

Pengambilan Keputusan Pemilihan Pemasok di Perusahaan Manufaktur dengan Metode *Fuzzy ANP*

Rajesri Govindaraju* dan Jonathan Pratama Sinulingga

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung

Abstrak. *Persoalan pemilihan pemasok merupakan masalah penting dalam perusahaan karena hal ini akan sangat menentukan kemampuan perusahaan untuk menjamin ketersediaan bahan baku produksinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan model pengambilan keputusan fuzzy-ANP (fuzzy analytic network process) dalam kasus pemilihan pemasok di sebuah perusahaan manufaktur. Metode gabungan fuzzy dan ANP digunakan karena selain perlu mempertimbangkan ketergantungan antar kriteria, juga ingin diminimalisasi ketidakpastian dan ketidaktepatan pada penilaian tingkat kepentingan tiap kriteria. Kerangka berpikir dari penelitian ini terdiri dari empat tahapan besar yaitu proses pembentukan kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok, proses penentuan ketergantungan antar kriteria, proses pembobotan kriteria/subkriteria, serta proses penilaian pemasok. Proses pembobotan kriteria didasarkan dari dua data yaitu data bobot kriteria tanpa dependency dan kriteria bobot dengan dependency. Proses pembentukan kriteria/subkriteria dan penilaian untuk menghasilkan bobot diperoleh dari pihak expert yang berada pada perusahaan tempat studi kasus penelitian dilakukan. Proses penilaian pemasok dilakukan dengan memberikan penilaian menggunakan 5 (lima) skala untuk masing-masing pemasok yang kemudian hasilnya akan diperbandingkan. Hasil dari metode ini adalah urutan ranking pemasok pada suatu proses pengadaan. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa metode fuzzy ANP terbukti tepat digunakan dalam konteks pengadaan bahan baku pada kasus yang dibahas karena kriteria/subkriteria yang digunakan memiliki ketergantungan satu sama lain, serta mampu meminimalisasi ketidakpastian atau ketidaktepatan dalam melakukan penilaian. Dengan menggunakan metode ini, diperoleh kriteria yang memiliki bobot paling tinggi yaitu kriteria kualitas SDM yang mempengaruhi sebanyak 6 kriteria lainnya, diikuti dengan kriteria kualitas barang, reputasi pemasok, harga, dan metode pengiriman.*

Kata kunci: *Fuzzy-ANP, model keputusan, multi criteria decision making (MCDM), pengadaan, pemilihan pemasok*

Abstract. *The issue of of supplier selection is an important issue in the company because it will determine the company's ability to ensure the availability of raw materials in production. This study aims to establish a decision-making model for supplier selection which considers many criteria in which there is dependence between criteria. The method used is fuzzy-analytic network process (fuzzy-ANP). The combined fuzzy and ANP methods is used not only to consider dependencies between criteria, but also to minimize uncertainty and inaccuracy in the assessment of importance of each criterion. Four major stages used in the decision model, namely the establishment of supplier selection criteria and sub-criteria, the process of determining dependencies among the criteria, the weighting of the criteria/sub-criteria, and the last one is supplier assessment process. The process of weighting the criteria results in two data, criteria weights without dependency and criteria weights with dependency. The process of formation of criteria/sub-criteria and the ratings to generate weights were obtained from the experts from the company where case study was done. Supplier rating process is done through assessment process using the 5 (five) scale rating. The results of rating for each supplier will then be compared. The results of this method is the ranking of suppliers in a certain procurement process. From this research it is known that the method used, fuzzy ANP, is proved to be appropriate considering that there are dependencies among the criteria/sub-criteria used and the method is useful to minimize uncertainty or inaccuracy in the assessment process. By employing this method, criteria with the highest weight was obtained, that is quality of human resources which affect as much as 6 other criteria, followed by quality of product, supplier's reputation, price, and delivery method.*

Keywords: *Fuzzy-ANP, decision model, multi criteria decision making (MCDM), procurement, supplier selection*

*Corresponding author. Email: rajesri_g@mail.ti.itb.ac.id

Received: 15 May 2016, Revision: 16 December 2016, Accepted: 25 January 2017

Print ISSN: 1412-1700; Online ISSN: 2089-7928. DOI: <http://dx.doi.org/10.12695/jmt.2017.16.1.1>

Copyright©2017. Published by Unit Research and Knowledge, School of Business and Management - Institut Teknologi Bandung (SBM-ITB)

Pendahuluan

SCM adalah suatu proses untuk pengintegrasian aktivitas pengadaan material, pengubahan materi menjadi barang setengah jadi dan barang jadi, hingga pengiriman barang jadi tersebut ke tangan konsumen (Kilinci & Onal, 2011). Seiring dengan meningkatnya variasi dan permintaan pelanggan, kemajuan teknologi komunikasi dan sistem informasi, persaingan di lingkungan global dan kesadaran akan lingkungan memaksa perusahaan untuk fokus pada *Supply Chain Management* (SCM) (Tracey & Tan, 2001). SCM memiliki 3 aktivitas besar, yaitu pengadaan (*procurement*), produksi (*production*) dan distribusi (*distribution*).

Pengadaan adalah proses untuk mendapatkan barang dan jasa yang berguna untuk menjamin kelancaran proses produksi dan logistik suatu perusahaan. Proses pengadaan merupakan proses vital dalam SCM karena merupakan ujung tombak dari keseluruhan proses yang ada. Dalam melakukan proses pengadaan, sangat sering terjadi permasalahan pada aktivitas pemilihan pemasok. Hal ini disebabkan karena proses pemilihan pemasok menghabiskan banyak waktu dan sumber daya untuk mengumpulkan data dan melakukan analisis dengan cermat dari berbagai faktor positif dan negatif yang akan mempengaruhi seluruh alternatif keputusan (Avila dkk., 2012). Oleh karena itu dibutuhkan metode-metode yang dapat digunakan untuk membantu proses pemilihan pemasok. Pemilihan *supplier* perlu mempertimbangkan banyak kriteria, oleh karena itu proses evaluasi *supplier* membutuhkan pendekatan multi kriteria dalam analisis dan pencarian solusi (Buyukozkan & Cifci, 2011).

Menurut Saaty (2008), terdapat 2 (dua) metode umum dalam pengambilan keputusan yaitu pengambilan keputusan dengan kriteria yang *independent* atau tidak memiliki ketergantungan dan pengambilan keputusan dengan kriteria yang *dependent* atau memiliki ketergantungan. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dapat digunakan untuk permasalahan dengan kriteria *independent*, sedangkan untuk permasalahan

dengan kriteria *dependent*, Saaty (1999) menggunakan metode ANP. Metode AHP dan ANP melakukan perbandingan berpasangan setiap data yang akan dinilai sehingga membutuhkan partisipasi dari responden terpilih untuk melakukan perbandingan. Hal ini mengakibatkan metode AHP dan ANP memiliki kelemahan yaitu baik tidaknya *output* yang akan dihasilkan sangat bergantung pada tingkat ketepatan dan kepastian responden dalam melakukan penilaian secara subjektif.

