



Usulan pemilihan *green supplier* dengan metode fuzzy AHP dan fuzzy TOPSIS

Putro Ferro Ferdinant*, Achmad Bahauddin, Fadhela Ara Salma, Hadi Setiawan, Bobby Kurniawan

Jurusan Teknik Industri Untirta, Jl.Jend.Sudirman Km3,Cilegon,Indonesia.

*Corresponding author: ferdinant@untirta.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 27 Oktober 2021
Revision: 29 Oktober 2021
Accepted: 1 November 2021

Keywords:
Industry
Quality
Control Chart

ABSTRACT

Permasalahan pemilihan *supplier* dalam pengambilan keputusan yang melibatkan multi kriteria masih menjadi topik yang banyak dilakukan. Dalam kajian *green supply chain management*, kajian pemilihan *green supplier* menjadi salah satu topik kajian terbaru. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa memiliki visi menjadi *integrated smart and green campus*. Untuk mendukung visi tersebut, unit UPPBJ perlu pertimbangan dalam melakukan pemilihan *green supplier*. Penelitian ini mengusulkan metode *Fuzzy AHP* untuk penilaian kriteria prioritas dalam pemilihan *green supplier*. Selain penentuan kriteria, penelitian ini juga mengusulkan metode *Fuzzy TOPSIS* dalam pemilihan alternatif *supplier* terbaik. Hasil penelitian diperoleh kriteria prioritas dalam *green supplier* adalah kriteria Fundamental dengan sub kriteria pengalaman proyek. Sedangkan untuk pemilihan alternative *supplier* terbaik diperoleh hasil *supplier A* yang terpilih. Hasil pembobotan kriteria dan sub kriteria dapat dijadikan rekomendasi untuk melakukan pemilihan *green supplier*.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan pemilihan *supplier* merupakan salah satu kajian yang sangat penting dalam *supply chain management* [1]. Kajian yang melibatkan permasalahan pemilihan *supplier* berkontribusi cukup besar terhadap keseluruhan performansi dalam *supply chain*. Oleh sebab itu, pemilihan *supplier* yang tepat dapat mengurangi biaya pengadaan sekaligus dapat meningkatkan persaingan di pasar serta meningkatkan kepuasan bagi konsumen. Saat ini permasalahan pemilihan *supplier* mulai melibatkan aspek lingkungan dan aspek keberlanjutan sebagai bagian kepedulian suatu organisasi dalam kajian *green supply chain management* (GSCM) [2]. Dalam GSCM meliputi seluruh aspek dari life cycle suatu produk seperti raw material, desain produk, penjualan, pengiriman, penggunaan produk serta produk daur ulang yang berfokus pada pengurangan dampak lingkungan dari setiap aktivitas di industri tanpa mengurangi kualitas, keandalan, performansi dan efisiensi penggunaan energi [3]

Suatu organisasi sekarang dituntut untuk berkolaborasi dengan *supplier* dalam upaya mengurangi polusi dan peduli terhadap penggunaan konsumsi energi yang ramah lingkungan dengan menerapkan manajemen teknologi dalam *supply chain* sehingga mampu bersaing secara kompetitif [4].

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (Untirta) sebagai sebuah organisasi pendidikan yang memiliki visi menjadi *integrated and smart green campus* dituntut untuk menerapkan aspek *green supply chain management*. Dengan menerapkan aspek GSCM, diharapkan visi universitas dapat terwujud. Di Untirta, unit yang menangani aktivitas pengadaan dilaksanakan oleh UPPBJ (Unit Pembelian Pengadaan Barang dan Jasa). Unit ini sering berkolaborasi dengan para *supplier* untuk menangani aktivitas pengadaan baik barang maupun jasa ke dalam Untirta. Dalam penentuan dan pemilihan *supplier* biasa dilakukan dengan proses tender maupun penunjukan langsung. Aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan *supplier* belum mempertimbangan aspek *green supply chain management*. Berkaitan dengan upaya mewujudkan visi universitas, maka penelitian ini memberikan usulan penentuan kriteria pemilihan *supplier* dalam aspek *green supply chain management* atau dikenal dengan pemilihan *green supplier*.

Dalam pemilihan *supplier* ada banyak kriteria yang dipertimbangkan termasuk faktor ketidakpastian dan kompleksitas dalam setiap prosesnya, aspek opini yang ambigu dari sumber pakar dan terbatasnya spesialisasi pakar yang menjadikan kesulitan dalam mengambil setiap keputusan pemilihan [5].

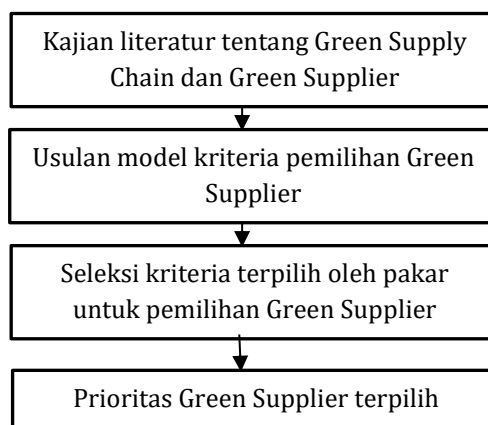


Permasalahan pemilihan supplier termasuk permasalahan multikriteria dengan metode multi criteria decision making (MCDM). Beberapa metode MCDM yang terkait green supplier diantaranya *analytical hierarchy process* (AHP) [6] *analytical network process* (ANP) [7] dan *best-worst method* (BWM) [8].

