbers*). Ada pun fungsi keanggotaan sebuah elemen *trapesium fuzzy number* menggambarkan derajat atau tingkat keanggotaan elemen tersebut terhadap sebuah himpunan. Misalkan  $a_i$  sebuah *fuzzy number* dimana  $a_i \in R$  (himpunan bilangan riil) dan dipertimbangkan sebagai:

$a_i = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ , untuk  $i = 1, 2, 3, \dots, m$

Dimana:

$x_1 < x_2 < x_3 < x_4$ : skala preferensi

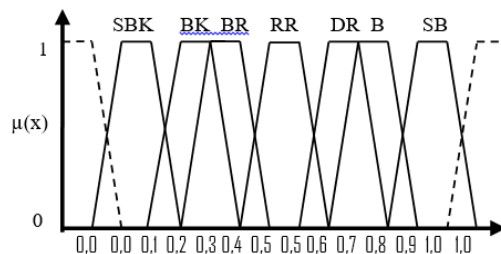
$m$ : Jumlah *fuzzy number*.

Fungsi keanggotaan alternatif  $a_i$  dapat digambarkan sebagai berikut (Singh dan Tiong, 2005):

$$\mu(X) = \begin{cases} 0, & X < X_1 \\ \frac{(X - X_1)}{(X_2 - X_1)}, & X_1 < X < X_2 \\ 1, & X_2 < X < X_3 \\ \frac{(X_4 - X)}{(X_4 - X_3)}, & X_3 < X < X_4 \\ 0, & X > X_4 \end{cases}$$

**Menentukan Skala Preferensi**

Skala preferensi merupakan variabel linguistik dengan koresponden *fuzzy number*-nya, yang digunakan oleh pembuat keputusan untuk menilai secara kualitatif potensi kinerja para penyedia jasa berdasarkan kriteria keputusan yang sudah ditetapkan (Singh, 2005), seperti terlihat pada gambar 2:



Gambar 2. Skala Preferensi

**Menentukan Kriteria Keputusan**

Kriteria keputusan adalah proses penilaian preferensi dan potensi kinerja penyedia jasa menurut standar tertentu yang dipakai untuk menilai potensi kinerja atau kualitas sejumlah alternatif tertentu. Dalam proses pelelangan preferensi kriteria digunakan panitia pelelangan untuk menjaring penyedia jasa yang berkompeten sekaligus mengeliminasi yang tidak berkompeten.

**Analisis Data**

Dalam proses analisis data dalam pengembangan *fuzzy set* pada evaluasi pelelangan dapat dijelaskan sebagai berikut (Singh dan Tiong, 2005):

- a. Bobot individual suatu kriteria merupakan nilai numerik tunggal yang merepresentasikan tingkat pentingnya suatu kriteria bagi pembuat keputusan. Jika  $a^{kj}$  sebagai *fuzzy number* yang diberikan untuk sebuah alternatif penyedia jasa  $A_i$  oleh  $DM_j$  (pembuat keputusan  $j$ ) untuk kriteria keputusan, maka rata-rata *fuzzy number* dari semua pembuat keputusan dapat diekspresikan sebagai berikut (Singh, 2005):

$$A_{ij} = (1/p) \times (a^{k1j} + a^{k2j} + \dots + a^{kipj}) \dots \dots (2)$$

$j = 1, 2, \dots, p$

Dimana:

$p$ : Jumlah panitia pelelangan.

Setelah mengkonversi skala linguistik ke dalam *fuzzy number*-nya, selanjutnya *fuzzy number* hasil konversi tersebut di rata-rata dengan menggunakan persamaan (2). Nilai *fuzzy* rata-rata ini kemudian difusifikasi menggunakan persamaan (3) sehingga mendapatkan nilai *crisp*. Jika  $A$  sebuah *trapesium fuzzy number* dan ditandai dengan  $x_1, x_2, x_3, x_4$  maka nilai defusifikasi  $e$  dapat diberikan oleh persamaan berikut ini (Singh dan Tiong, 2005):

$$e = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) / 4 \dots \dots (3)$$

Dimana:

$e$ : Difusifikasi (nilai *crisp*) dari *trapesium fuzzy number* ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ).

