

INTEGRATED FUZZY AHP AND WEIGHTED-FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH TO SOLVE SUPPLIER SELECTION PROBLEM WITH SUBJECTIVE FACTORS

Annas Singgih Setiyoko*, Udisubakti Ciptomulyono‡, dan I Ketut Gunarta‡

ABSTRAK

Proses seleksi pemasok menggunakan metode *fuzzy goal programming* (FGP) menunjukkan belum adanya preferensi pengambil keputusan terhadap setiap *goals*. Maka untuk mengakomodasi preferensi pengambil keputusan, dalam penelitian ini preferensi diekspresikan dengan memberikan bobot pada *fuzzy goals*, sehingga metode yang dikembangkan disebut *weighted fuzzy goal programming* (WFGP). Metode ini digunakan untuk memecahkan permasalahan seleksi pemasok internasional. Fungsi *objectives* yang dikembangkan adalah minimasi persentase cacat, minimasi *late delivery*, minimasi harga pembelian, dan maksimasi *business relationship*. Fungsi tujuan maksimasi *business relationship* ditujukan agar pemasok mendapatkan perolehan alokasi yang sebanding dengan nilai *business relationship*-nya. Fungsi kendala yang dipertimbangkan diantaranya adalah *total demand*, kapasitas pasokan maksimal pemasok, harga pembelian berdasarkan *owner estimate*, dan jumlah order minimal yang disyaratkan pemasok. Penilaian kriteria-kriteria yang terdapat dalam faktor *business relationship* menggunakan variabel linguistik sehingga penilaiannya bersifat kualitatif. *Fuzzy analytic hierarchy process* (FAHP) digunakan untuk mengkuantifikasi sifat kualitatif sehingga diperoleh konstanta numerik pada fungsi *objective business relationship*. Pendekatan dengan metode WFGP menghasilkan solusi yang lebih mewakili preferensi pengambil keputusan pada *goals* yang dipentingkan bila dibandingkan dengan metode FGP. Hal ini ditunjukkan dengan keselarasan antara nilai *goals* terbobot dengan capaian pada *goals* terbobot.

Kata kunci: *fuzzy goal programming*, *weighted*, *fuzzy analytic hierarchy process*, seleksi pemasok.

ABSTRACT

Fuzzy goal programming (FGP) method used in supplier selection process shows that decision maker preferences on each fuzzy goal are not yet considered. In order to accommodate those preferences, that are stated as weight on each fuzzy goal, and called weighted fuzzy goal programming (WFGP) method. Then, the developed method is utilized to solve international supplier selection problem. There would be 4 objective functions developed i.e. to minimize net cost, to minimize late delivery, to minimize net rejected material, as well as to maximize business relationship. Maximization of business relationship objective function is intended to obtain right suppliers related to it score. Those objective functions are optimized subject to total demand, maximum supplier capacity, total purchasing cost based on owner estimate, and minimum order requested by suppliers. Linguistic variables are used to measure criterions in business relationship factor. To do so, fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) transforms that qualitative manner in linguistic variables to numerical number as a constant in business relationship objective function. Those proposed method provides enhanced solution that represent decision maker preferences than FGP. That is exhibited with equal relationship between weighted goals value and the output of those weighted goals.

Keywords: fuzzy goal programming, weighted, fuzzy analytic hierarchy process, supplier selection.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan seleksi pemasok berkaitan dengan pemilihan pemasok yang benar dan pengalokasian kuotanya. Memilih pemasok yang benar merupakan keputusan krusial yang memiliki implikasi luas pada suatu rantai pasok. Penelitian yang berkaitan dengan pemilihan pemasok diantaranya dilakukan oleh Kumar dkk. (2004) menggunakan pendekatan *fuzzy goal programming*. Ketidakpastian dalam menentukan target dinyatakan pada *fuzzy goal*, dengan fungsi kendala deterministik. Çebi dan Bayraktar (2003) menggunakan pendekatan AHP dan *lexicographic goal programming* (LGP). Min (1993) menggunakan pendekatan *multi-attribute utility technique* (MAUT).

Barla (2003) menggunakan model matematika berbasis model seleksi multi atribut (*multi-attribute selection model*, MSM). Youssef dkk. (1996) menggunakan model *multi-attribute, cost-based*, dan deterministik.

Pendekatan model *fuzzy goal programming* (FGP) sebagai alat bantu pengambilan keputusan pada dasarnya disusun berdasarkan model *multi objectives linear programming* (MOLP). Perbedaan antara *linear programming* (LP) dengan *goal programming* (GP) adalah pada *goal programming* dicirikan dengan adanya nilai target (aspirasi capaian) disebelah kanan persamaan fungsi *objectives* (Ignizio 1976; Zeleny 1981). Untuk menjadi model *goal programming*, nilai target pada

* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya ITS, E-mail: asinggihs@yahoo.com

‡ Jurusan Teknik Industri, FTI ITS, Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya (60111)

setiap fungsi *objectives* diperoleh dengan cara menyelesaikan setiap *objectives* sebagai *single objective* sedangkan *objectives* lainnya diabaikan. Deviasi level aspirasi diberikan secara subyektif untuk masing-masing *goal*. Setelah itu disusun formulasi *crisp* berdasarkan fungsi keanggotaan setiap *objective* dan diselesaikan dengan *single objective linear programming* untuk mendapatkan nilai variabel keputusan. Terlihat bahwa *fuzzy goal programming* tidak menunjukkan adanya preferensi pengambil keputusan yang menunjukkan tingkat kepentingan pengambil keputusan terhadap fungsi *objectives* seperti halnya pada *preemptive goal programming*.