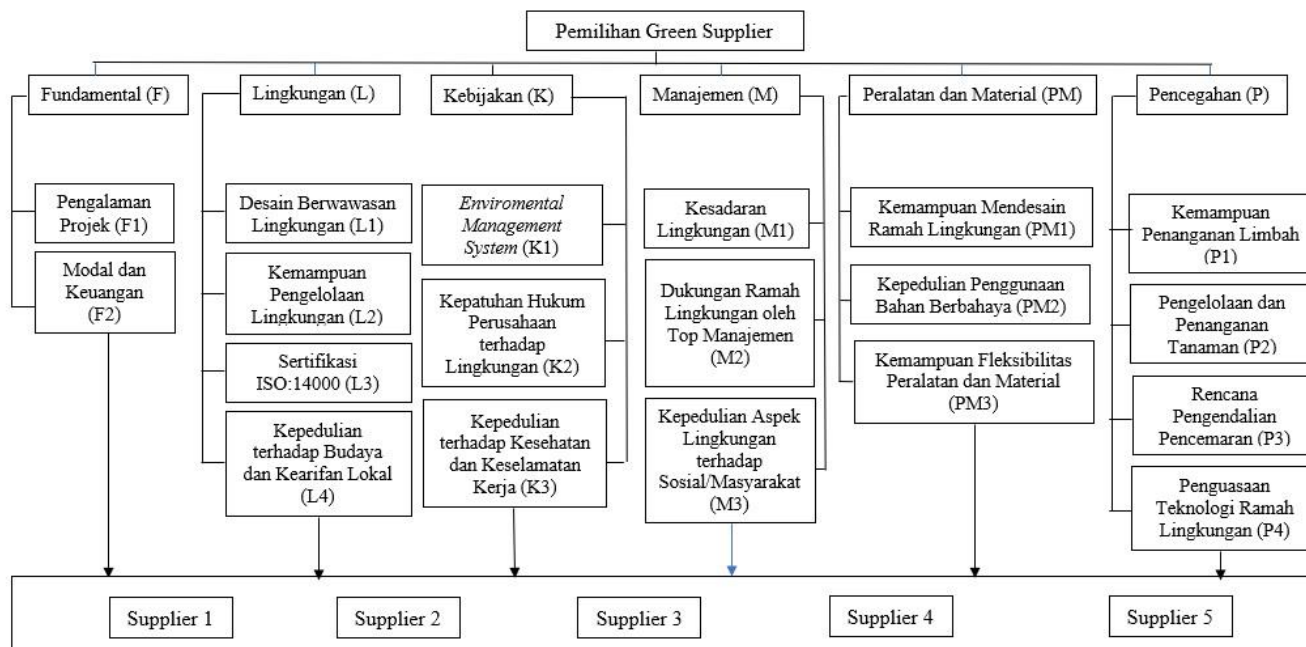
Pada penelitian ini akan dilakukan tiga hal yaitu: (1) membuat usulan model untuk mengidentifikasi kriteria dalam pemilihan green supplier (2) menentukan prioritas (*bobot relative*) dari kriteria terpilih dengan pendekatan fuzzy analytical hierarchy process (Fuzzy AHP) dan (3) memprioritaskan supplier terpilih dengan pendekatan *fuzzy technique for order of preference by similarity to ideal solution* (Fuzzy TOPSIS).

Pada penelitian ini, pihak supplier dan kontraktor diasumsikan sebagai agen yang sama dan mengikuti setiap prosedur dan aturan pengadaan di Untirta. Penelitian ini dilaksanakan di UPPBJ Untirta sebagai unit yang menangani setiap aktivitas pengadaan barang dan jasa di dalam Untirta.

Metodologi penelitian yang digunakan digambarkan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Alur penelitian



2. METODE PENELITIAN

Gambar 2. Hirarki Model Pemilihan Green Supplier

2.1 Identifikasi kriteria pemilihan green supplier

Berdasarkan literatur diperoleh model kriteria pemilihan green supplier yang diadopsi dengan melibatkan 6 kriteria dan 19 sub kriteria tersaji pada Gambar 2 dan Tabel 1.

2.2 Metode Fuzzy AHP

Metode Analytical Hierarchy Process dikembangkan oleh Saaty [9]. Metode AHP kemudian dikembangkan dengan fuzzy theory dan pembobotan yang dilakukan dengan fuzzy geometric mean oleh Buckley [10]. Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process digunakan untuk menentukan bobot kriteria dan sub kriteria.