- b. Perhitungan bobot kombinasi bertujuan untuk mendapatkan sebuah nilai tunggal yang merepresentasikan secara tepat derajat pentingnya sebuah kombinasi kriteria dalam proses pengambilan keputusan (Singh, 2005).

$$\text{Bobot Komb.} = \frac{\text{Tot. bobot individu}}{\text{Jum. responden}} \dots (4)$$

- c. Perhitungan bobot potensi kinerja bertujuan untuk mendapatkan sebuah angka numerik tunggal yang merepresentasikan secara tepat kualifikasi penyedia jasa pada kriteria tertentu.
- d. Perhitungan *shapely value* atau *global importance* merefleksikan struktur interaksi antar multi kriteria yang merepresentasikan kontribusi suatu kriteria terhadap kriteria lainnya. (Singh dan Tiong, 2007).

Sebuah himpunan kriteria keputusan  $K = \{k_1, k_2, k_3, \dots, k_n\}$  dan  $\mu$  sebuah ukuran *fuzzy* pada  $K = \{k_1, k_2, k_3, \dots, k_n\}$  akan dipertimbangkan menjadi (Shapely, 1953):

$$\mu(K) = \sum \mu_i (k_i) \text{ untuk } i=1,2,3, \dots, n.$$

Dimana:

$\mu(k_i)$ : Bobot atau *importance value* dari kriteria  $k_i$ .

*Index importance* atau nilai *shapely value* (SV) dari kriteria  $k_i$  berkaitan dengan  $\mu$  ditetapkan sebagai:

$$SV[(k_i)] = \sum \frac{(N - A)! (A - 1)!}{N!} [\mu(A) - \mu(A - k_i)] \dots (5)$$

Dimana:

N: Jumlah kriteria keputusan.

A: Jumlah kombinasi kriteria yang mengandung kriteria  $k_i$ .

- e. Perhitungan skor

Skor akhir penyedia jasa diperoleh dengan persamaan berikut (Singh dan Tiong, 2005):

$$\text{Skor akhir} = \sum x_k \cdot \mu(k_i) \dots (6)$$

Dimana:

$\mu(k_i)$ : *Shapely value* kriteria  $k_i$ .

$x_k$ : Bobot potensi kinerja penyedia jasa pada kriteria  $k_i$ .

Sedangkan bobot harga penyedia jasa dengan persamaan berikut:

$$\text{Bobot Harga} = \frac{\text{Pagu Anggaran}}{\text{Harga Penawaran}} \quad (7)$$

### Output

*Output* dari aplikasi metode *fuzzy set* pada evaluasi pelelangan proyek konstruksi adalah skor akhir, potensi kinerja dan ranking para penyedia jasa.

### METODE PENELITIAN

Variabel-variabel pada penelitian ini yaitu: harga penawaran (K1), kemampuan teknis (K2) dengan sub kriteria: metoda pelaksanaan (k21), jadwal waktu pelaksanaan (k22), spesifikasi material (k23), peralatan (k24), personil inti (k25), pagian pekerjaan yang disubkontrakkan (k26).

Metode pengumpulan dengan kuisioner dan wawancara kepada panitia pelelangan. Data primer penelitian: penilaian masing-masing panitia. Data sekunder bersumber dari studi literatur dan *browsing* media internet.

Skala variabel potensi kinerja tampak pada tabel 2:

Tabel 2. Skala Variabel Potensi Kinerja

No	Skala Variabel Kinerja	Skala Angka Kinerja
1	Sangat Kurang Baik/Sangat Kurang Penting	0,000 – 0,199
2	Buruk/Kurang Penting	0,200 – 0,399
3	Di Bawah Rata-Rata	0,400 – 0,499
4	Rata-Rata	0,500
5	Di Atas Rata-Rata	0,501 – 0,599
6	Baik/Penting	0,600 – 0,799
7	Sangat Baik/Sangat Penting	0,800 – 1,000

(Sumber: Pemodelan penelitian)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Rekapitulasi penilaian preferensi subkriteria kemampuan teknis (K2) dalam bentuk pernyataan linguistik dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Penilaian Preferensi Subkriteria Kemampuan Teknis