Penelitian ini mengembangkan suatu metode untuk memberikan preferensi pengambil keputusan pada *fuzzy goals*. Model yang dikembangkan diaplikasikan pada permasalahan seleksi pemasok dengan mengadaptasi model matematika yang dikembangkan oleh Kumar dkk. (2004). Dalam model ini ditambahkan faktor *business relationship* sebagai fungsi *objective* untuk menyeleksi pemasok. Faktor ini penting dimasukkan karena berisi kinerja pemasok yang dikaji oleh perusahaan secara administrasi dan teknis sebelum penentuan kuota. Dalam penelitian ini penilaian kinerja pemasok yang bersifat kualitatif akan dijadikan sebagai salah satu kriteria untuk menentukan kuota pemasok.

2. KONSEP MODEL

2.1 Model LP untuk Seleksi Pemasok

Memilih pemasok dan membagi perolehan alokasi kuota dengan mempertimbangkan faktor mutu, *late delivery*, harga, dan *business relationship* dimodelkan secara matematik sebagai berikut:

1. Mutu, meminimasi persentase cacat *r* yang diperoleh dari pemasok ke *i*.

$$\text{Minimalkan } Z_2 = \sum_{i=1}^n l_i(x_i) \quad \dots\dots(2)$$

3. Harga, minimasi harga pembelian dari sejumlah pemasok ke *i* dengan harga penawaran *c*.

$$\text{Minimalkan } Z_3 = \sum_{i=1}^n c_i(x_i) \quad \dots\dots(3)$$

4. *Business relationship*, dimaksudkan agar kuota yang diberikan kepada pemasok sesuai dengan kualitas *business relationship* yang dijalin selama ini. Faktor ini tersusun atas 4 kriteria yang digunakan untuk menilai pemasok seperti pada gambar 1. Kriteria-kriteria jaminan mutu (*quality assurance*), pengalaman, kondisi finansial, dan komunikasi distrukturkan dengan mengacu berbagai penelitian diantaranya oleh Min (1994), serta Çebi dan Bayraktar (2003) yang dikomunikasikan dengan berbagai pihak dibidang pengadaan. Bentuk fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Maksimasi } Z_4 = \sum_{i=1}^n e_i(x_i) \quad \dots\dots(4)$$

Fungsi kendala yang dipertimbangkan adalah:

1. *Total demand* material untuk periode produksi satu tahun.

$$\sum_{i=1}^n x_i = D \quad \dots\dots(5)$$

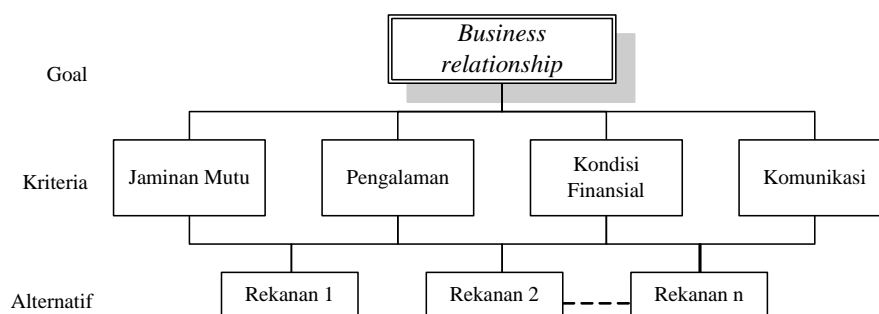
2. Jumlah material yang dipasok setiap rekanan tidak boleh melebihi kapasitas pasokan maksimum rekanan.

$$x_i \leq Q_{i \max} \quad \forall i \quad \dots\dots(6)$$

3. Harga pengadaan seluruh material berdasarkan *owner estimate*.

$$\sum c_i(x_i) \leq c_{oe} \cdot D \quad \dots\dots(7)$$

4. Jumlah minimum unit pembelian yang disyaratkan oleh rekanan.



Gambar 1. Struktur hirarkhi faktor *business relationship*.

$$\text{Minimalkan } Z_1 = \sum_{i=1}^n r_i(x_i) \quad \dots\dots(1)$$

2. *Delivery*, meminimasi % barang yang *late delivery l* dari pemasok ke *i*.

$$x_i \geq Q_{i \min} \quad \forall i \quad \dots\dots(8)$$

semua variabel ≥ 0

dimana
 x_i = variabel keputusan menunjukkan perolehan alokasi pemasok ke *i*,

- r_i = persentase cacat material dari pemasok ke i ,
- l_i = persentase material yang mengalami *late delivery* dari pemasok ke i ,
- c_{oe} = harga *owner estimate* per satuan jumlah material.
- e_i = skor *business relationship* pemasok ke i .
- D = *total demand*.
- $Q_{i\max}$ = kapasitas pasokan maksimum yang mampu disediakan oleh pemasok i .
- $Q_{i\min}$ = batas pembelian minimum yang disyaratkan oleh pemasok i .