Fuzzy AHP adalah metode analisis yang dikembangkan dari AHP tradisional. Fuzzy AHP juga merupakan gabungan dari metode AHP dengan

pendekatan konsep Fuzzy. Walaupun AHP biasa digunakan dalam menangani kriteria kualitatif dan kuantitatif pada MCDM, namun Fuzzy AHP dianggap lebih baik dalam mendeskripsikan keputusan yang samar-samar daripada AHP tradisional.

Penentuan derajat keanggotaan Fuzzy AHP yang dikembangkan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (Tringular Fuzzy Number / TFN). Fungsi keanggotaan segitiga merupakan gabungan antara dua garis (linear) [11].

Untuk mendefinisikan nilai intensitas AHP ke dalam skala fuzzy segitiga dilakukan yaitu membagi tiap himpunan fuzzy dengan dua (2), kecuali untuk intensitas kepentingan satu (1).

Skala fuzzy segitiga yang digunakan Chang dapat dilihat pada Tabel 2.

Adapun langkah-langkah dalam Fuzzy AHP adalah:
a. Membuat struktur hirarki masalah yang akan diselesaikan.

b. Menentukan matriks perbandingan kepentingan berpasangan antar kriteria dengan skala Fuzzy Triangular Number.

Tabel 1. Kriteria dan Sub Kriteria Pemilihan Green Supplier (1)

Kriteria	Subkriteria	Deksripsi	Referensi
Fundamental (F)	Pengalaman Projek (F1)	Performa kinerja <i>supplier</i> pada proyek sebelumnya yang baik dan reputasi <i>supplier</i> dalam penyelesaian permasalahan dengan efektif dan efisien [14] [15] [16]	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Taherdoost dan Brard (2019); Natalia, dkk (2020)
	Modal dan Keuangan (F2)	Kemampuan dalam penentuan harga dan biaya yang wajar dan konsisten, negosiasi penurunan harga dengan menjaga kualitas terbaik [17]	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Jiang, dkk (2018); Taherdoost dan Brard (2019); Natalia, dkk (2020)
Lingkungan (L)	Desain Berwawasan Lingkungan (L1)	Mendesain dengan menerapkan <i>reuse, reduce, recycle</i> dan <i>rebuild</i> untuk mengurangi dampak lingkungan [18]	Kannan (2015); Wibowo, dkk (2018); Jiang, dkk (2018); Liang dan Chong (2019)
	Kemampuan Pengelolaan Lingkungan (L2)	Kemampuan mengatur kegiatan proyek dengan mempertimbangkan keadaan lingkungan sekitar [19]	Kannan (2015); Wibowo (2018)
	Sertifikasi ISO:14000 (L3)	<i>supplier</i> memiliki sertifikasi terkait lingkungan dan manajemen lingkungan yang baik seperti ISO:14000 [20]	Kannan (2015) ; Liang dan Chong (2019)
	Kepedulian terhadap Budaya dan Kearifan Lokal (L4)	Kepedulian untuk menggunakan produk dari dalam daerah guna melestarikan budaya dan kearifan lokal [21]	Astawa, dkk (2020)
Kebijakan (K)	<i>Enviromental Management System</i> (K1)	<i>Supplier</i> menerapkan sistem kebijakan terhadap aspek lingkungan pada kegiatan dalam perusahaan dan kegiatan kepada pelanggan [22]	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Wibowo, dkk (2018); Jiang, dkk (2018); Sidjabat dan Runtuk (2019); Liang dan Chong (2019)
	Kepatuhan Hukum Perusahaan terhadap Lingkungan (K2)	Kemampuan dalam disiplin dan taat terhadap hukum dan peraturan terkait lingkungan yang berlaku di daerah	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Wibowo, dkk (2018); Sidjabat dan Runtuk (2019)
	Kepedulian terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)	Kesadaran dan kepedulian terhadap kesehatan dan keselamatan yang mempengaruhi pekerja, pelanggan atau masyarakat sekitar di tempat kerja	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Wibowo, dkk (2018)
Manajemen (M)	Kesadaran Lingkungan (M1)	Kegiatan proyek yang dijalankan dengan menekankan pentingnya dan kesadaran terhadap lingkungan	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Sidjabat dan Runtuk (2019); Calik (2020);
	Dukungan Ramah Lingkungan oleh Top Manajemen (M2)	Adanya dukungan dan komitmen dari top manajemen terhadap ramah lingkungan dan menunjukkan tanggung jawab sosial perusahaan	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Jiang, dkk (2018); Liang dan Chong (2019)
	Kepedulian Aspek Lingkungan terhadap Sosial/Masyarakat (M3)	Kepedulian dan tanggung jawab untuk memastikan kesediaan sumber daya untuk masa depan dan kepentingan dan hak pekerja, pemangku kepentingan, konsumen dan masyarakat sekitar serta transparansi informasi	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Wibowo, dkk (2018); Taherdoost dan Brard (2019); Liang dan Chong (2019)
Peralatan dan Material (PM)	Kemampuan Mendesain Ramah Lingkungan (PM1)	Kemampuan merancang dengan mempertimbangkan dan mengembangkan desain yang ramah lingkungan sebagai upaya mengurangi dampak lingkungan di masa depan	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Wibowo, dkk (2018); Jiang, dkk (2018); Sidjabat dan Runtuk (2019); Natalia, dkk, 2020; Calik (2020)
	Kepedulian Penggunaan Bahan Berbahaya (PM2)	Kepedulian untuk menggunakan bahan dan komponen dengan dampak lingkungan yang lebih rendah dan pengurangan penggunaan bahan berbahaya	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Liang dan Chong (2019)
	Kemampuan Fleksibilitas Peralatan dan Material (PM3)	Kemampuan penyesuaian atau perubahan pada kebutuhan sesuai pesanan dengan mudah dan cepat	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Natalia, dkk, 2020