No	Preferensi Subkriteria	Panitia Lelang								
		DM1	DM2	DM3	DM4	DM5	DM6	DM7	DM8	DM9
1	Metoda Pelaksanaan (k21)	P	P	P	P	DR	DR	P	DR	DR
2	Jadual Waktu Pelaksanaan (k22)	P	DR	P	P	DR	RR	P	P	DR
3	Spesifikasi Material (k23)	DR	P	SP	P	P	P	SP	P	SP
4	Peralatan (k24)	DR	P	SP	P	P	DR	P	DR	P
5	Personil Inti (k25)	P	P	P	P	DR	DR	DR	P	P
6	Pek. yang Disubkontrakkan (k26)	KP	DR	DR	P	DR	P	RR	DR	P

(Sumber: Data primer)

Rekapitulasi penilaian dari panitia terhadap metode pelaksanaan dari penyedia jasa pada tabel 4:

Tabel 4. Penilaian Metode Pelaksanaan (k21)

No	Penyedia Jasa	Panitia Lelang								
		DM1	DM2	DM3	DM4	DM5	DM6	DM7	DM8	DM9
1	PT. MK	DR	B	B	DR	SB	DR	B	B	B
2	PT. KJR	DR	DR	DR	B	RR	RR	B	RR	DR
3	PT. CHU	B	DR	B	B	BR	B	DR	B	B
4	PT. JIS	DR	B	DR	DR	B	DR	BR	B	DR
5	PT. KSUS	DR	B	B	BR	DR	B	DR	DR	DR
6	PT. PPA	DR	DR	DR	B	DR	DR	BR	B	DR
7	PT. JSU	RR	RR	B	BR	DR	RR	RR	RR	DR
8	PT. AWJ	DR	DR	RR	DR	BR	B	BR	RR	RR
9	PT. ASJ	DR	B	BR	RR	RR	DR	DR	RR	DR
10	PT. SKA	DR	B	DR	B	RR	DR	B	RR	RR

(Sumber: Data primer)

Rekapitulasi Penilaian panitia terhadap k22, k23, k24, k25, k26 tidak ditampilkan disini. Pada proses analisis data merupakan proses pengolahan informasi yang terkumpul dari responden terdiri dari:

1. Perhitungan bobot individu preferensi kriteria

Dari tabel 3 rekapitulasi penilaian responden terhadap preferensi subkriteria kemudian dikonversikan ke dalam fuzzy number-nya dapat dilihat pada tabel 5:

Tabel 5. Matrik Nilai Konversi Penilaian Kuantitatif Preferensi Subkriteria

	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5	DM6	DM7	DM8	DM9
k21	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
k22	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
k23	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.8 0.9 1 1)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.8 0.9 1 1)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.8 0.9 1 1)
k24	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.8 0.9 1 1)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)
k25	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)
k26	(0.1 0.2 0.3 0.4)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)

(Sumber: Hasil analisis)

Dari tabel 5 matrik nilai konversi penilaian kuantitatif preferensi subkriteria di atas selanjutnya dapat dihitung nilai fuzzy rata-rata, defusifikasi persamaan (2) dan (3), bobot individu preferensi kriteria. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai Fuzzy Rata-Rata, Defusifikasi dan Bobot Individu Preferensi Subkriteria.

No	Kriteria	Nilai Fuzzy Rata-Rata (ki) Preferensi Subkriteria Teknis				Defusifikasi (e)	Bobot Individu
		x1	x2	x3	x4		
		1	W(k21)	0.5556	0.6556		
2	W(k22)	0.5444	0.6444	0.7333	0.8333	0.6889	0.1615
3	W(k23)	0.6556	0.7556	0.8556	0.9222	0.7972	0.1868
4	W(k24)	0.5889	0.6889	0.7889	0.8778	0.7361	0.1725
5	W(k25)	0.5667	0.6667	0.7667	0.8667	0.7167	0.1680
6	W(k26)	0.4778	0.5778	0.6667	0.7667	0.6222	0.1458
$\sum k(e)$						4.2667	

(Sumber: Hasil analisis)

2. Perhitungan bobot kombinasi preferensi kriteria

Dari hasil perhitungan bobot individu preferensi subkriteria pada table 6, masing-masing bobot individu preferensi subkriteria dikombinasikan, dengan persamaan (4) maka diperoleh rata-rata kombinasi preferensi subkriteria seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Nilai Kombinasi Preferensi Subkriteria