2.2 Kuantifikasi Variabel Linguistik

Struktur dan pengukuran elemen hirarkhi faktor *business relationship* pada gambar 1 disebut pendekatan *analytic hierarchy process*, AHP (Saaty 1988). Penggunaan metode *fuzzy* AHP (FAHP) disebabkan proses komputasi variabel linguistik, untuk perbandingan antar kriteria, adalah menggunakan bilangan *fuzzy* (Mon dkk. dalam Hsieh dkk. 2004). Sedangkan terminologi dan skala linguistik untuk penilaian alternatif pada kriteria yang bersesuaian berbeda dengan FAHP maka untuk mendapatkan performansi *business relationship* menggunakan pendekatan *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making*, FMCDM (Hsieh dkk. 2004). Keluaran dari proses FMCDM adalah performansi *nonfuzzy* setiap alternatif.

Prosedur untuk menjelaskan bobot kriteria evaluasi dengan *fuzzy* AHP dapat diterangkan sebagai berikut:

- a) Menyusun matriks perbandingan berpasangan diantara semua elemen/kriteria dalam dimensi sistem hirarkhi berdasarkan penilaian dengan variabel linguistik seperti persamaan (9).
- b) Mendefinisikan rata-rata geometris *fuzzy* dan bobot *fuzzy* setiap kriteria menggunakan metoda Buckley (1985) pada persamaan (10). \tilde{a}_{in} adalah nilai perbandingan *fuzzy* dari kriteria i ke kriteria n , \tilde{r}_i adalah rata-rata geometris dari nilai perbandingan *fuzzy* kriteria i terhadap setiap kriteria, dan \tilde{w}_i adalah bobot *fuzzy* dari kriteria ke i .

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \dots\dots(9)$$

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9} & \text{kriteria } i \text{ relatif penting terhadap } j \\ 1 & i = j \\ \tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1} & \text{kriteria } i \text{ relatif kurang penting terhadap } j \end{cases}$$

dimana

$$\begin{aligned} \tilde{r}_i &= \tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in}, \\ \tilde{w}_i &= \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \end{aligned} \dots\dots(10)$$

Dasar teori *fuzzy multiple criteria decision making* (FMCDM) untuk evaluasi dan pengukuran alternatif dikembangkan oleh Bellman dan Zadeh (1970) dalam pengambilan keputusan dalam lingkungan *fuzzy*. Teori FMCDM memiliki prosedur dan metode sebagai berikut:

- a) Pengukuran Alternatif: Mengukur variabel linguistik untuk menunjukkan performansi kriteria dengan ungkapan “sangat baik”, “baik”, “biasa”, “jelek”, dan “sangat jelek” yang merupakan penilaian subyektif dari evaluator, dan setiap variabel linguistik diindikasikan dengan TFN. Evaluator dapat mendefinisikan sendiri skala linguistik untuk penilaian alternatif seperti pada Tabel 2 dan Gambar 3. Jika \tilde{E}_{ij} adalah nilai performansi *fuzzy* alternatif i pada kriteria j , maka kriteria evaluasi dinyatakan dalam:

$$\tilde{E}_{ij} = (LE_{ij}, ME_{ij}, UE_{ij}) \dots\dots(11)$$

- b) *Fuzzy synthetic decision*: Mengintegrasikan performansi *fuzzy* dengan bobot *fuzzy* pada kriteria yang bersesuaian.

$$\tilde{R} = \tilde{E} \circ \tilde{w} \dots\dots(12)$$

Pendekatan nilai *fuzzy* \tilde{R}_i terwakili oleh $\tilde{R}_i = (LR_i, MR_i, UR_i)$ merupakan nilai performansi sintetis dari alternatif i , dapat dihitung sebagai berikut:

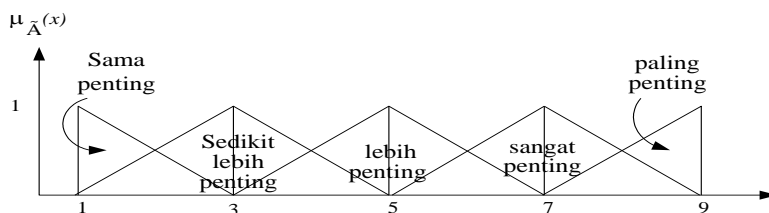
$$\begin{aligned} LR_i &= \sum_{j=1}^n LE_{ij} \times Lw_j; \\ MR_i &= \sum_{j=1}^n ME_{ij} \times Mw_j \\ UR_i &= \sum_{j=1}^n UE_{ij} \times Uw_j \end{aligned} \dots\dots(13)$$

- c) *Pe-ranking-an* bilangan *fuzzy* menggunakan prosedur *de-fuzzy*-fikasi dengan metoda *Best Nonfuzzy Performance* (BNP).