Ha dan Krishnan (2008) menyatakan bahwa suatu metode dapat dikombinasikan dengan metode lainnya untuk meningkatkan kualitas dari pengambilan keputusan. Metode yang sering digunakan untuk menggabungkan model lainnya adalah model *fuzzy* (Wu & Barnes, 2011). Hal ini dikarenakan pendekatan himpunan *fuzzy* memperhitungkan ketidaktepatan yang sering terjadi pada saat melakukan penilaian yang bersifat subjektif (Sarkar & Mohapatra, 2006). Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahannya, metode AHP dan ANP dapat dikombinasikan dengan metode *fuzzy* menghasilkan metode kombinasi yaitu *fuzzy AHP* atau *fuzzy ANP*.

Sudah sangat banyak penelitian yang menggunakan metode kombinasi untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan pemasok. Beberapa diantaranya adalah Onut, Kara, dan Isik (2009) menggunakan metode *fuzzy ANP* dan *fuzzy TOPSIS*, Kilinci & Onal (2011) menggunakan metode *fuzzy AHP*, Vinodh, Ramiya, dan Gautham (2011) menggunakan metode *fuzzy ANP*, Khaleie, Fasanghari, dan Tavassoli (2012) menggunakan metode *fuzzy clustering* dan Ferreira dan Borenstein (2012) menggunakan metode *fuzzy Bayesian*. Dalam kasus pemilihan *supplier* nyata, pengambil keputusan sering kali tidak memiliki informasi yang lengkap dan tepat terkait dengan kriteria keputusan. Pengambilan keputusan sering mengandung ambiguitas. Penilaian sering subjektif dan tidak tepat. Kecenderungan penelitian saat ini adalah membangun model pengambilan keputusan yang efektif untuk mengatasi masalah yang kompleks mengenai *supplier selection* yang mempertimbangkan berbagai faktor ketidakpastian (Chai, Liu, dan Ngai, 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji penggunaan metode pengambilan keputusan berbasis ANP untuk mendukung proses pemilihan pemasok yang mempertimbangkan keberadaan faktor-faktor ketidakpastian dalam proses pengambilan keputusan. Metode *fuzzy* ANP digunakan karena pada penelitian ini setiap kriteria yang digunakan dalam proses pemilihan pemasok memiliki ketergantungan satu sama lain. Selain itu, dengan memasukkan metode *fuzzy*, maka faktor ketidakpastian dapat ikut dipertimbangkan dalam proses pemilihan pemasok.

Dengan demikian, penelitian ini akan lebih menggambarkan kriteria yang benar-benar mempunyai pengaruh besar dalam pemilihan pemasok berdasarkan analisis ketergantungan antar kriterianya, terutama dalam penerapannya pada perusahaan manufaktur. Selain pembahasan terkait metode pengambilan keputusan, proses penyusunan kriteria dalam pemilihan pemasok juga merupakan bagian penting yang diharapkan dapat memperkaya wawasan dalam pengambilan keputusan pemilihan pemasok.

Tabel 1.
Penelitian Terdahulu

Penelitian	Studi Kasus	Objek Penelitian	Metode
Onut dkk. (2009)	Perusahaan Telekomunikasi	Pemilihan pemasok jangka panjang	<i>Fuzzy</i> ANP dan <i>fuzzy</i> TOPSIS
Hsu dkk. (2009)	Industri Elektronik Taiwan	Pemilihan pemasok	ANP
Kilinci dan Onal (2011)	Perusahaan Mesin Cuci	Pemilihan pemasok	<i>Fuzzy</i> AHP
Vinodh dkk. (2011)	Salzer Electronics Limited	Pemilihan pemasok di perusahaan manufaktur	<i>Fuzzy</i> ANP
Amin dkk. (2011)	Perusahaan S.G di Iran	Pemilihan pemasok <i>part</i> mobil	<i>Fuzzy</i> SWOT dan <i>fuzzy linear programming</i>
Shaw dkk. (2012)	Perusahaan Manufaktur Kain di India	Pemilihan pemasok untuk <i>raw material</i>	<i>Fuzzy</i> AHP dan <i>fuzzy multi-objective linear programming</i>
Khaleie dkk. (2012)	Perusahaan manufaktur mobil	Pemilihan pemasok untuk <i>raw material</i>	Pendekatan <i>fuzzy clustering</i>
Ferreira dan Borenstein (2012)	Pabrik Rio Grande do Sul	Pemilihan pemasok untuk <i>biodiesel plant</i>	<i>Fuzzy Bayesian</i>
Lee dkk. (2013)	Perusahaan Teknologi Taiwan	Penentuan pemasok dan jumlah diskon	Model integrasi untuk <i>lot sizing</i>

Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1, terdapat beberapa penelitian terdahulu yang memiliki tujuan serupa, di antaranya adalah Vinodh dkk. (2011) yang menerapkan *fuzzy* ANP untuk pemilihan pemasok pada perusahaan manufaktur. Akan tetapi, berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan pengaplikasian pada perusahaan dengan melakukan proses penyusunan kriteria-kriteria pemilihan pemasok menggunakan set kriteria awal yang lebih menyeluruh.

Dengan digunakannya set kriteria awal yang mencakup area yang luas serta mempertimbangkan berbagai aspek yang diperoleh melalui studi literatur terdahulu, kajian pemilihan pemasok pada penelitian ini diharapkan akan lebih komprehensif.

Analytic Network Process

ANP merupakan suatu metode yang dikembangkan untuk mengatasi kekurangan utama yang dimiliki oleh AHP yaitu masalah ketergantungan. Pada AHP seluruh kriteria yang diperbandingkan dianggap tidak memiliki ketergantungan.

Namun dalam dunia nyata, satu kriteria dengan kriteria lainnya sering sekali memiliki ketergantungan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dikembangkan metode ANP yang memperhitungkan ketergantungan setiap kriteria. Metode AHP memandang kriteria secara *independent* yaitu tidak berkaitan satu sama lain. Dengan memandang masing-masing kriteria tidak berkaitan satu sama lain, maka kriteria dapat dianggap berada pada tingkatan atau hirarki yang sama. Kondisi ini membuat permasalahan dapat distrukturkan berdasarkan tingkatan hirarki dengan tujuan berada pada tingkatan teratas dan kriteria berada pada level kedua dan alternatif pada level selanjutnya.

Dengan demikian permasalahan dapat dipetakan secara hirarki. Namun untuk permasalahan dimana terdapat *dependence*, pemetaan hirarki tentu tidak dapat dilakukan karena pada permasalahan ini terdapat interaksi dan *dependence* antar elemen, sehingga tidak dapat ditentukan level untuk masing-masing elemen tersebut.