No	Kombinasi	Nilai Individu Subkriteria						Rata-Rata
		W (k21)	W (k22)	W (k23)	W (k24)	W (k25)	W (k26)	
1	W(k21,k22)	0.1654	0.1615	-	-	-	-	0.1634
2	W(k21,k23)	0.1654	-	0.1868	-	-	-	0.1761
3	W(k21,k24)	0.1654	-	-	0.1725	-	-	0.1689
4	W(k21,k25)	0.1654	-	-	-	0.1680	-	0.1667
5	W(k21,k26)	0.1654	-	-	-	-	0.1458	0.1556
6	W(k22,k23)	-	0.1615	0.1868	-	-	-	0.1742
7	W(k22,k24)	-	0.1615	-	0.1725	-	-	0.1670
8	W(k22,k25)	-	0.1615	-	-	0.1680	-	0.1647
9	W(k22,k26)	-	0.1615	-	-	-	0.1458	0.1536
10	W(k23,k24)	-	-	0.1868	0.1725	-	-	0.1797
11	W(k23,k25)	-	-	0.1868	-	0.1680	-	0.1774
12	W(k23,k26)	-	-	0.1868	-	-	0.1458	0.1663
13	W(k24,k25)	-	-	-	0.1725	0.1680	-	0.1702
14	W(k24,k26)	-	-	-	0.1725	-	0.1458	0.1592
15	W(k25,k26)	-	-	-	-	0.1680	0.1458	0.1569
16	W(k21,k22,k23)	0.1654	0.1615	0.1868	-	-	-	0.1712
17	W(k21,k22,k26)	0.1654	0.1615	-	-	-	0.1458	0.1576
18	W(k21,k25,k26)	0.1654	-	-	-	0.1680	0.1458	0.1597
19	W(k22,k23,k24)	-	0.1615	0.1868	0.1725	-	-	0.1736
20	W(k23,k24,k25)	-	-	0.1868	0.1725	0.1680	-	0.1758
21	W(k24,k25,k26)	-	-	-	0.1725	0.1680	0.1458	0.1621
22	W(k21,k22,k23,k24)	0.1654	0.1615	0.1868	0.1725	-	-	0.1715
23	W(k21,k22,k23,k26)	0.1654	0.1615	0.1868	-	-	0.1458	0.1649
24	W(k21,k22,k25,k26)	0.1654	0.1615	-	-	0.1680	0.1458	0.1602
25	W(k21,k24,k25,k26)	0.1654	-	-	0.1725	0.1680	0.1458	0.1629
26	W(k22,k23,k24,k25)	-	0.1615	0.1868	0.1725	0.1680	-	0.1722
27	W(k23,k24,k25,k26)	-	-	0.1868	0.1725	0.1680	0.1458	0.1683
28	W(k21,k22,k23,k24,k25)	0.1654	0.1615	0.1868	0.1725	0.1680	-	0.1708
29	W(k21,k22,k23,k24,k26)	0.1654	0.1615	0.1868	0.1725	-	0.1458	0.1664
30	W(k21,k22,k23,k25,k26)	0.1654	0.1615	0.1868	-	0.1680	0.1458	0.1655
31	W(k21,k22,k24,k25,k26)	0.1654	0.1615	-	0.1725	0.1680	0.1458	0.1626
32	W(k21,k23,k24,k25,k26)	0.1654	-	0.1868	0.1725	0.1680	0.1458	0.1677
33	W(k22,k23,k24,k25,k26)	-	0.1615	0.1868	0.1725	0.1680	0.1458	0.1669
34	W(k21,k22,k23,k24,k25,k26)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

(Sumber: Hasil analisis)

3. Perhitungan shapely value preferensi kriteria dengan persamaan (5), hasil perhitungan shapely value  $\sum \mu[(k21)]$  dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. *Shapely Value* Preferensi Kriteria Metoda Pelaksanaan (k21)