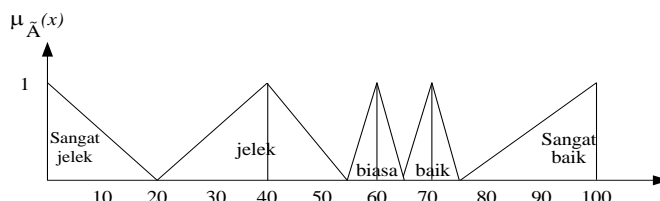
$$BNP_i = [(UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i)]/3 \quad \forall i \dots\dots(14)$$

2.3 Variabel Linguistik

Variabel linguistik adalah sebuah variabel dimana nilainya berupa kata-kata atau kalimat dalam bahasa alami atau buatan (Zadeh 1975). Teknik komputasinya menggunakan bilangan *fuzzy* seperti tabel 1 yang didefinisikan oleh Mon dkk (dalam Hsieh dkk, 2004). merupakan penggambaran *triangular fuzzy number* (TFN) dari Tabel 1 sedangkan Gambar 3 merupakan penggambaran TFN dari Tabel 2.



Gambar 2. Fungsi keanggotaan variabel linguistik untuk membandingkan kriteria.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan skala linguistik dari Tabel 2.

Tabel 1. Fungsi keanggotaan skala linguistik membandingkan kriteria.

Bilangan $Fuzzy$	Skala Linguistik	Skala Bilangan $Fuzzy$
$\tilde{1}$	Sama Penting (smp)	(1, 1, 3)
$\tilde{3}$	Sedikit Lebih Penting (slp)	(1, 3, 5)
$\tilde{5}$	Lebih Penting (lbp)	(3, 5, 7)
$\tilde{7}$	Sangat Penting (sap)	(5, 7, 9)
$\tilde{9}$	Paling Penting (pap)	(7, 9, 9)

Tabel 2. Skala linguistik untuk penilaian kriteria setiap alternatif.

Skala Linguistik	Skala Bilangan $Fuzzy$
Sangat Jelek (sjl)	(0, 0, 20)
Jelek (jlk)	(20, 40, 55)
Biasa (bia)	(55, 60, 65)
Baik (bai)	(65, 70, 75)
Sangat Baik (sba)	(75, 100, 100)

2.4 Keputusan Fuzzy

Bellman and Zadeh (1970) menyatakan bahwa suatu keputusan fuzzy merupakan fuzzy set dari alternatif-alternatif yang dihasilkan oleh interseksi antara goals dan constraints. Bila D adalah keputusan, G adalah fuzzy goals dan C adalah fuzzy constraints maka hubungan ketiganya adalah:

$$D = G \cap C \quad \dots(15)$$

dan fungsi keanggotaan:

$$\mu_D(x) = \min[\mu_G(x), \mu_C(x)] \quad \dots(16)$$

Keputusan optimal dapat diperoleh dengan:

$$\mu_{Dm}(x) = \max \mu_D(x) \quad \text{untuk } x \in K \quad \dots(17)$$

dimana K adalah sekumpulan nilai di X yang membuat nilai μ_D mencapai nilai maksimum.

Besarnya tingkat penerimaan keputusan fuzzy, baik yang bergerak ke batas bawah atau batas atas dari target, ditunjukkan oleh suatu fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{f_i(\bar{x})} = \begin{cases} \frac{f_i(\bar{x}) - f_i^{\min}}{\tilde{f}_i - f_i^{\min}}, & \text{jika } f_i^{\min} \leq f_i(\bar{x}) \leq \tilde{f}_i \\ \frac{f_i^{\max} - f_i(\bar{x})}{f_i^{\max} - \tilde{f}_i}, & \text{jika } \tilde{f}_i \leq f_i(\bar{x}) \leq f_i^{\max} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad \dots(18)$$

dimana:

$\mu_{f_i(\bar{x})}$ = tingkat keanggotaan dari capaian fungsi objectives

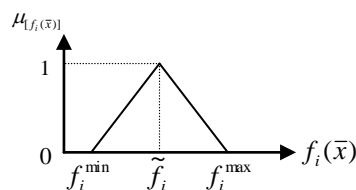
$f_i(\bar{x})$ = persamaan fungsi objectives

\tilde{f}_i = fuzzy goal ke- i hasil single objective linear programming

f_i^{\min} = batas bawah deviasi fuzzy goal ke- i

f_i^{\max} = batas atas deviasi fuzzy goal ke- i

Bila dinyatakan dalam bentuk grafis maka fungsi keanggotaan tersebut adalah:



Gambar 4. Fungsi keanggotaan $f_i(\bar{x})$.

Pemecahan permasalahan optimasi fuzzy goal programming (fGP) adalah dengan mentransformasikan menjadi crisp goal programming (CGP) (Zimmermann 2000). Persyaratan terjadinya proses transformasi adalah

dengan mendapatkan fungsi keanggotaan fungsi *objectives* $\mu_{f_i(\bar{x})}$ dengan persamaan (18). Langkah pemecahan ini menggunakan pendekatan Tiwari dkk (1986, dalam Ciptomulyono dan DOU, 2000) dimana formulasi FGP dipecahkan untuk mendapatkan perlengkapan keputusan, dan kemudian memaksimasikannya. Bentuk umum persamaan CGP adalah:

$$\text{Max. } \lambda \quad \dots(19)$$

Sehingga memenuhi:

$$\lambda \leq \mu_{f_i(\bar{x})} \quad \dots(20)$$

$$\begin{aligned} g_j(x_i) &< a_j, & j &= 1, 2, \dots, J \\ h_k(x_i) &= b_k, & k &= 1, 2, \dots, K \end{aligned}$$