Tabel 1. Kriteria dan Sub Kriteria Pemilihan Green Supplier (2)

Kriteria	Subkriteria	Deksripsi	Referensi
Pencegahan (P)	Kemampuan Penanganan Limbah (P1)	Kemampuan menangani limbah yang ditimbulkan dalam kegiatan proyek untuk mengurangi pencemaran lingkungan	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Wibowo, dkk (2018); Liang dan Chong (2019)
	Pengelolaan dan Penanganan Tanaman (P2)	Kemampuan mengelola dan menangani kelestarian tanaman di sekitar lokasi proyek	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020)
	Rencana Pengendalian Pencemaran (P3)	Kemampuan untuk mengontrol, meminimasi dan mengelola pencemaran seperti emisi gas, limbah air, limbah padat, dll dan mengusulkan mekanisme rencana perbaikan yang efektif	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Wibowo, dkk (2018); Jiang, dkk (2018); Liang dan Chong (2019); Sidjabat dan Runtuk (2019); Calik (2020)
	Penguasaan Teknologi Ramah Lingkungan (P4)	Penggunaan teknologi terbaru untuk penelitian dan pengembangan dalam menerapkan supplier yang ramah lingkungan	Shojaei dan Bolvardizadeh (2020); Kannan (2015); Jiang, dkk (2018); Taherdoost dan Brard (2019); Liang dan Chong (2019)

Tabel 2. Kriteria dan Sub Kriteria Pemilihan Green Supplier

Intensitas Kepentingan AHP	Himpunan Linguistik	Tringular Fuzzy Number (TFN)	Reciprocal (Kebalikan)
1	Perbandingan elemen yang sama (Just Equal)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
2	Pertengahan (Intermediate)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
3	Elemen satu cukup penting dari yang lainnya (Moderately Important)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
4	Pertengahan (Intermediate) elemen satu lebih cukup penting dari yang lainnya	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
5	Elemen satu kuat pentingnya dari yang lain (Strongly Important)	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
6	Pertengahan (Intermediate)	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
7	Elemen satu lebih kuat pentingnya dari yang lain (Very Strong)	(3, 7/2, 4)	(1/4, 2/7, 1/3)
8	Pertengahan (Intermediate)	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)
9	Elemen satu mutlak lebih penting dari yang lainnya (Extremely Strong)	(4, 9/2, 9/2)	(2/9, 2/9, 1/4)

c. Menentukan nilai fuzzy geometric mean (\tilde{r}_i) untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur-unsur pengambilan keputusan dengan persamaan:

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2)$$

$$\tilde{r}_i = ((l_1 * l_2)^{1/n}, (m_1 * m_2)^{1/n}, (u_1 * u_2)^{1/n})$$

d. Menentukan bobot fuzzy (fuzzy weight) dengan persamaan:

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$\tilde{W}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1}$$

e. Menentukan defuzzifikasi (menentukan bobot fuzzy) dengan menghitung Centre of area (COA) of weights W dengan persamaan:

$$Centre\ of\ Area\ (COA), w_i = \left(\frac{l + m + u}{3} \right)$$

f. Menentukan normalisasi bobot yaitu nilai prioritas kriteria yang telah diperoleh dengan persamaan:

$$Normalized\ weight = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

2.3 Metode Fuzzy TOPSIS

Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) dikembangkan oleh Hwang and Yoon [12] dan menjadi salah satu metode dalam pengambilan keputusan multi kriteria (MCDM) yang paling banyak digunakan. TOPSIS didasarkan pada konsep dimana alternatif terpilih yang baik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif, namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif. Konsep ini banyak digunakan pada beberapa model MADM untuk menyelesaikan masalah keputusan secara praktis. Hal ini disebabkan karena konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien, dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan dalam bentuk matematis yang sederhana.