Secara umum langkah pengerjaan metode ANP menurut Onut dkk.(2009) adalah sebagai berikut:

1. *Perbandingan berpasangan dan estimasi bobot relatif*

Pada awalnya akan dilakukan penentuan seluruh kriteria dan *clusters* beserta hubungan ketergantungannya. Setelah mendapatkan hubungan ketergantungan, maka dilakukan perbandingan berpasangan menggunakan skala 1-9 yang direkomendasikan oleh Saaty. Setelah seluruh perbandingan berpasangan dilakukan, selanjutnya seperti model AHP akan dihitung nilai vektor prioritas sehingga dihasilkan bobot kriteria yang diperbandingkan.

2. *Pembentukan supermatrix awal*

Vektor prioritas yang telah didapatkan akan dinormalisasi sehingga diperoleh vektor prioritas lokal. Vektor prioritas lokal kemudian dimasukkan ke kolom yang sesuai pada matriks ketergantungan antar elemen dan dihasilkan prioritas global. Matriks tersebut kemudian disebut *supermatrix*.

$$w = \begin{matrix} \text{Goal (G)} \\ \text{Criteria (C)} \\ \text{Alternatives (A)} \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{bmatrix} \quad (1)$$

Dengan w adalah *supermatrix*, W_{21} adalah vektor yang menunjukkan pengaruh tujuan terhadap kriteria, W_{32} adalah vektor yang menunjukkan pengaruh kriteria terhadap alternatif dan I adalah matriks identitas.

Jika terdapat ketergantungan antar kriteria, maka nilai matriks W pada W_{22} tidak lagi bernilai 0 (nol). Oleh karena itu matriks W akan berubah menjadi berikut.

$$w = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{bmatrix} \quad (2)$$

Pengaruh dari setiap elemen yang memiliki *clusters* atau elemen dari komponen lainnya dapat direpresentasikan sebagai vektor prioritas dengan menerapkan perbandingan berpasangan.

3. *Pembentukan bobot supermatrix*

Vektor *eigen* diperoleh dari matriks perbandingan berpasangan setiap baris *clusters* pada kolom *clusters* yang menghasilkan vektor *eigen* untuk setiap kolom *clusters*. Masukan pertama dari masing-masing vektor *eigen* untuk setiap kolom *cluster* dikalikan dengan seluruh elemen pada *cluster* pertama dari kolom tersebut, masukan kedua dikalikan dengan seluruh elemen pada *cluster* kedua dari kolom tersebut dan seterusnya. Dengan cara ini, *cluster* pada setiap kolom dari *supermatrix* bisa dibobotkan sehingga dihasilkan *weighted supermatrix*.

Tabel 2.
Skala 1-9 Saaty Untuk AHP (Saaty, 2008)

Nilai Kepentingan	Pengertian
1	Sama Penting
3	Suatu elemen relatif lebih penting dibandingkan dengan elemen yang lain
5	Suatu elemen lebih penting dibandingkan dengan elemen yang lain
7	Suatu elemen jelas lebih penting dibandingkan dengan elemen yang lain
9	Suatu elemen mutlak lebih penting dibandingkan dengan elemen yang lain
2,4,6,8	Nilai-nilai yang berada diantara dua penilaian yang berdekatan

Fuzzy ANP untuk Pemilihan Pemasok

Fuzzy ANP merupakan suatu metode yang menggabungkan metode *fuzzy* dengan ANP. ANP sangat sesuai untuk kondisi dimana sangat banyak ketergantungan terjadi dalam pengambilan keputusan. Proses ANP membutuhkan data perbandingan berpasangan. Dalam memperoleh data matriks berpasangan tersebut akan dibutuhkan subjektivitas dari masing-masing responden dalam melakukan perbandingan.

Penggunaan ANP konvensional memiliki beberapa kekurangan, antara lain ANP tidak dapat menangkap kebutuhan pihak pembuat keputusan secara eksplisit (Ayag & Ozdemir, 2012). Pengambilan keputusan seringkali mengandung keambiguan. Penilaian yang dilakukan manusia untuk atribut kualitatif sering bersifat subjektif dan tidak tepat. Oleh karena ini pada penelitian ini digunakan *fuzzy set theories* yang dikombinasikan dengan ANP konvensional. Perhitungan perbandingan berpasangan pada ANP dilakukan dengan menggunakan *triangular fuzzy number*.

Fuzzy sets dan fuzzy number

Fakta menjelaskan bahwa terkadang terdapat ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi, dan kebenaran parsial dalam cara berpikir manusia. Oleh karena itu, untuk menangani pendefinisian keanggotaan yang memiliki ketidakjelasan tersebut, muncul konsep himpunan *fuzzy*.

Menurut Zimmermann (1991) himpunan *fuzzy* A pada semesta X dinyatakan sebagai himpunan pasangan berurutan (*set of ordered pairs*) baik diskrit maupun kontinu. Secara matematis himpunan *fuzzy* \tilde{A} dalam himpunan semesta X dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\tilde{A} = \{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X \} \tag{3}$$

Himpunan *fuzzy* tersebut dapat berupa *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dimana bilangan *fuzzy* triangular dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\tilde{A} = (l, m, u) \tag{4}$$

Parameter *l*, *m* dan *u* menunjukkan nilai kemungkinan rendah, tengah dan atas dari suatu kegiatan. Menurut Zadeh (1975) ada beberapa aturan operasi aritmatika TFN yang umum digunakan jika terdapat 2 (dua) bilangan TFN yaitu $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ dan $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ yaitu sebagai berikut:

1. Penjumlahan dua bilangan *fuzzy* \oplus
 $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$ (5)
2. Perkalian dua bilangan *fuzzy* \otimes
 $\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$ (6)
3. Perkalian bilangan real *r* dengan bilangan *fuzzy* $\otimes r$
 $r \otimes \tilde{A}_1 = (rl_1, rm_1, ru_1)$ (7)
4. Pengurangan dua bilangan *fuzzy* $\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2$
 $= (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2)$ (8)
5. Pembagian dua bilangan *fuzzy* \oslash
 $\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$ (9)
6. Resiprokal bilangan *fuzzy* $\tilde{A}_1^{-1} =$
 $(1 / u_1, 1 / m_1, 1 / l_1)$ untuk $l_1, m_1, u_1 > 0$ (10)

Proses Fuzzy Analytical Network Process

Langkah-langkah metode fuzzy ANP (Vinodh dkk., 2011) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung bobot kriteria tanpa ketergantungan (W_{21}).