2.5 Pembobotan pada *Fuzzy Goal*

Pembobotan ini menunjukkan level aspirasi pengambil keputusan terhadap alternatif *goals*. Keputusan *fuzzy* dengan *goals* terbobot menurut Yager (1978, dalam Zimmermann 2000) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1^{w_1} \cap \tilde{G}_2^{w_2} \cap \dots \cap \tilde{G}_m^{w_m} \quad \dots(21)$$

dimana w_m merupakan bobot *fuzzy goal* \tilde{G} ke m yang bisa diperoleh dengan metode AHP. Dikarenakan pencapaian *fuzzy goal* \tilde{G}_m dengan alternatif yang terpilih \bar{x} ditunjukkan dengan suatu fungsi keanggotaan $\mu_{G_m(\bar{x})}$, maka mengacu persamaan (16) keputusan *fuzzy* dengan *goal* terbobot w untuk *goal* ke m adalah nilai terendah dari keanggotaan *fuzzy goal* dipangkatkan bobot w .

3. LANGKAH PEMECAHAN

3.1 Kuantifikasi Data Kualitatif

- Data yang bersifat kualitatif adalah faktor *business relationship* pemasok yang berisi penilaian kriteria dan penilaian alternatif pada kriteria yang bersesuaian.
- Untuk keperluan evaluasi pembobotan, data ini disusun dalam struktur hirarkhi seperti pada gambar 1.
- Pengukuran data dilakukan dengan variabel linguistik. Skala linguistik yang diterjemahkan kedalam bilangan *fuzzy* digunakan untuk proses komputasi. Penggunaan bilangan *fuzzy* yang mewakili variabel linguistik merupakan langkah awal kuantifikasi sifat kualitatif.
- Penilaian tingkat kepentingan kriteria disusun menjadi matriks perbandingan berpasangan seperti pada persamaan (9).
- Menghitung rata-rata *fuzzy* dan bobot *fuzzy* dengan persamaan (10).

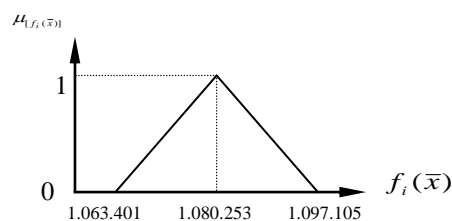
- Untuk memperoleh *ranking* kriteria dilakukan dengan de-*fuzzy*-fikasi mengacu persamaan (14).
- Bobot *fuzzy* dari langkah 5 diagregasikan dengan *fuzzy performance value* untuk mendapatkan *fuzzy synthetic decision*. Agregasi ini mengacu pada persamaan (12).
- Untuk memperoleh performansi *business relationship* maupun pemasok *fuzzy synthetic decision* di de-*fuzzy*-fikasi dengan persamaan (14).
- Performansi pemasok pada faktor *business relationship* selanjutnya digunakan sebagai fungsi *objectives responsiveness* pada *weighted-fuzzy goal programming*.

3.2 Komputasi *weighted-fuzzy goal programming*

- Data kuantitatif mutu, harga barang, *late delivery* dan performansi *business relationship* setiap pemasok dijadikan sebagai fungsi *objectives* persamaan *multi objectives linear programming*. Persamaan fungsi *objectives* dan kendala ditunjukkan persamaan (1) sampai (8).
- Persamaan tersebut diselesaikan dengan metode *single objectives linear programming* dengan menyelesaikan satu persatu fungsi *objective* untuk mendapatkan nilai target *fuzzy goal*.
- Menggambarkan deviasi disekitar nilai *fuzzy goals* seperti pada gambar 4 dimana nilai deviasi diberikan oleh pengambil keputusan.
- Menyusun dan menyelesaikan persamaan *crisp* seperti pada persamaan (9) sampai (10)
- Mencari tingkat keanggotaan x_i di setiap *fuzzy goals* (*fuzzy goal* mutu, *fuzzy goal late delivery*, *fuzzy goal* harga, dan *fuzzy goal business relationship*).
- Bobot prioritas yang menunjukkan preferensi pengambil keputusan terhadap setiap *fuzzy goal* diolah dengan AHP untuk memperoleh nilai bobot yang konsisten.
- Bobot prioritas terhadap *fuzzy goal* digunakan untuk memperoleh nilai keanggotaan keputusan *fuzzy* terbobot berdasarkan persamaan (21).
- Nilai keanggotaan keputusan *fuzzy* pada goal yang terbobot dijadikan fungsi kendala pada persamaan *crisp*.
- Dengan perubahan bobot pada setiap *fuzzy goal* akan dilihat optimalitas keputusan *fuzzy* dan bagaimana pengaruhnya terhadap alokasi kuota yang diperoleh oleh setiap pemasok.

Efektifitas metode yang dikembangkan diuji coba dengan data material hasil tambang yang diimpor dari berbagai negara pada Tabel 3, penilaian faktor *business relationship* pada Tabel 4, dan 5. *Total demand* material ini sebesar 1.600.000 mt/tahun dengan harga *owner estimate* 42,19 USD/mt FOB *destination*.

Bila dari Tabel 4 dan 5 dihitung dengan metode FAHP dan FMCDM (dalam Hsieh dkk. 2004)



Gambar 5. Fungsi keanggotaan *objective* mutu.