TOPSIS kemudian dikembangkan oleh Chen [13] dengan menambahkan teori fuzzy dengan triangular fuzzy number (TFN) menjadi extended TOPSIS atau dikenal dengan Fuzzy TOPSIS. Dalam Fuzzy TOPSIS diperkenalkan method vertex untuk menghitung jarak antara dua TFN. Jika $\tilde{x} = (a_1, b_1, c_1)$, $\tilde{y} = (a_2, b_2, c_2)$ adalah dua TFN maka

$$d(\tilde{x}, \tilde{y}) := \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]}$$

Secara umum, langkah-langkah Fuzzy TOPSIS sebagai berikut:

a. Menentukan kriteria rating dan alternatif.
 Rating fuzzy dari k decision maker untuk alternative A_i terhadap kriteria C_j dinotasikan $\tilde{x}_{ij}^k = (a_{ij}^k, b_{ij}^k, c_{ij}^k)$ dan bobot kriteia C_j dinotasikan $\tilde{w}_j^k = (w_{j1}^k, w_{j2}^k, w_{j3}^k)$

b. Menghitung agregat rating fuzzy untuk setiap alternatif dan agregat bobot fuzzy untuk setiap kriteria.

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ij}^k\}, b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, c_{ij} = \max_k \{c_{ij}^k\}$$

$$w_{j1} = \min_k \{w_{j1}^k\}, w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^K w_{j2}^k, c_{j3} = \max_k \{w_{j3}^k\}$$

c. Menghitung normalisasi matriks fuzzy $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \text{ dan } c_j^* = \max_i \{c_{ij}\} \text{ (kriteria benefit)}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{b_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^-} \right) \text{ dan } c_j^- = \min_i \{a_{ij}\} \text{ (kriteria cost)}$$

d. Menghitung bobot normalisasi matriks fuzzy
 $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}] = \tilde{r}_{ij} \times w_j$

e. Menghitung fuzzy positive ideal solution (FPIS) dan fuzzy negative ideal solution (FNIS)

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \text{ dimana } \tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij3}\};$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \text{ dimana } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\};$$

f. Menghitung jarak antara FPIS dan FNIS

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$$

g. Menghitung closeness coefficient untuk setiap alternatif.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}$$

h. Meranking alternatif dengan nilai closeness coefficient yang paling tinggi menjadi alternatif terbaik.

Tabel 3. Matriks perbandingan berpasangan dengan TFN

KRITERIA	Fundamental			Lingkungan			Kebijakan			Manajemen			Peralatan-Material			Pencegahan		
Fundamental	1	1	1	1,817	2,884	3,915	1,817	2,884	3,915	1,817	2,884	3,915	2,289	3,302	4,309	3,634	4,642	5,646
Lingkungan	0,255	0,347	0,550	1	1	1	0,693	1,26	2,08	1,26	1,817	2,289	1,26	2,289	3,302	1,442	2,52	3,557
Kebijakan	0,255	0,347	0,550	0,481	0,794	1,442	1	1	1	2,08	2,52	2,924	1,817	2,884	3,915	2,08	3,175	4,217
Manajemen	0,255	0,347	0,550	0,437	0,55	0,794	0,342	0,397	0,481	1	1	1	1,587	2,621	3,634	2	3	4
Peralatan dan Material	0,232	0,303	0,437	0,303	0,437	0,794	0,255	0,347	0,55	0,275	0,382	0,63	1	1	1	1,587	2,621	3,634
Pencegahan	0,177	0,215	0,275	0,281	0,397	0,693	0,237	0,315	0,481	0,25	0,333	0,5	0,275	0,382	0,63	1	1	1
Total	2,175	2,558	3,363	4,319	6,062	8,638	4,345	6,203	8,507	6,682	8,936	11,26	8,229	12,48	16,79	11,74	16,96	22,05

Tabel 4. Normalisasi matriks perbandingan berpasangan dengan geometric mean

KRITERIA	Fundamental			Lingkungan			Kebijakan			Manajemen			Peralatan-Material			Pencegahan		
Fundamental	0,46	0,391	0,297	0,421	0,476	0,453	0,418	0,465	0,46	0,272	0,323	0,348	0,278	0,265	0,257	0,309	0,274	0,256
Lingkungan	0,117	0,136	0,164	0,232	0,165	0,116	0,16	0,203	0,245	0,189	0,203	0,203	0,153	0,183	0,197	0,123	0,149	0,161
Kebijakan	0,117	0,136	0,164	0,111	0,131	0,167	0,23	0,161	0,118	0,311	0,282	0,26	0,221	0,231	0,233	0,177	0,187	0,191
Manajemen	0,117	0,136	0,164	0,101	0,091	0,092	0,079	0,064	0,057	0,15	0,112	0,089	0,193	0,21	0,216	0,17	0,177	0,181
Peralatan dan Material	0,107	0,118	0,13	0,07	0,072	0,092	0,059	0,056	0,065	0,041	0,043	0,056	0,122	0,08	0,06	0,135	0,155	0,165
Pencegahan	0,081	0,084	0,082	0,065	0,065	0,08	0,055	0,051	0,057	0,037	0,037	0,044	0,033	0,031	0,038	0,085	0,059	0,045

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan bobot kriteria dengan Fuzzy AHP

Pembobotan dilakukan dengan melibatkan tiga decision maker di Unit UPPBJ. Dengan langkah-langkah yang telah disebutkan di metode penelitian, maka diperoleh matriks perbandingan berpasangan dengan TFN (Tabel 3), normalisasi matriks perbandingan bebasangan dengan geometric mean (Tabel 4) dan pemboboban setiap nilai TFN, bobot kriteria, defuzzifikasi, normalisasi bobot serta ranking bobot kriteria (Tabel 5).