Langkah untuk mendapatkan bobot kriteria tanpa ketergantungan adalah sebagai berikut:

- Mengubah matriks perbandingan berpasangan AHP menjadi matriks perbandingan berpasangan fuzzy. Pada tahap ini setiap skala AHP 1-9 pada Tabel 2 yang pada awalnya digunakan untuk melakukan perbandingan berpasangan akan ditransformasikan ke dalam bentuk fuzzy.

$$\begin{pmatrix} a_{11}^l, a_{11}^m, a_{11}^u & \dots & a_{1n}^l, a_{1n}^m, a_{1n}^u \\ a_{21}^l, a_{21}^m, a_{21}^u & \dots & a_{2n}^l, a_{2n}^m, a_{2n}^u \\ \vdots & & \vdots \\ a_{mi}^l, a_{mi}^m, a_{mi}^u & \dots & a_{mn}^l, a_{mn}^m, a_{mn}^u \end{pmatrix} \quad (11)$$

Dengan nilai *reciprocal* adalah $1/a_{mn}$.

- Membuat matriks perbandingan berpasangan fuzzy gabungan. Jika terdapat lebih dari satu pengambil keputusan maka matriks perbandingan berpasangan fuzzy yang dihasilkan akan lebih dari satu juga. Oleh karena itu perlu dilakukan rata-rata geometrik untuk menghasilkan matriks perbandingan berpasangan fuzzy gabungan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\hat{GT} = \sum_{i=1}^k l_i \sum_{i=1}^k m_i \sum_{i=1}^k u_i \quad (12)$$

- Melakukan normalisasi terhadap matriks perbandingan berpasangan fuzzy gabungan. Normalisasi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\hat{W} = \frac{\hat{G}_1}{\hat{G}_T} = \frac{l_i, m_i, u_i}{\sum_{i=1}^k l_i \sum_{i=1}^k m_i \sum_{i=1}^k u_i} = \frac{(l_i / \sum_{i=1}^k l_i, m_i / \sum_{i=1}^k m_i, u_i / \sum_{i=1}^k u_i)}{\sum_{i=1}^k l_i} \quad (13)$$

- Perhitungan bobot dalam bentuk fuzzy. Bobot dalam bentuk fuzzy dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$W_{in} = \frac{w_{id}^l}{\sum_{i=1}^k w_{id}^u}, \frac{w_{id}^m}{\sum_{i=1}^k w_{id}^m}, \frac{w_{id}^u}{\sum_{i=1}^k w_{id}^l} \quad (14)$$

- Melakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan bobot nonfuzzy. Proses defuzzifikasi dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$DM_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3} \quad (15)$$

2. Menghitung bobot kriteria yang memiliki ketergantungan (W_{22})

Proses perhitungan bobot kriteria yang memiliki ketergantungan sama dengan proses perhitungan yang tidak memiliki ketergantungan (langkah 1). Perbedaan hanya terletak pada kriteria yang diperbandingkan. Pada tahap ini kriteria yang diperbandingkan hanya kriteria yang memiliki ketergantungan. Keseluruhan bobot kriteria yang memiliki ketergantungan akan dimasukkan kedalam matriks besar yaitu supermatriks.

3. Menghitung bobot keseluruhan

Bobot keseluruhan dapat dihasilkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$w_i = w_{kriteria} = w_{21} \times w_{21} \quad (16)$$

Model Usulan

Model usulan untuk proses pemilihan pemasok adalah sebagai berikut:

Tabap 1: Pembentukan Kriteria dan Subkriteria

Pembentukan kriteria dimulai dari identifikasi kriteria awal yang berasal dari Zouggari dan Benyoucef (2012) dan Rezaei dan Ortt (2013). Kriteria-kriteria awal tersebut kemudian diproses lebih lanjut dengan menggunakan metode *cut off point* sehingga menghasilkan kriteria yang relevan dan penting untuk digunakan dalam proses pemilihan pemasok di Divisi HDK. Kriteria-kriteria tersebut kemudian dibagi menjadi kriteria utama dan subkriteria.

Tabap 2: Penentuan Ketergantungan Antar Kriteria

Selanjutnya akan dilakukan proses *determining interdependency* untuk mengetahui kriteria-kriteria yang memiliki ketergantungan satu sama lain.

Tabap 3: Menghitung bobot kriteria tanpa dependency

Perhitungan bobot dilakukan dengan melakukan perbandingan berpasangan setiap kriteria. Pada perbandingan berpasangan ini digunakan skala TFN Kannan, Khodaverdi, Olfat, Jafarian, dan Diabat (2013) seperti pada Tabel 3.

Tabap 4: Menghitung bobot kriteria dengan dependency

Perhitungan hanya dilakukan untuk kriteria yang memiliki ketergantungan sesuai dengan hasil pada tahap 2.

Tabap 5: Menghitung bobot gabungan

Bobot gabungan dihasilkan melalui hasil perkalian matriks antara bobot kriteria tanpa *dependency* dan bobot kriteria dengan *dependency*.

Tabap 6: Melakukan penilaian terhadap pemasok

Pemasok dinilai berdasarkan penilaian terhadap kriteria-kriteria. Kriteria dinilai dengan menggunakan 5 (lima) skala yang diajukan oleh Yuksel dan Dagdeviren (2010) pada penelitiannya. Lima skala tersebut adalah “sangat baik”, “baik”, “sedang”, “tidak baik” dan “sangat tidak baik” seperti pada Tabel 4.

Tabel 3.

Nilai TFN (Kannan dkk., 2013)

Skala AHP	Skala TFN	Keterangan
1	1,1,1	<i>Equal strong</i>
2	1,2,3	<i>Intermediate</i>
3	2,3,4	<i>Moderately strong</i>
4	3,4,5	<i>intermediate</i>
5	4,5,6	<i>Strong</i>
6	5,6,7	<i>intermediate</i>
7	6,7,8	<i>Very strong</i>
8	7,8,9	<i>intermediate</i>
9	9,9,9	<i>Extremely strong</i>

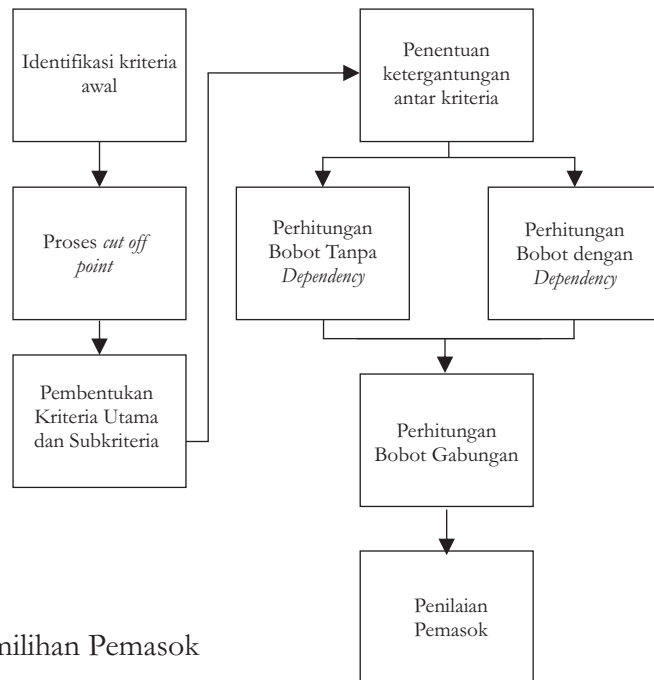
Tabel 4.