No	Kombinasi $\mu(k21)$	Rata-Rata $\mu(A)$	$\mu(k21)$	$\mu(A-k21)$	Jum. Krit. (N)	Jum. Kom. (A)	$\frac{(N-A)}{N}$	$\frac{(A-N)}{N}$	(N)!	<i>Shapely Value</i> $\mu[(k21)]$
1	W(k21,k22)	0.1634	0.1654	-0.0020	6	2	24	1	720	0.0055
2	W(k21,k23)	0.1761	0.1654	0.0107	6	2	24	1	720	0.0055
3	W(k21,k24)	0.1689	0.1654	0.0036	6	2	24	1	720	0.0055
4	W(k21,k25)	0.1667	0.1654	0.0013	6	2	24	1	720	0.0055
5	W(k21,k26)	0.1556	0.1654	-0.0098	6	2	24	1	720	0.0055
6	W(k21,k22,k23)	0.1712	0.1654	0.0059	6	3	6	2	720	0.0028
7	W(k21,k22,k26)	0.1576	0.1654	-0.0078	6	3	6	2	720	0.0028
8	W(k21,k25,k26)	0.1597	0.1654	-0.0056	6	3	6	2	720	0.0028
9	W(k21,k22,k23,k24)	0.1715	0.1654	0.0062	6	4	2	6	720	0.0028
10	W(k21,k22,k23,k26)	0.1649	0.1654	-0.0005	6	4	2	6	720	0.0028
11	W(k21,k22,k25,k26)	0.1602	0.1654	-0.0052	6	4	2	6	720	0.0028
12	W(k21,k24,k25,k26)	0.1629	0.1654	-0.0024	6	4	2	6	720	0.0028
13	W(k21,k22,k23,k24,k25)	0.1708	0.1654	0.0055	6	5	1	24	720	0.0055
14	W(k21,k22,k23,k24,k26)	0.1664	0.1654	0.0010	6	5	1	24	720	0.0055
15	W(k21,k22,k23,k25,k26)	0.1655	0.1654	0.0001	6	5	1	24	720	0.0055
16	W(k21,k22,k24,k25,k26)	0.1626	0.1654	-0.0027	6	5	1	24	720	0.0055
17	W(k21,k23,k24,k25,k26)	0.1677	0.1654	0.0023	6	5	1	24	720	0.0055
18	W(k21,k22,k23,k24,k25,k26)	1.0000	0.1654	0.8346	6	6	1	120	720	0.0276
Total <i>Shapely Value</i> Metode Pelaksanaan $\sum\mu[(k21)]$										0.1020

(Sumber: Hasil analisis)

Dengan cara yang sama seperti pada tabel 8, total *shapely value* preferensi kriteria yang lain didapat:  $\sum\mu[(k22)]= 0.0996$ ,  $\sum\mu[(k23)]= 0.1152$ ,  $\sum\mu[(k24)]= 0.1064$ ,  $\sum\mu[(k25)]= 0.1036$ ,  $\sum\mu[(k26)]= 0.0899$ .

a. *Perhitungan Potensi Kinerja Penyedia Jasa*

Dari rekapitulasi penilaian panitia terhadap potensi kinerja penyedia jasa pada metode pelaksanaan (k21) pada tabel 4 kemudian dikonversikan ke dalam *fuzzy number*-nya terlihat pada tabel 9.

Tabel 9. Matrik Nilai Konversi Penilaian Potensi Kinerja pada Metode Pelaksanaan (k21)

	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5	DM6	DM7	DM8	DM9
A1	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.8 0.9 1 1)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)
A2	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
A3	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)
A4	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
A5	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
A6	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
A7	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
A8	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.4 0.5 0.5 0.6)
A9	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.2 0.3 0.4 0.5)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.5 0.6 0.7 0.8)
A10	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.5 0.6 0.7 0.8)	(0.6 0.7 0.8 0.9)	(0.4 0.5 0.5 0.6)	(0.4 0.5 0.5 0.6)

(Sumber: Hasil analisis)

Dari tabel 10, selanjutnya dicari *fuzzy* rata-rata dan defusifikasi potensi kinerja penyedia jasa pada metode pelaksanaan (k21) dengan persamaan (2) dan (3). Hasilnya dapat dilihat pada tabel 10:

Tabel 10. Nilai *Fuzzy* Rata-Rata dan Defusifikasi Metode Pelaksanaan (k21)

No	Penyedia Jasa	Nilai Fuzzy Rata-Rata (Akij) pada (k21)				Defusifikasi (e)
		x1	x2	x3	x4	
1	A1	0.5889	0.6889	0.7889	0.8778	0.7361
2	A2	0.4889	0.5889	0.6556	0.7556	0.6222
3	A3	0.5333	0.6333	0.7333	0.8333	0.6833
4	A4	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.6500
5	A5	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.6500
6	A6	0.4889	0.5889	0.6889	0.7889	0.6389
7	A7	0.4222	0.5222	0.5667	0.6667	0.5444
8	A8	0.4111	0.5111	0.5778	0.6778	0.5444
9	A9	0.4444	0.5444	0.6111	0.7111	0.5778
10	A10	0.5000	0.6000	0.6667	0.7667	0.6333