Dari hasil pengolahan dengan fuzzy AHP dipeoleh bahwa kriteria dengan bobot yang paling besar adalah kriteria Fundamental dengan bobot 0,36266, kriteria Kebijakan dengan bobot 0,17572 dan kriteria

Lingkungan dengan bobot 0,18985. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga kriteria tersebut menjadi kriteria prioritas dalam menilai dan memilih green supplier.

3.2 Penentuan bobot sub kriteria dengan Fuzzy AHP

Setelah diperoleh bobot kriteria, selanjutnya dilakukan pemboboban untuk masing-masing sub kriteria. Dengan langkah-langkah yang sama dilakukan untuk kriteria maka diperoleh hasil pemboboban setiap nilai TFN, bobot kriteria, defuzzifikasi, normalisasi bobot serta ranking bobot sub kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan pengolahan dengan fuzzy AHP diperoleh bahwa sub kriteria pengalaman proyek (F1) dengan bobot 0,08712, sub kriteria modal dan keuangan (F2)

dengan bobot 0,07906, sub kriteria sertifikasi ISO:14000 (L3) dengan bobot 0,07901, sub kriteria Enviromental Management System (K1) dengan bobot 0,07429, sub

kriteria kemampuan penanganan limbah (P1) dengan bobot 0,0593 menjadi sub kriteria prioritas karena memiliki bobot yang paling besar.

Tabel 5. Pembobotan setiap nilai TFN, bobot kriteria, defuzzifikasi, normalisasi bobot serta ranking bobot kriteria

KRITERIA	Rata-Rata Tiap Nilai Fuzzy			Bobot Kriteria (Fuzzy Weighted)			Defuzzifikasi (Bobot Kriteria)	Rank
	L	M	U	L	M	U		
Fundamental	0,351736	0,355604	0,335141	0,366207	0,371078	0,350698	0,36266	1
Lingkungan	0,157699	0,171193	0,176154	0,164187	0,178642	0,184331	0,17572	3
Kebijakan	0,182233	0,18078	0,182703	0,18973	0,188647	0,191184	0,18985	2
Manajemen	0,128939	0,121846	0,119847	0,134244	0,127148	0,12541	0,12893	4
Peralatan dan Material	0,081703	0,079481	0,086675	0,085065	0,08294	0,090699	0,08623	5
Pencegahan	0,055991	0,051579	0,05512	0,058294	0,053824	0,057678	0,05660	6
TOTAL	0,958301	0,960484	0,95564					
Invers Total	1,043514	1,041141	1,046419					
Increasing Order	1,041141	1,043514	1,046419					

Tabel 6. Pembobotan setiap nilai TFN, bobot kriteria, defuzzifikasi, normalisasi bobot serta ranking bobot sub kriteria

Kriteria / Subkriteria		Rata-Rata Tiap Nilai Fuzzy			Bobot Kriteria (Fuzzy Weighted)			Defuzzifikasi (Bobot Kriteria)	Rank				
		F1	F2	F3	L1	L2	L3			K1	K2	K3	M1
Fundamental	F1	0,068256	0,071704	0,07098	0,076641	0,080563	0,079976	0,07906					
	F2	0,074273	0,078187	0,079971	0,083397	0,087846	0,090107	0,08712					
Lingkungan	L1	0,040029	0,039516	0,040527	0,044946	0,044399	0,045664	0,04500					
	L2	0,038851	0,038125	0,038942	0,043623	0,042835	0,043878	0,04345					
	L3	0,070566	0,071019	0,069225	0,079234	0,079793	0,077999	0,07901					
	L4	0,026772	0,026507	0,028219	0,03006	0,029781	0,031795	0,03055					
Kebijakan	K1	0,066782	0,066479	0,064951	0,074985	0,074692	0,073183	0,07429					
	K2	0,050534	0,049633	0,049103	0,056742	0,055765	0,055327	0,05594					
	K3	0,047794	0,04762	0,047483	0,053665	0,053504	0,053501	0,05356					
Manajemen	M1	0,043865	0,043381	0,043778	0,049253	0,048741	0,049327	0,04911					
	M2	0,049661	0,048427	0,049531	0,055762	0,05441	0,055809	0,05533					
	M3	0,033993	0,034424	0,0359	0,038169	0,038677	0,04045	0,03910					
Peralatan dan Material	PM1	0,031718	0,030051	0,029646	0,035614	0,033764	0,033404	0,03426					
	PM2	0,04964	0,047851	0,045551	0,055738	0,053763	0,051325	0,05361					
	PM3	0,042054	0,042948	0,0439	0,04722	0,048254	0,049464	0,04831					
Pencegahan	P1	0,054837	0,05258	0,050808	0,061573	0,059076	0,057248	0,05930					
	P2	0,024685	0,024479	0,025881	0,027717	0,027503	0,029161	0,02813					
	P3	0,043601	0,042294	0,042436	0,048957	0,047519	0,047814	0,04810					
	P4	0,032689	0,032289	0,033206	0,036705	0,036278	0,037414	0,03680					
TOTAL	0,8906	0,887513	0,890039										
Invers Total	1,122839	1,126744	1,123547										
Increasing Order	1,122839	1,123547	1,126744										