Skala Penilaian (Dagdeviren dan Yuksel, 2010)

Skala	Nilai
Sangat Baik (SB)	1
Baik (B)	0.75
Cukup (C)	0.5
Tidak Baik (TB)	0.25
Sangat Tidak Baik (STB)	0

Metodologi Penelitian

Studi kasus yang digunakan untuk mengaplikasikan model usulan pemilihan pemasok adalah pada PTP, khususnya Divisi HDK. Sebanyak 90% dari bahan baku utama yang dijual oleh Divisi HDK diperoleh melalui kegiatan *trading* dengan pemasok-pemasok yang berasal dari luar negeri sehingga dapat dikatakan bahwa kegiatan pengadaan merupakan kegiatan utama dan krusial pada divisi ini. Kegiatan pengadaan yang dilakukan oleh Divisi HDK dimulai dengan adanya permintaan akan bahan baku utama dilanjutkan dengan proses pencarian pemasok dan kemudian proses pemilihan pemasok. Pada penelitian ini, setiap data atau penilaian yang dilakukan diperoleh dari tim pengadaan Divisi HDK yang terdiri dari 4 (empat) orang yaitu 1 (satu) kepala biro pengadaan dan 3 (tiga) anggota biro pengadaan. Tahapan yang digunakan untuk proses pemilihan pemasok pada studi kasus ini akan mengikuti metodologi usulan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Pemilihan Pemasok

Tabap 1: Pembentukan Kriteria dan Subkriteria.

Kriteria awal yang dikembangkan sebanyak 34 kriteria yang diperoleh dari penelitian terkait dengan pemilihan pemasok yaitu Zougari dan Benyoucef (2012) dan Rezaei dan Ortt (2013) yaitu seperti Tabel 5 kriteria awal berikut.

Tabel 5. Kriteria Awal

No	Kriteria	No	Kriteria
1	Price/ Cost	18	Repair Service
2	Delivery	19	After Sales Support
3	Quality	20	Packaging Ability
4	Reserve Capacity	21	Reliability of Product
5	Industry Knowledge	22	Operational Controls
6	Production	23	Training Aids
7	Geographic Location	24	Labor Relations Record
8	Design Capability	25	Ease of Maintenance Design
9	Technical Capability	26	Communication System
10	Technology Monitoring	27	Desire to Business
11	Management and Organization	28	Human Resource Management
12	Reputation & position in industry	29	Amount of Past Business
13	Financial Position	30	Warranties and Claims
14	Performance Awards	31	Customer Linking
15	Performance History	32	Health and Safety
16	Cost Control	33	Innovation
17	Technology Development	34	Political & Economical Stability

Kriteria-kriteria di atas kemudian divalidasi kepada tim pengadaan untuk mendapatkan kriteria yang relevan pada Divisi HDK. Kriteria hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.
Kriteria Hasil Validasi

No	Kriteria
1	Harga
2	Waktu Pengiriman
3	Kualitas Barang
4	Ketepatan Mutu
5	Ketepatan Waktu
6	Ketepatan Kuantitas
7	Metode Pengiriman
8	Respon Klaim
9	Kualitas SDM
10	After Sales Support
11	Metode Pembayaran
12	Reputasi Pemasok
13	Letak Geografis
14	Sistem Komunikasi
15	Pengemasan
16	Perwakilan Perusahaan
17	Situasi Politik

Setelah mendapatkan kriteria yang relevan maka dilakukan proses *cut off kriteria* sehingga dihasilkan kriteria yang tidak hanya relevan namun juga penting untuk digunakan. Hasil kriteria *cut-off point* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7.
Kriteria Hasil cut-off point

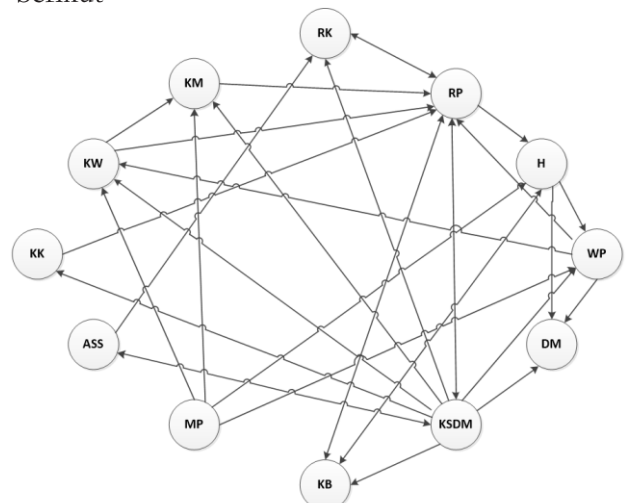
No	Kriteria
1	Harga
2	Waktu Pengiriman
3	Kualitas Barang
4	Ketepatan Mutu
5	Ketepatan Waktu
6	Ketepatan Kuantitas
7	Metode Pengiriman
8	Respon Klaim
9	Kualitas SDM
10	After Sales Support
11	Metode Pembayaran
12	Reputasi Pemasok

Kriteria-kriteria yang telah dihasilkan tersebut kemudian akan dibagi kedalam kriteria dan subkriteria seperti pada Tabel 8.

Tabel 8.
Kriteria dan Subkriteria

No	Kriteria	Subkriteria
1		Respon Klaim (RK)
2	Kinerja Masa lalu (KML)	Ketepatan Mutu (KM)
3		Ketepatan Waktu (KW)
4		Ketepatan Kuantitas (KK)
5	Pelayanan (P)	After Sales Support (ASS)
6		Metode Pembayaran (MP)
7	Kualitas (K)	Kualitas Barang (KB)
8		Kualitas SDM (KSDM)
9		Metode Pengiriman (DM)
10	Delivery (D)	Waktu Pengiriman (WP)
11	Harga (H)	
12	Reputasi Pemasok (RP)	

Tahap 2: Penentuan Ketergantungan Antar Kriteria. Ketergantungan antar kriteria diperoleh dengan memberikan kuesioner *determining interdependency* dimana suatu kriteria dianggap memiliki ketergantungan satu sama lain apabila nilai dari kuesioner tersebut lebih besar atau sama dengan setengah dari jumlah responden. Hasil ketergantungan antar kriteria dapat dilihat pada Gambar 2 jaringan antar kriteria berikut



Gambar 2. Jaringan Antar Kriteria

Tabap 3: Menghitung bobot kriteria tanpa dependency
 Bobot kriteria tanpa *dependency* dilakukan dengan mengalikan bobot kriteria utama dan subkriteria. Bobot kriteria utama dihasilkan dengan melakukan perbandingan berpasangan pada setiap kriteria utama, sedangkan bobot subkriteria dihasilkan dengan melakukan perbandingan berpasangan setiap subkriteria yang berada pada satu kriteria utama. Contoh perbandingan berpasangan kriteria utama dari seluruh responden dapat dilihat pada Tabel 9 sedangkan hasil bobot kriteria tanpa *dependency* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabap 4: Menghitung bobot kriteria dengan dependency
 Kriteria-kriteria yang memiliki ketergantungan satu sama lain akan diperbandingkan menghasilkan supermatriks bobot kriteria dengan *dependency* seperti Tabel 11.