Tabel 3. Data pemasok, alokasi dan harga.

Pemasok	alokasi (mt)	Harga (USD/mt)	Kandungan mineral utama (%)	Pasokan maksimal (mt/tahun)	Order minimum (mt)	Late delivery (%)
1	240.000	41,76	32,00	900.000	7.000	-
2	520.000	41,80	32,17	3.000.000	12.000	-
3	360.000	42,00	32,49	1.800.000	8.000	-
4	480.000	41,85	32,20	2.400.000	7.000	-

mt = metrik ton

Tabel 4. Hasil penilaian kriteria pada faktor *business relationship*.

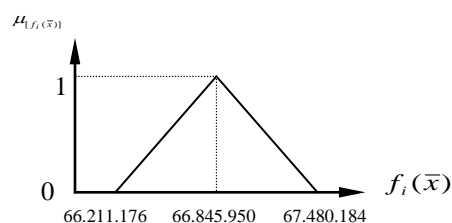
Kriteria	Jaminan mutu	Pengalaman	Finansial	Komunikasi
Jaminan mutu	1		<i>lbp</i>	<i>pap</i>
Pengalaman	<i>slp</i>	1	<i>pap</i>	<i>sap</i>
Finansial			1	<i>slp</i>
Komunikasi				1

Tabel 5. Penilaian kriteria setiap pemasok dengan variabel linguistik.

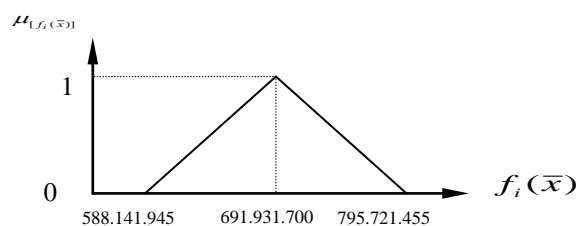
Pemasok	Kriteria			
	Jaminan mutu	Pengalaman	Finansial	Komunikasi
1	Baik	Baik	Baik	Baik
2	Sangat baik	Sangat baik	Baik	Baik
3	Sangat baik	Sangat baik	Baik	Sangat baik
4	Sangat baik	Baik	Baik	Sangat baik

diperoleh nilai performansi setiap pemasok $BNP_{pemasok1} = 323,6477$, $BNP_{pemasok2} = 433,3665$, $BNP_{pemasok3} = 431,2791$, $BNP_{pemasok4} = 337,8056$, selanjutnya digunakan sebagai konstanta pada fungsi tujuan maksimasi *business relationship*.

Penyelesaian model MOLP persamaan (1) sampai (8) menghasilkan: $Z_1 = 1.080.253$, $Z_3 = 66.845.950$, dan $Z_4 = 691.931.700$. Deviasi yang diberikan pada setiap *fuzzy goals* adalah 1,56% untuk mutu, 0,95% untuk harga dan 15% untuk *business relationship*. Dengan deviasi tersebut maka dapat digambarkan fungsi keanggotaan setiap *objectives* pada gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan *objective* harga.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan *objective business relationship*.

Berdasarkan gambar fungsi keanggotaan diatas maka dapat disusun persamaan *crisp*:

Maksimalkan λ

Untuk memenuhi:

$$\lambda \leq 0,00004035x_1 + 0,00004025x_2 + 0,00004006x_3 + 0,00004023x_4 - 63,103$$

$$\lambda \leq -(0,00004035x_1 + 0,00004025x_2 + 0,00004006x_3 + 0,00004023x_4) + 65,103$$

$$\lambda \leq (0,00006247x_1 + 0,00006253x_2 + 0,00006283x_3 + 0,000062615x_4) - 104,396$$

$$\lambda \leq -(0,00006247x_1 + 0,00006253x_2 + 0,00006283x_3 + 0,000062615x_4) + 106,396$$

$$\lambda \leq (0,00000312x_1 + 0,00000418x_2 + 0,00000416x_3 + 0,00000325x_4) - 5,67$$

$$\lambda \leq -(0,00000312x_1 + 0,00000418x_2 + 0,00000416x_3 + 0,00000325x_4) + 7,67$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1.600.000$$

$$x_1 \leq 900.000$$

$$x_2 \leq 3.000.000$$

$$x_3 \leq 1.800.000$$

$$x_4 \leq 2.400.000$$

$$41,76x_1 + 41,8x_2 + 42x_3 + 41,85x_4 \leq 67.504.000$$

$$x_1 \geq 7.000$$

$$x_2 \geq 12.000$$

$$x_3 \geq 8.000$$

$$x_4 \geq 7.000$$

dengan $x_i \geq 0$

Penyelesaian model diatas menghasilkan $\lambda = 0,7932$, $x_1 = 7.000$, $x_2 = 1.100.852$, $x_3 = 485.148$, $x_4 = 7.000$.

Perolehan alokasi setiap pemasok dicari dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hasil penyelesaian model diatas dimasukkan ke dalam setiap fungsi *objectives* persamaan (1) sampai (4) dan hasilnya dimasukkan persamaan (18) untuk mencari nilai keanggotaan dengan tetap mengacu gambar 5 sampai 7 sehingga diperoleh nilai keanggotaan setiap *goals* adalah $\mu_{f_1(\bar{x})} = 0,7932$, $\mu_{f_3(\bar{x})} = 0,7932$, dan $\mu_{f_4(\bar{x})} = 0,99$.