3.3 Penentuan prioritas supplier dengan Fuzzy TOPSIS
 Untuk menentukan prioritas supplier dilakukan penentuan kriteria rating dan alternatif, pembobotan agregat rating fuzzy untuk setiap alternatif dan agregat bobot fuzzy untuk setiap kriteria., perhitungan normalisasi matriks fuzzy, perhitungan bobot normalisasi matriks fuzzy, perhitungan fuzzy positive ideal solution (FPIS) dan fuzzy negative ideal solution (FNIS), perhitungan jarak antara FPIS dan FNIS,

perhitungan closeness coefficient untuk setiap alternatif dan terakhir adalah, perankingan alternatif dengan nilai closeness coefficient yang paling tinggi menjadi alternatif terbaik. Dengan langkah-langkah yang telah disebutkan di metode penelitian, maka diperoleh matriks pembobotan rating fuzzy dan bobot alternative setiap sub kriteria (tabel 7), jarak antara FPIS dan FNIS (tabel 8) dan nilai closeness coefficient untuk setiap alternatif (tabel 9).

Tabel 7. Pembobotan rating fuzzy dan bobot alternative setiap sub kriteria

Bobot	0,07906	0,08712	0,04500	0,04345	0,07901	0,03055	0,07429	0,05594	0,05356	0,04911	0,05533	0,03910
Kandidat	Fundamental			Lingkungan			Kebijakan			Manajemen		
Supplier	F1	F2	L1	L2	L3	L4	K1	K2	K3	M1	M2	M3
Supplier A	0,04	0,06	0,08	0,03	0,07	0,09	0,02	0,03	0,04	0,03	0,06	0,08
Supplier B	0,03	0,06	0,08	0,03	0,05	0,09	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03
Supplier C	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,09	0,02	0,03	0,04	0,03	0,06	0,08
Supplier D	0,03	0,05	0,08	0,03	0,06	0,09	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03
Supplier E	0,03	0,06	0,08	0,05	0,07	0,09	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04
A*	0,04	0,06	0,08	0,05	0,07	0,09	0,02	0,03	0,04	0,03	0,06	0,08
A-	0,03	0,05	0,08	0,03	0,05	0,09	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03

Tabel 8. Jarak antara FPIS dan FNIS

Kandidat Supplier	di*	di-
Supplier A	0,052	0,112
Supplier B	0,128	0,041
Supplier C	0,074	0,096
Supplier D	0,092	0,076
Supplier E	0,074	0,098

Tabel 9. Nilai closeness coefficient untuk setiap alternatif

CCi	Rank	Supplier
0,6830	1	Supplier A
0,2434	5	Supplier B
0,5665	3	Supplier C
0,4513	4	Supplier D
0,5690	2	Supplier E

Dari hasil pengolahan data dengan Fuzzy TOPSIS, diperoleh hasil bahwa dari kelima kandidat supplier maka supplier A dinyatakan sebagai kandidat terbaik karena memiliki nilai closeness coefficient paling besar yaitu 0,6830. Dengan demikian supplier A menjadi supplier yang terpilih.

4. KESIMPULAN

Metode Fuzzy AHP dapat digunakan untuk mendapatkan kriteria prioritas dengan melihat bobot kriteria yang paling besar. Adapun kriteria prioritas dalam pemilihan green supplier yaitu kriteria fundamental, kriteria kebijakan dan kriteria lingkungan. Sama halnya dengan sub kriteria prioritas, diperoleh hasil dari metode fuzzy AHP sub kriteria prioritas yaitu sub kriteria pengalaman proyek (F1), sub kriteria modal dan keuangan (F2), sub kriteria sertifikasi ISO:14000 (L3), sub kriteria Enviromental Management System (K1) dan sub kriteria kemampuan penanganan limbah (P1).

Sedangkan untuk memperoleh alternatif terpilih dari supplier, metode Fuzzy TOPSIS dapat digunakan dengan hasil yaitu supplier A dengan bobot terbesar dan menjadi supplier terbaik untuk dipilih.

Hasil pembobotan dengan fuzzy AHP dan Fuzzy TOPSIS selanjutnya dapat menjadi pertimbangan atau rekomendasi dalam melakukan pemilihan *green supplier*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Untirta yang telah mendanai penelitian ini sebagai bagian dari Hibah Internal Fakultas Teknik tahun 2019 pada skema Penelitian Dosen Madya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada setiap narasumber ahli yang mendukung pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

[1] C. N. Liao and H. P. Kao, "An integrated fuzzy TOPSIS and MCGP approach to supplier selection in supply chain management," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 9, pp. 10803-10811, 2011, doi: 10.1016/j.eswa.2011.02.031.