Tabap 5: Menghitung bobot gabungan
 Perhitungan bobot gabungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (16). Hasil perhitungan bobot gabungan seperti pada Tabel 12.

Tabel 9.
Perbandingan Berpasangan Kriteria Utama

Kriteria Utama	KML	P	K	D	H	RP
KML	(1, 1, 1)	(2.8, 3.87, 4.9)	(0.34, 0.43, 0.59)	(1, 1.57, 2.21)	(0.24, 0.32, 0.5)	(2.38, 3.41, 4.4)
P	(0.2, 0.26, 0.35)	(1, 1, 1)	(0.13, 0.15, 0.18)	(0.18, 0.23, 0.3)	(0.14, 0.16, 0.2)	(0.31, 0.45, 0.8)
K	(1.68, 2.34, 2.91)	(5.6, 6.65, 7.67)	(1, 1, 1)	(1.68, 2.34, 2.91)	(0.9, 1.11, 1.41)	(4.43, 5.44, 6.4)
D	(0.45, 0.64, 1)	(3.4, 4.4, 5.42)	(0.34, 0.43, 0.59)	(1, 1, 1)	(0.84, 1.19, 1.57)	(2, 2.66, 3.2)
H	(2, 3.08, 4.12)	(5.1, 6.12, 7.14)	(0.71, 0.9, 1.11)	(0.64, 0.84, 1.19)	(1, 1, 1)	(5.09, 6.12, 7.1)
RP	(0.23, 0.29, 0.42)	(1.2, 2.21, 3.22)	(0.16, 0.18, 0.23)	(0.31, 0.38, 0.5)	(0.14, 0.16, 0.2)	(1, 1, 1)

Tabel 10.
Perbandingan Berpasangan Kriteria Utama

Kriteria Utama	Bobot Kriteria Utama	Subkriteria	Bobot Subkriteria	Bobot Global
Kinerja Masa lalu	0.162	Respon Klaim	0.075	0.012
		Ketepatan Mutu	0.390	0.063
		Ketepatan Waktu	0.239	0.039
		Ketepatan Kuantitas	0.295	0.048
Pelayanan	0.038	<i>After Sales Support</i>	0.230	0.009
		Metode Pembayaran	0.770	0.029
Kualitas	0.300	Kualitas Barang	0.806	0.242
		Kualitas SDM	0.194	0.058
<i>Delivery</i>	0.168	Metode Pengiriman	0.250	0.042
		Waktu Pengiriman	0.750	0.126
Harga	0.274			0.274
Reputasi Pemasok	0.059			0.059

Tabel 11.
Bobot Kriteria dengan Dependency

		Bobot dengan <i>dependency</i>											
Kriteria/ Subkriteria	KML			P		K		D		H	RP		
	RK	KM	KW	$\frac{K}{K}$	ASS	MP	KB	KSM	DM			WP	
KML	RK											0.040	
	KM											0.198	
	KW		0.352									0.193	
P	KK											0.168	
	ASS	0.497					0.434						
K	MP												
	KB										0.609	0.239	
D	KSM	0.384	0.491	0.131	1	1	0.315		0.154	0.498		0.089	
	DM		0.157	0.375						0.379		0.128	
H	WP			0.494					0.446			0.073	
	RP	0.119					0.406		0.400	0.124			
							0.279	0.566				0.263	

Tabel 12.
Bobot Gabungan

Kriteria Utama	Subkriteria	Bobot Gabungan
Kinerja Masa lalu	Respon Klaim	0.002
	Ketepatan Mutu	0.012
	Ketepatan Waktu	0.034
	Ketepatan Kuantitas	0.010
Pelayanan	<i>After Sales Support</i>	0.031
	Metode Pembayaran	0.029
Kualitas	Kualitas Barang	0.181
	Kualitas SDM	0.248
<i>Delivery</i>	Metode Pengiriman	0.107
	Waktu Pengiriman	0.042
Harga		0.130
Reputasi Pemasok		0.174
Total		1.000

Tabap 6: Proses Penilaian Pemasok

Berikut adalah langkah-langkah penilaian pemasok untuk menghasilkan rekomendasi pemasok terpilih:

1. Menetapkan rating pada pemasok untuk masing-masing kriteria

Pada tahap ini setiap pemasok dinilai dengan menetapkan rating “sangat baik”, “baik”, “sedang”, “tidak baik” atau “sangat tidak baik” pada masing-masing kriteria/subkriteria sesuai dengan kondisi pemasok.

2. Menentukan nilai pemasok.

Nilai pemasok diperoleh melalui perkalian antara nilai bobot dengan nilai rating untuk masing-masing kriteria/subkriteria. Nilai pemasok dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$np_{ijn} = w_j \times r_{ijn} \tag{19}$$

Dengan:

np_{ijn} = Nilai pemasok ke- i untuk kriteria ke- j pada penilai ke- n

w_j = Bobot kriteria ke- j

r_{ijn} = Nilai rating pemasok ke- i untuk kriteria ke- j pada penilai ke- n

3. Menghitung nilai rata-rata setiap pemasok

Penilaian terhadap pemasok dilakukan oleh seluruh tim pengadaan. Oleh karena itu setiap kriteria memiliki n buah nilai hasil penilaian masing-masing orang yang melakukan penilaian. Nilai rata-rata setiap pemasok dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{np_{ij1} + np_{ij2} + \dots + np_{ijn}}{n} \quad (18)$$

Dengan:

x_{ij} = Nilai rata-rata pemasok ke- i untuk kriteria ke- j

4. Menghitung nilai total pemasok

Nilai total pemasok diperoleh dengan menjumlahkan nilai rata-rata untuk setiap kriteria. Nilai total pemasok dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$nt_i = \sum_{j=1}^k \bar{x}_{ij} \quad (19)$$

Dengan:

nt_i = Nilai total pemasok ke- i

Contoh penilaian pemasok dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13.

Penilaian Pemasok

Kriteria/ Subkriteria	Bobot	Skala Penilaian	Nilai Skala	Hasil Penilaian
RK	0.02	SB	1	0.02
KM	0.012	SB	1	0.012
KW	0.034	SB	1	0.034
KK	0.010	SB	1	0.010
ASS	0.031	B	0.75	0.023
MP	0.029	B	0.75	0.022
KB	0.181	SB	1	0.181
KSDM	0.248	SB	1	0.248
DM	0.107	B	0.75	0.080
WP	0.042	SB	1	0.042
H	0.130	B	0.75	0.098
RP	0.174	C	0.5	0.087
		Total		0.857

Pada contoh Tabel 13 diperoleh hasil penilaian suatu pemasok sebesar 0.857. Nilai ini kemudian diperbandingkan dengan hasil penilaian pemasok lainnya. Pemasok yang memiliki nilai paling tinggi kemudian akan direkomendasikan sebagai pemasok terpilih yang akan mengadakan suatu barang tertentu.