(Sumber: Hasil analisis)



Dengan cara yang sama pada proses konversi dan defusifikasi pada tabel di atas, potensi kinerja penyedia jasa pada k22, k23, k24, k25, k26, hasilnya diperlihatkan tabel 12.

b. Perhitungan Skor Penyedia Jasa

Skor masing-masing penyedia jasa pada kemampuan teknis didapat dengan persamaan (6) seperti:

Tabel 11. Skor Teknis Penyedia Jasa

No	Penyedia Jasa	Subkriteria Teknis						Total Skor Kemampuan Teknis
		(k21)	(k22)	(k23)	(k24)	(k25)	(k26)	
1	A1	0.7361	0.7278	0.8083	0.8861	0.8083	0.7583	0.4869
2	A2	0.6222	0.7056	0.7500	0.7500	0.7389	0.7278	0.4419
3	A3	0.6833	0.6944	0.6833	0.7056	0.7167	0.7056	0.4303
4	A4	0.6500	0.6833	0.6944	0.7639	0.6611	0.6444	0.4220
5	A5	0.6500	0.7167	0.7389	0.6944	0.7167	0.6833	0.4323
6	A6	0.6389	0.7167	0.7056	0.7694	0.5333	0.6944	0.4174
7	A7	0.5444	0.6944	0.7056	0.5111	0.6778	0.6722	0.3910
8	A8	0.5444	0.6944	0.7167	0.6222	0.7556	0.6000	0.4057
9	A9	0.5778	0.6722	0.7389	0.6833	0.7056	0.6167	0.4122
10	A10	0.6333	0.5278	0.6722	0.6722	0.6722	0.6111	0.3907
Shapely Value $\mu(k_i)$		0.1020	0.0996	0.1152	0.1064	0.1036	0.0899	

(Sumber: Hasil analisis)

c. Skor Akhir

Dengan persamaan (7) bobot harga penawaran masing-masing penyedia jasa didapat seperti:

Tabel 12. Bobot Harga Penawaran

No	Penyedia Jasa	Pagu Anggaran (Rp)	Harga Penawaran (Rp)	Bobot (K1)
1	A1	1,377,000,000.00	995,584,000.00	1.3831
2	A2	1,377,000,000.00	998,998,000.00	1.3784
3	A3	1,377,000,000.00	1,072,624,000.00	1.2838
4	A4	1,377,000,000.00	1,099,496,000.00	1.2524
5	A5	1,377,000,000.00	1,138,624,000.00	1.2094
6	A6	1,377,000,000.00	1,154,500,000.00	1.1927
7	A7	1,377,000,000.00	1,165,500,000.00	1.1815
8	A8	1,377,000,000.00	1,187,539,000.00	1.1595
9	A9	1,377,000,000.00	1,192,508,000.00	1.1547
10	A10	1,377,000,000.00	1,207,506,000.00	1.1404

(Sumber: Hasil analisis)

Perhitungan rata-rata dan bobot potensi kinerja individu penyedia jasa didapat dengan persamaan (2) dan (3) seperti pada tabel 13 berikut:

Tabel 13. Bobot Individu Potensi Kinerja pada Kriteria Utama

No	Penyedia Jasa	Kriteria Utama	
		Harga (K1)	Teknis (K2)
1	A1	1.3831	0.4869
2	A2	1.3784	0.4419
3	A3	1.2838	0.4303
4	A4	1.2524	0.4220
5	A5	1.2094	0.4323
6	A6	1.1927	0.4174
7	A7	1.1815	0.3910
8	A8	1.1595	0.4057
9	A9	1.1547	0.4122
10	A10	1.1404	0.3907
Rata-Rata Kriteria Utama		1.2336	0.4230
$\sum(K_i)$		1.6566	
Bobot Individu Potensi Kinerja		0.7446	0.2554

(Sumber: Hasil analisis)

Dengan menggunakan persamaan (5), *shapely value* potensi kinerja kriteria utama harga penawaran (K1) sebesar 0,3723, sedangkan potensi kinerja kriteria utama kemampuan teknis (K2) sebesar 0,1277.