- [2] M. C. J. Caniëls, M. H. Gehrsitz, and J. Semeijn, "Participation of suppliers in greening supply chains: An empirical analysis of German automotive suppliers," *J. Purch. Supply Manag.*, vol. 19, no. 3, pp. 134-143, 2013, doi: 10.1016/j.pursup.2013.02.005.
- [3] S. K. Srivastava, "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review," *Int. J. Manag. Rev.*, vol. 9, no. 1, pp. 53-80, 2007, doi: 10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x.
- [4] P. K. Humphreys, Y. K. Wong, and F. T. S. Chan, "Integrating environmental criteria into the supplier selection process," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 138, no. 1-3, pp. 349-356, 2003, doi: 10.1016/S0924-0136(03)00097-9.
- [5] W. Song, X. Ming, and Z. Wu, "An integrated rough number-based approach to design concept evaluation under subjective environments," *J. Eng. Des.*, vol. 24, no. 5, pp. 320-341, 2013, doi: 10.1080/09544828.2012.732994.
- [6] F. T. S. Chan and H. K. Chan, "An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 51, no. 9-12, pp. 1195-1207, 2010, doi: 10.1007/s00170-010-2683-6.
- [7] K. J. Wu, M. L. Tseng, and T. Vy, "Evaluation the drivers of green supply chain management practices in uncertainty," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 25, no. 2011, pp. 384-397, 2011, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.02.049.
- [8] S. A. S. Haeri and J. Rezaei, "A grey-based green supplier selection model for uncertain environments," *J. Clean. Prod.*, vol. 221, pp. 768-784, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.193.
- [9] R. W. Saaty, "The analytic hierarchy process-what it is and how it is used," *Math. Model.*, vol. 9, no. 3-5, pp. 161-176, 1987, doi: 10.1016/0270-0255(87)90473-8.
- [10] J. J. Buckley, "Fuzzy hierarchical analysis," *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 17, no. 3, pp. 233-247, 1985, doi: 10.1016/0165-0114(85)90090-9.
- [11] D. Y. Chang, "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 95, no. 3, pp. 649-655, 1996, doi: 10.1016/0377-2217(95)00300-2.
- [12] K. P. Yoon and C. L. Hwang, "Multiple attribute decision making: an introduction," vol. 1, 1995, [Online]. Available: http://www.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=Fo47SWBuEyMC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Multiple+attribute+decision+making.+Quantitative+applications+in+the+social+sciences&ots=etjLmFyzX&sig=4ZhTdxpPWHGi1u_Tr7zlFZ3uj5I.
- [13] M. N. Mokhtarian, "A note on 'extension of fuzzy TOPSIS method based on interval-valued fuzzy sets,'" *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 26, pp. 513-514, 2015, doi: 10.1016/j.asoc.2014.10.013.
- [14] P. Shojaei and A. Bolvardizadeh, "Rough MCDM model for green supplier selection in Iran: a case of university construction project," *Built Environ. Proj. Asset Manag.*, vol. 10, no. 3, pp. 437-452, 2020, doi: 10.1108/BEPAM-11-2019-0117.
- [15] H. Taherdoost and A. Brard, "Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods," *Procedia Manuf.*, vol. 32, pp. 1024-1034, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.317.
- [16] C. Natalia, I. P. Surbakti, and C. W. Oktavia, "Integrated ANP and TOPSIS Method for Supplier Performance Assessment," *J. Tek. Ind.*, vol. 21, no. 1, pp. 34-45, 2020, doi: 10.22219/jtiumm.vol21.no1.34-45.
- [17] T. Feng, Y. Jiang, and D. Xu, "The dual-process between green supplier collaboration and firm performance: A behavioral

- perspective," *J. Clean. Prod.*, vol. 260, p. 121073, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121073.
- [18] A. Awasthi and G. Kannan, "Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 91, pp. 100–108, 2016, doi: 10.1016/j.cie.2015.11.011.
- [19] M. A. Wibowo, N. U. Handayani, and A. Mustikasari, "Factors for implementing green supply chain management in the construction industry," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 11, no. 4, pp. 651–679, 2018, doi: 10.3926/jiem.2637.
- [20] R. Liang and H. Y. Chong, "A hybrid group decision model for green supplier selection: a case study of megaprojects," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, vol. 26, no. 8, pp. 1712–1734, 2019, doi: 10.1108/ECAM-10-2018-0462.
- [21] I. K. Astawa, I. K. Budarma, and C. I. S. Widhari, "Green Supplier Selection Practices and Its Implications of Green Purchasing: Case Study At 5 Stars Hotel in Bali," *Int. J. Appl. Sci. Tour. Events*, vol. 4, no. 2, pp. 140–149, 2020, doi: 10.31940/ijaste.v4i2.1965.
- [22] J. K. Sidjabat, Filson Maratur dan Runtut, "Pengembangan Model Pemilihan Green Supplier," *J. Environ. Eng. Waste Manag.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–20, 2019.