Hasil dan Pembahasan

Banyak metode yang dapat digunakan untuk membantu proses pemilihan pemasok. Secara umum, kebanyakan metode pemilihan pemasok menggunakan kriteria kuantitatif. Di antara pendekatan yang berbasis kuantitatif adalah metode *linear programming*, *integer programming*, *goal programming*, *data envelopment analysis (DEA)*, *artificial neural network*, dan *principal component analysis* (Tahriri, Rasid Osman, Ali, & Mohd Yusuff, 2008). Metode yang juga banyak digunakan untuk pemilihan pemasok dan mampu mengakomodir aspek kuantitatif dan kualitatif adalah AHP, yang dalam sejumlah kasus dapat dikombinasikan dengan metode *fuzzy* sehingga menjadi *fuzzy-AHP*.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, ANP merupakan pengembangan dari AHP. AHP merupakan bentuk atau kasus khusus dari ANP. AHP memiliki keunggulan dalam kesederhanaan sementara ANP unggul dalam hal analisis keterkaitan antar kriteria yang lebih komprehensif, yang dapat menghasilkan perbandingan alternatif secara lebih obyektif serta dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat.

Pada penelitian ini, kriteria pemilihan pemasok dibangkitkan dari beberapa referensi kriteria yang berasal dari penelitian Zougari dan Benyoucef (2012) dan Rezaei dan Ortt (2013). Kriteria dari penelitian Zougari dan Benyoucef (2012) digunakan karena pada penelitian ini kriteria juga didefinisikan untuk mempertimbangkan pemasok yang berasal dari luar negeri. Hal ini sesuai dengan kondisi di Divisi HDK yang memiliki pemasok berasal dari luar negeri seperti China, India, Australia, Korea Selatan, dan Taiwan.

Kriteria yang terkait dengan keberadaan pemasok di luar negeri adalah kriteria situasi politik dan stabilitas ekonomi suatu negara. Dibandingkan dengan kondisi proses pemilihan pemasok yang berjalan saat ini di Pindad dimana kriteria yang digunakan tim pengadaan dinilai sangat kurang, salah satu aspek positif terkait proses pengembangan model keputusan dalam penelitian ini adalah penelitian ini dimulai dengan menggunakan kriteria sebanyak-banyaknya. Kriteria awal yang dikembangkan diperoleh dari jurnal-jurnal ilmiah yang memiliki kesamaan objek kajian yaitu berkaitan dengan pemilihan pemasok secara umum dan pemilihan pemasok untuk pemasok yang berada di luar negeri.

Dengan mengedepankan penggunaan kriteria-kriteria awal yang komprehensif, pada set kriteria awal diperoleh beberapa kriteria yang tidak umum digunakan namun berpotensi memiliki pengaruh penting bagi perusahaan, seperti kriteria *design capability* yang dapat dijadikan pertimbangan penting dalam memilih pemasok terutama pada perusahaan yang bersifat *make to order* (MTO). Namun pada prosesnya, beberapa kriteria-kriteria yang cukup baru dan tidak umum digunakan ini pada akhirnya tidak terpilih sebagai kriteria utama.

Hal ini dikarenakan proses pemilihan ini didasarkan pada pendapat dan pengalaman dari pihak perusahaan di mana metode ini diterapkan. Adapun kriteria-kriteria yang dihasilkan setelah melalui reduksi adalah sebagai berikut:

- Kinerja masa lalu dengan subkriteria respon klaim, ketepatan mutu, ketepatan waktu, dan ketepatan kuantitas
- Pelayanan dengan subkriteria *after sales support* dan metode pembayaran
- Kualitas dengan subkriteria kualitas barang dan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM)
- *Delivery* dengan subkriteria metode pengiriman dan waktu pengiriman
- Harga
- Reputasi Pemasok

Studi terdahulu yang juga menerapkan *fuzzy ANP* untuk pemilihan pemasok menggunakan kriteria-kriteria yang sedikit berbeda. Onut dkk.(2009) menggunakan 6 kriteria yang ditentukan berdasarkan hasil kuesioner komprehensif bagi manajer perusahaan, yaitu *cost, references, quality of product, delivery time, institutionality*, serta *execution time*. Vinodh dkk. (2011) melakukan penyusunan kriteria pemasok dengan melakukan konsultasi langsung dengan manajer perusahaan dan menghasilkan 5 kriteria utama yaitu *business improvement, extent of fitness, quality, service*, serta *risk*. Dapat dilihat bahwa penentuan kriteria pada tiap penelitian ini dipengaruhi oleh pendapat manajer atau pihak perusahaan yang menjadi objek penelitian. Oleh karena itu, kriteria-kriteria yang digunakan pun berbeda dikarenakan perbedaan pendapat dan pengalaman dari masing-masing perusahaan.

Akan tetapi, kriteria-kriteria yang digunakan pada kasus pemilihan pemasok ini pada dasarnya masih mencakup kriteria-kriteria mendasar seperti harga/biaya, pelayanan, serta kualitas. Namun terdapat perbedaan-perbedaan minor pada beberapa aspek atau subkriteria. Misalnya saja pada penelitian ini kriteria pelayanan yang dinilai mencakup aspek *after sales support* dan metode pembayaran, dimana aspek ini tidak menjadi kriteria pertimbangan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Walaupun pada akhirnya set kriteria utama yang digunakan pada penelitian ini tidak terlalu besar, penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi set kriteria awal yang sangat komprehensif sehingga dapat memberi wawasan yang lebih luas bagi perusahaan dan keleluasaan dalam memilih kriteria yang akan digunakan.

Selanjutnya, pada penelitian ini perhitungan bobot gabungan merupakan hasil perkalian matriks bobot tanpa ketergantungan dan bobot dengan ketergantungan. Hal ini mengakibatkan banyak tidaknya pengaruh suatu kriteria terhadap kriteria lainnya akan mempengaruhi besar dari bobot gabungan. Semakin banyak suatu kriteria mempengaruhi kriteria lainnya maka bobot kriteria tersebut kemungkinan akan semakin besar.