2. Mencari nilai bobot dengan metode AHP:
 - a. Mutu cukup penting dibandingkan harga (skala = 3), mutu mutlak penting dibandingkan *business relationship* (skala = 9) dan harga lebih penting dibandingkan *business relationship* (skala = 5). Diperoleh bobot *goal* mutu $w_1 = 0,669$, bobot *goal*

harga $w_3 = 0,267$, dan bobot *goal business relationship* $w_4 = 0,064$.

- b. Harga cukup penting dibandingkan mutu (skala = 3), harga sangat penting dibandingkan *business relationship* (skala = 7), dan mutu cukup penting dibandingkan *business relationship* (skala = 3). Diperoleh bobot *goal* mutu $w_1 = 0,243$, bobot *goal* harga $w_3 = 0,669$, dan bobot *goal business relationship* $w_4 = 0,088$.
 - c. *Business relationship* cukup penting dibandingkan mutu (skala = 3), *business relationship* lebih penting dibandingkan harga (skala = 5), mutu cukup penting dibandingkan harga (skala = 3). Diperoleh bobot *goal* mutu $w_1 = 0,26$, bobot untuk *goal* harga $w_3 = 0,11$, dan bobot *goal business relationship* $w_4 = 0,63$.
3. Sehingga nilai *goal* mutu terbobot $\mu_D(x) = 0,856$, nilai *goal* harga terbobot $\mu_D(x) = 0,856$. Sedangkan *goal business relationship* terbobot jatuh pada *goal* mutu dengan $\mu_D(x) = 0,941$.
 4. Hasil perolehan alokasi pada setiap *goal* terbobot adalah:

4. ANALISA HASIL PENELITIAN

Tabel 6 kolom 5 menjelaskan nilai untuk *goal* mutu dibobot lebih penting dari *goals* lainnya dengan nilai keanggotaan keputusan *fuzzy* pada *goal* mutu = 0,856 menghasilkan kandungan mineral 517.328,33 mt mengalami kenaikan sebesar 0,206 % walaupun diimbangi juga dengan kenaikan harga pembelian sebesar 0,099%. Karena mutu lebih dipentingkan dari *goals* lainnya maka pemasok dengan mutu yang lebih baik memperoleh alokasi yang lebih banyak yaitu pemasok 3 dan mengurangi perolehan pemasok lain. Sehingga pemasok 3 mengalami kenaikan sebesar 68,64% dari perolehan yang dihitung dengan metode FGP. Sedangkan pemasok 2 mengalami penurunan perolehan sebesar 30,25% dari perolehan yang dihitung dengan metode FGP. Dengan mutu lebih dipentingkan terlihat juga kandungan mineral yang diperoleh.

Tabel 6. Hasil penyelesaian dengan metode WFGP.

Pemasok	Harga (USD)	Mineral utama (%)	Alokasi (mt)			
			FGP ($\mu=0,7932$)	WFGP-mutu dipentingkan	WFGP-harga dipentingkan	WFGP-bus.rel dipentingkan
1	2	3	4	5	6	7
1	41,76	32,00	7.000	7.000	7.000	7.000
2	41,80	32,17	1.100.852	767.834	1.302.562	320.366
3	42,00	32,49	485.148	818.166	283.438	1.265.634
4	41,85	32,20	7.000	7.000	7.000	7.000
Kandungan mineral (mt)			516.262,67	517.328,33	515.617,2	518.760,23
Harga pembelian (USD)			66.977.099,60	67.043.703,2	66.936.967,67	67.133.196,8

Penyelesaian dengan metode WFGP untuk harga lebih dipentingkan, Tabel 6 kolom 6, dengan nilai keanggotaan keputusan *fuzzy* pada *goal* harga = 0,856 memberikan solusi layak pada harga pembelian $f_3(\bar{x}) = 66.936.967,67$ USD. Karena harga lebih dipentingkan dari *goals* lainnya maka pemasok 2 dengan harga yang lebih rendah akan memperoleh alokasi yang lebih banyak dan mengurangi perolehan pemasok lain. Perubahan perolehan alokasi terjadi pada pemasok 2, yaitu mengalami kenaikan perolehan sebesar 18,32% dari perolehan yang dihitung dengan metode FGP. Sedangkan pemasok 3 dengan harga lebih mahal mengalami penurunan perolehan alokasi sebesar 41,58% dari perolehan yang dihitung dengan metode FGP. Dengan komposisi hasil perolehan alokasi seperti pada Tabel 6, penurunan harga pembelian sebesar 0,0006% akan mengakibatkan penurunan kandungan mineral yang akan diperoleh menjadi sebesar 0,125%.