Dengan menggunakan persamaan (6) didapat skor akhir dan rangking serta potensi kinerja penyedia jasa terlihat pada tabel 14:

Tabel 14. Skor akhir dan Rangking Penyedia Jasa

No	Penyedia Jasa	Harga (K1)	Teknis (K2)	Skor Akhir	Skala Potensi Kinerja	Rangking
1	A1	1.3831	0.4869	0.5771	Di Atas Rata-rata	1
2	A2	1.3784	0.4419	0.5696	Di Atas Rata-rata	2
3	A3	1.2838	0.4303	0.5329	Di Atas Rata-rata	3
4	A4	1.2524	0.4220	0.5202	Di Atas Rata-rata	4
5	A5	1.2094	0.4323	0.5055	Di Atas Rata-rata	5
6	A6	1.1927	0.4174	0.4974	Di Bawah Rata-Rata	6
7	A7	1.1815	0.3910	0.4898	Di Bawah Rata-Rata	7
8	A8	1.1595	0.4057	0.4835	Di Bawah Rata-Rata	8
9	A9	1.1547	0.4122	0.4826	Di Bawah Rata-Rata	9
10	A10	1.1404	0.3907	0.4745	Di Bawah Rata-Rata	10
Shapely Value $\mu(K_i)$		0.3723	0.1277			

(Sumber: Hasil analisis)

## SIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan dapat penulis simpulkan, bahwa tingkat pentingnya preferensi kriteria utama menurut panitia pelelangan: harga penawaran lebih penting dari kemampuan teknis pada evaluasi pelelangan tersebut. Tingkat kontribusi masing-masing preferensi subkriteria terhadap kemampuan teknis yaitu: k21, k21, k23, k24, k25, k26, nilainya masing-masing berurutan sebesar: 0,1654., 0,1615., 0,1868., 0,1725., 0,1680., 0,1458. Besarnya kontribusi dari masing-masing preferensi kriteria utama terhadap keseluruhan kriteria (*shapely value*): harga penawaran sebesar 0,3723., kemampuan teknis sebesar 0,1277. Urutan rangking masing-masing penyedia jasa: A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, dengan skor akhir masing-masing penyedia jasa berturut-turut: 0,5771. 0,5696. 0,5329. 0,5202. 0,5055. 0,4974. 0,4898. 0,4835. 0,4826. 0,4745.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bojadziev, G. 2007. *Fuzzy Logic for Business, Finance and Management*. Canada: World Scientific Publishing.
- Chen, G. 2001. *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems*. Florida: CRC Press Corporate Blvd.
- Davvaz B and I Cristea, 2015 "Fuzzy Algebraic Hyperstructures: An introduction," *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol. 321.
- Erviyanto, I.W. 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Kaming, F. dkk. 2008. *Seleksi Kontraktor Konstruksi Dengan Fuzzy Set*, Naskah Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 2 (KONTEKS ke 2). Yogyakarta 6 - 7 Juni 2008.
- Keputusan Presiden RI nomor: 80. 2007. *Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah*. Jakarta: Deputi Sekretaris Kabinet Bidang Hukum dan Perundang-undangan RI.
- Klir, J. G. and Yuan Bo.1995. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic (Theory and Application)*, Prentice Hall Inc.
- Kusumadewi, S. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kuswadi, S. 2000. *Kendali Kecerdasan (Inelligent Control)*. Surabaya: Penerbit EEPIS Pess.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor: 43. 2007. *Pedoman Evaluasi Penawaran Pelelangan Nasional Pekerjaan Pelaksana Konstruksi*. Jakarta: Departemen PU.
- Shapely, L. 1953. Shapely Value [cited 2020 Februari 5]. Available from: URL:<http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam031/88002983.pdf> Singh dan Tiong. 2005. *A Fuzzy Decision Framework for Kontraktor Selection*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131: 62-70.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Yawei Li, dkk. 2007. *Fuzzy Approach to Prequalifying Construction Kontraktor*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133: 40-49.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy Logic. [cited 2021 Februari 5]. Available from: URL:<http://www.artificial-intelligence-indra-EHM/fuzzy-logic.html>.