Simpulan

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa metode *fuzzy ANP* terbukti tepat digunakan karena kriteria/subkriteria yang digunakan memiliki ketergantungan satu sama lain dan mampu meminimalisasi ketidakpastian atau ketidaktepatan dalam melakukan penilaian. Proses penilaian pemasok dengan 5 (lima) skala Yuksel dan Dagdeviren (2010) juga terbukti tepat karena mampu memfasilitasi dan memudahkan setiap pengambil keputusan dalam melakukan penilaian terhadap seluruh kriteria/subkriteria yang bersifat kuantitatif dan kualitatif.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kriteria yang memiliki bobot paling tinggi adalah kriteria kualitas SDM. Pada Gambar 2 diketahui bahwa kriteria kualitas SDM mempengaruhi sebanyak 6 (enam) kriteria lainnya. Dengan kata lain bagus atau tidaknya penilaian terhadap 6 (enam) kriteria tersebut sangat dipengaruhi oleh bagus atau tidaknya penilaian terhadap kriteria kualitas SDM. Oleh karena itu maka kriteria kualitas SDM sangat layak untuk memiliki bobot paling tinggi. Kriteria yang memiliki bobot paling rendah adalah kriteria respon klaim. Selain dikarenakan oleh penilaian tim pengadaan terhadap respon klaim yang sangat rendah, respon klaim juga tidak mempengaruhi kriteria lainnya.

Pada akhirnya dapat disimpulkan bahwa penelitian ini telah menghasilkan suatu rancangan sistem pendukung keputusan yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan pemasok di Divisi HDK PTP. Pada rancangan tersebut digunakan metode *fuzzy ANP* untuk menghasilkan nilai bobot setiap kriteria dan metode penilaian 5 (lima) skala Yuksel dan Dagdeviren (2010) untuk proses penilaian pemasok.

Daftar Pustaka

- Aisnaini, F. (2010). *Perancangan sistem pendukung keputusan untuk pemilihan pemasok dengan berbasis model keputusan analytical hierarchy process dengan pola benchmark dan integer linier programming*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri ITB: Bandung.
- Amin, S. H., Razmi, J., & Zhang, G. (2011). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert Systems with Applications*, 334-342.
- Avila, P., Mota, A., Pires, A., Bastos, J., Putnik, G., & Teixeira, J. (2012). Supplier's selection model based on an empirical study. *Procedia Technology*, 625-634.
- Ayag, Z., & Ozdemir, R. G. (2012). Evaluating machine tool alternatives through modified TOPSIS and alpha-cut based fuzzy ANP. *International Journal Production Economics*, 630-636.
- Chai, J.Y., Liu, J.N.K. & Ngai, E.W.T. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature, *Expert Systems with Applications*, 40, 3872-3885.
- Chen, Y. J. (2011). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. *Information Sciences*, 1651-1670.
- Choi, T. Y., & Hartley, J. L. (1996). An exploration of supplier selection practices across supply chain. *Journal of Operations Management*, 333-343.
- Coyle, J. J., Bardi, E. J., & Jr, C. J. (2003). *The management of business logistics: a supply chain perspective 7th Edition*. Ohio: South-Western.
- Day, G. S. (1994). The capabilities of market-driven organizations. *Journal of Marketing*, 37-52.
- Dicson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 5-17.
- Fahryrandanu, W. (2011). *Perancangan sistem pendukung keputusan pemilihan pemasok menggunakan metode fuzzy TOPSIS di bagian logistik PT. X*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri ITB: Bandung.

- Ferreira, L., & Borenstein, D. (2012). A Fuzzy-bayesian model for supplier selection. *Expert System with Applications*, 7834-7844.
- Fiermana, I. (2013). *Perancangan sistem pendukung keputusan pemilihan supplier dengan menggunakan metode hybrid eigenvalue fuzzy cognitive map (HEFCM)*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri ITB: Bandung.
- Ha, S. H., & Krishnan, R. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications*, 1303-1311.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 16-34.
- Hsu, C.-W., & Hu, A. H. (2009). Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process. *Journal of Cleaner Production*, 255-264.
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., & Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 355-367.
- Kasirian, M. N., & Yusuff, R. M. (2009). Interdependencies among supplier selection criteria. *European Journal of Scientific Research*, 76-84.
- Khaleie, S., Fasanghari, M., & Tavassoli, E. (2012). Supplier selection using a novel intuitionist fuzzy clustering approach. *Applied Soft Computing*, 1741-1754.
- Kilinci, O., & Onal, S. A. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. *Expert Systems with Applications*, 9656-9664.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lee, A. H., Kang, H. Y., Lai, C. M., & Hong, W. Y. (2013). An integrated model for lot sizing with supplier selection and quantity discounts. *Applied Mathematical Modelling*, 4733-4746.
- Mallach, E. G. (2000). *Decision support and data warehouse systems*. New York: McGraw-Hill.
- Marakas, G. M. (2003). *Decision support systems in The 21st Century*, 2nd Edition. New Jersey: Prentice-Hall.
- Martua, S. (2009). *Perancangan model keputusan berbasis analytical hierarchy process dengan pola benchmark untuk pemilihan pemasok di divisi tempa dan cor (PT. Pindad)*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Industri ITB: Bandung.
- Onut, S., Kara, S. S., & Isik, E. (2009). Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case Study for a telecommunication company. *Expert Systems with Applications*, 3887-3895.
- Rezaei, J., & Ortt, R. (2013). Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP. *European Journal of Operational Research*, 75-84.
- Saaty, T. L. (1991). Some mathematical concepts of the analytic hierarchy process. *Behaviormetrika*, 1-9.
- Saaty, T. L. (1999). Fundamentals of the analytic network process. *International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, 1-14.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 83-98.
- Sarkar, A., & Mohapatra, P. (2006). Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 148-163.
- Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S., & Thakur, L. S. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert Systems with Applications*, 8182-8192.
- Tahriri, F., Rasid Osman, M. R., Ali, A., & Mohd Yusuff, R. (2008). A review of supplier selection methods in manufacturing industries. *Suramaree Journal of Science Technology*, 15(3): 201-208.

- Tam, M. C., & Tummala, V. R. (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *The International Journal of Management Science*, 171-182.
- Tracey, M., & Tan, C. L. (2001). Empirical analysis of supplier selection and involvement, customer satisfaction, and firm performance. *Supply Chain Management: An international Journal*, 174-188.
- Turban, E. (1995). *Decision support and expert systems "management support system" (Fourth ed.)*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Vinodh, S., Ramiya, R. A., & Gautham, S. G. (2011). Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organisation. *Expert Systems with Applications*, 272-280.
- Whitten, J. L., & Bentley, L. D. (2007). *System analysis & design method (Seventh ed.)*. New York: The McGraw-Hill.
- Wu, C., & Barnes, D. (2011). A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 256-274.
- Yourdon, E., & Constantine, L. L. (1979). *Structured design: fundamentals of a discipline of computer program and system design*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Yuksel, I., & Dagdeviren, M. (2010). Using the fuzzy analytic network process (ANP) for Balanced Scorecard (BSC) A case study for a manufacturing firm. *Expert Systems with Applications*, 1270-1278.
- Zouggari, A., & Benyoucef, L. (2012). Simulation based fuzzy TOPSIS approach for group multi-criteria supplier selection problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 507-519.