Penyelesaian dengan metode WFGP untuk *business relationship* lebih dipentingkan, Tabel 6 kolom 7, dengan nilai keanggotaan keputusan *fuzzy* pada *goal* mutu = 0,941 dapat didefinisikan:

- a) Pada penyelesaian dengan metode FGP nilai keanggotaan *business relationship* sebesar 0,99 memiliki pengertian bahwa proses pemilihan pemasok sudah menghasilkan capaian yang “*satisfied*” dimana pemasok dengan nilai *business relationship* yang terbaik mendapatkan perolehan alokasi yang terbesar.
- b) Karena pada *goal* mutu terdapat fungsi minimasi persentase cacat maka pemasok dengan persentase cacat terendah atau memiliki mutu terbaik akan memperoleh alokasi yang lebih banyak. Hasilnya adalah pemasok 3 dengan mutu yang lebih baik memperoleh kenaikan alokasi sebesar 160,88% dari perolehan yang diselesaikan dengan metode FGP. Sedangkan pemasok 2 dengan mutu lebih rendah mengalami penurunan perolehan sebesar 70,90% dari perolehan yang diselesaikan dengan metode FGP. Dengan *goal* mutu lebih dipentingkan maka jumlah cacat adalah $f_1(\bar{x})$ sebesar 1.081.239,77 mt atau kandungan mineral utama sebesar 518.760,23 mt.

5. SIMPULAN

Metode *weighted-fuzzy goal programming* (WFGP) menghasilkan solusi yang lebih mewakili preferensi pengambil keputusan bila dibandingkan dengan metode FGP. Dimana preferensi pengambil keputusan yang dinyatakan

dalam nilai bobot. Nilai yang dipangkatkan pada *goals* dapat menunjukkan hubungan yang selaras antara nilai *goals* terbobot dengan capaian aspirasi pada *goals* terbobot. Semakin besar nilai *goals* terbobot maka semakin naik capaian aspirasi pada *goals* terbobot tersebut. Akibatnya pemasok dengan *value* yang lebih baik pada *goals* terbobot akan mendapatkan perolehan yang semakin naik.

Pembobotan yang diberikan pada faktor *business relationship* akan membuat keputusan *fuzzy* jatuh pada *goal* mutu terbobot. Karena nilai keanggotaan faktor *business relationship* sebesar 0,99 (*satisfied*) menunjukkan bahwa tingkat perolehan pasokan pemasok sesuai dengan nilai *business relationship* yang diperoleh.

Penilaian yang bersifat kualitatif pada faktor *business relationship* dikuantifikasi menggunakan metode *fuzzy analytic hierarchi process* (FAHP) dengan mentransformasi skala linguistik kedalam bilangan *fuzzy*.

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan sifat kesamaran setiap kriteria untuk setiap alternatif pemasok. Pengembangan lain yang dapat dilakukan adalah dengan *symmetrical fuzzy linear programming*, dimana baik fungsi *objectives* maupun *constraints* bersifat *fuzzy*.

DAFTAR ACUAN

- Barla, S.B. (2003), ‘A Case Study of Supplier Selection for Lean Supply by Using a Mathematical Model’, *Logistic Information Management*, **16**, pp. 451-459.
- Bellman, R.E. dan Zadeh, L.A. (1970), **Decision-Making in a Fuzzy Environment**, In: *Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers by L.A. Zadeh*, (1987), eds: R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen., John Wiley & Sons, USA, pp. 53-79.
- Buckley, J.J. (1985), ‘Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers’, *Fuzzy Sets and Systems*, **15**, pp. 21-31.
- Çebi, F. dan Bayraktar, D. (2003), ‘An Integrated Approach for Supplier Selection’, *Logistic Information Management*, **16**, pp. 395-400.
- Ciptomulyono, U. dan DOU, H. (2000), Model Fuzzy Goal Programming untuk Penetapan Pembobotan Prioritas dalam Metode Proses Analisis Hirarkhis (AHP), *Majalah IPTEK*, **11**, pp. 19-29.
- Hsieh, T.Y., Lu, S.T. dan Tzeng, G.H. (2004), ‘Fuzzy MCDM Approach for Planning and Design Tenders Selection in Public Office Building’, *International Journal of Project Management*, (*artical in press*).

- Ignizio, J.P. (1976), **Goal Programming and Extensions**, Lexington Books, Massachusetts.
- Kumar, M., Vrat, P. dan Shankar, R. (2004), 'A Fuzzy Goal Programming Approach for Vendor Selection Problem in a Supply Chain', *Computers & Industrial Engineering*, **46**, pp. 69-85.
- Min, H. (1993), 'International Supplier Selection: A Multi-attribute Utility Approach', *International Journal of Physical Distribution & Logistic Management*, **5**, pp. 24-33.
- Saaty, T.L. (1988), **Multiple Criteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process**, 2nd edition, USA.
- Tabucanon, M.T. (1988), *Multiple Criteria Decision Making in Industry*, Elsevier, New York.
- Youssef, M.A., Zairi, M. dan Mohanty, B. (1996), 'Supplier Selection in an Advanced Manufacturing Technology Environment: An Optimization Model', *Benchmarking for Quality Management & Technology*, **3**, pp. 60-72.
- Zadeh, L.A. (1975), **The Concept of Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-I**, In: Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers by L.A. Zadeh, (1987), eds: R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen., John Wiley & Sons, USA, pp. 219-269.
- Zimmermann, H.J. (2000), **Fuzzy Set Theory and its Application**, 3rd edition, Kluwer Academic Publishers, USA.
- Zeleny, M. (1981), 'Technical Note: The Pros and Cons of Goal Programming', *Computer & Operation Research*, **4**, pp. 357-359.

Diterima: 08 Oktober 2005

Disetujui untuk diterbitkan: 12 September 2006