

PERANCANGAN MODEL PEMILIHAN SUPPLIER PRODUK CETAKAN DENGAN MENGGUNAKAN GREY BASED TOPSIS (STUDI KASUS: RUMAH SAKIT ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG)

Maulana Arif Umaindra, Darminto Pujotomo^{*)}, Purnawan Adi W

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Semarang, Indonesia 50275

(Received: February 5, 2018/ Accepted: May 31, 2018)

Abstrak

Pemilihan supplier merupakan aktivitas penting dari perusahaan dalam menentukan strategi yang tepat, khususnya pada bagian pengadaan. Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang (RSIS) merupakan salah satu rumah sakit yang mempunyai masalah dalam melakukan pemilihan supplier produk cetakan. Masalah yang dihadapi yaitu keterlambatan barang, kesalahan mencetak produk, tidak sesuai kuantitas barang pesan dan kualitas yang buruk yang dikirim oleh beberapa supplier, itu mengakibatkan penurunan kinerja rumah sakit, karena proses kerja akan terganggu. Harga merupakan kriteria utama yang digunakan RSIS dalam memilih supplier produk cetakan. Produk cetakan digunakan untuk menjalankan proses kerja setiap hari di rumah sakit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang model pemilihan dan pengevaluasi supplier multi attribute dengan menggunakan metode Grey (Pemilihan) based TOPSIS (Evaluasi). Kriteria didapatkan berdasarkan wawancara dan studi literatur oleh peneliti dengan para decision maker bagian pengadaan. Terdapat tiga kriteria pemilihan supplier di RSIS dengan menggunakan metode Grey based TOPSIS, yaitu cost, quality dan service. Hasil penelitian mendapatkan supplier terbaik berdasarkan pemilihan para decision maker dengan, urutan supplier terbaik sampai terburuk yaitu supplier D dengan nilai kriteria yang paling baik, kemudian supplier E, A, C hingga supplier terburuk yaitu supplier B. Berdasarkan hasil tersebut dan wawancara didapatkan kemiripan dengan kondisi nyata dari supplier, oleh karena itu model yang dibuat dapat digunakan untuk memilih dan mengevaluasi supplier cetakan di RSIS.

Kata Kunci: Pemilihan Supplier; RSIS; Grey; TOPSIS; Produk cetakan

Abstract

DESIGN OF SUPPLIER MOLD PRODUCTS SELECTION MODEL USING GREY BASED TOPSIS (CASE STUDY: RUMAH SAKIT SULTAN AGUNG SEMARANG). Supplier selection is an important activity of the company in determining the right strategy, especially on the part of procurement. Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang (RSIS) is one of the hospitals that has problems in choosing a supplier of mold products. Problems encountered are product delays, product print errors, inappropriate quantity of message items and poor quality delivered by some suppliers, resulting in a decrease in hospital performance, as the work process will be disrupted. Price is the main criteria used by RSIS in choosing a supplier of printed products. Mold products are used to run the work process every day at the hospital. The purpose of this research is to design the model of selecting and evaluating the supplier of multi attribute by using the Grey method (Selection) based on TOPSIS (Evaluation). Criteria obtained based on interviews and literature studies by researchers with the decision maker procurement department. There are three criteria of supplier selection in RSIS by using Grey based TOPSIS method, that is cost, quality and service. The result of this research is finding the best supplier based on the selection of the decision maker with the best supplier to the worst that is supplier D with the best criterion value, then supplier E, A, C to the worst supplier that is supplier B. Based on the result and the interview got similarity with the condition real from the supplier, therefore the model can be used to select and evaluate the mold supplier in RSIS.

Keywords: Supplier selection; RSIS; Grey; TOPSIS; Mold products

^{*)} Penulis Korespondensi.

e-mail: darminto_pujotomo@yahoo.com

1. Pendahuluan

Proses pengadaan barang/jasa merupakan aktivitas pendukung yang penting di antara fungsi-fungsi bisnis, dimana aktivitas ini berpotensi untuk mencapai keunggulan yang kompetitif (Plomp & Ronald, 2009). Pengadaan biasanya bukan menjadi aktivitas utama dalam sebuah organisasi, tetapi sebagai sebuah fungsi pendukung yang berbeda. Kraljic (1983) menggaris bawahi pentingnya suatu pengadaan dengan merekomendasikan pada suatu organisasi-organisasi untuk menggambarkan proses pengadaan sebagai sebuah strategi, bukan sebagai fungsi operasional.

Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang merupakan rumah sakit swasta tipe B yang sudah beroperasi selama 44 tahun. Terdapat lima *supplier* yang digunakan untuk membuat produk cetakan rumah sakit. Kelima *supplier* akan diinisialkan dengan huruf A, B, C, D dan E yang berguna untuk merahasiakan kinerja dari *supplier*. Masalah yang dihadapi adalah keterlambatan barang, kesalahan mencetak produk, tidak sesuainya kuantitas barang pesan dan kualitas yang buruk yang dikirim oleh beberapa *supplier*. Masalah ini akan mengakibatkan terganggunya proses kerja di rumah sakit. Contohnya pada kesalahan mencetak barang, dimana barang yang telah dikirimkan oleh *supplier* akan dikembalikan untuk diperbaiki, ini mengakibatkan waktu tunggu yang lama dan cetakan yang akan digunakan tidak ada. Sehingga proses kerja yang akan terhambat dan bisa mengakibatkan kerugian.

Dalam menentukan pemasok cetakan, rumah sakit hanya mempunyai satu kriteria khusus yaitu harga. Dengan demikian tujuan dari penelitian ini adalah merancang model evaluasi dan pemilihan *supplier* cetakan dengan menggunakan metode yang sesuai dengan kondisi nyata dari RSIS. Masalah yang ada dapat menyebabkan terganggunya aktivitas kerja, sehingga akan menurunkan kinerja rumah sakit. Oleh karena itu RSIS harus dapat melakukan pencegahan dan memperbaiki sistem pemilihan *supplier* produk cetakan. Berdasarkan masalah yang dihadapi dan kondisi pemahaman *supplier* cetakan oleh *decision maker*, dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *Grey based TOPSIS*.

Grey based TOPSIS merupakan gabungan metode *fuzzy* atau *grey* dan *TOPSIS*. Metode *Grey* juga mempunyai kemampuan untuk mengatasi ketidaksempurnaan dan informasi yang samar, yang mana lebih efektif dalam lingkungan untuk data yang kurang (Bai & Sarkis, 2010). Berdasarkan hasil wawancara, bahwa para *decision maker* mempunyai informasi yang samar tentang *supplier* cetakan, jadi tidak sepenuhnya paham dengan kondisi dan data yang ada relatif sedikit. Salah satu keuntungan sistem digunakan untuk mempelajari ketidakpastian, menjadi unggul dalam analisis matematis sistem dengan informasi yang tidak pasti dan dapat menghasilkan hasil yang memuaskan dengan menggunakan jumlah

data yang relatif kecil atau dengan variabilitas elemen yang besar (Fu, Zhu & Sarkis, 2012).

Metode ini mempunyai kekurangan yaitu tidak mempertimbangkan alternatif ideal negatif yang berguna untuk mengevaluasi dan memperingkatkan alternatif – alternatif, karena terkadang solusi yang terpilih mempunyai jarak yang minimum dari solusi ideal positif, tapi juga memiliki jarak yang pendek terhadap solusi ideal negatif dibandingkan dengan alternatif lainnya (Shaniana dan Savadogo, 2006). Kelemahan metode ini dapat diatasi dengan menggunakan konsep *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). TOPSIS mempunyai konsep dimana alternatif yang terpilih harus memiliki jarak terdekat dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif. Oleh karena itu pemilihan *supplier* cetakan di Rumah Sakit Islam Sultan Agung akan dipilih dengan menggunakan metode *Grey based TOPSIS*.

Pemilihan *Supplier*

Supplier adalah perusahaan maupun individu yang menyediakan sumber daya yang dibutuhkan oleh perusahaan dan para pesaing untuk memproduksi barang dan jasa tertentu (Pujawan, 2005). Pemilihan *supplier* yang tidak tepat dapat menyebabkan kerugian terhadap perusahaan apabila *lead time* dari pemasok panjang, maka akan mengakibatkan proses produksi menjadi terganggu sehingga akan mengakibatkan keterlambatan dalam memenuhi permintaan *customer*, selain itu apabila bahan baku yang dikirim oleh *supplier* memiliki kualitas yang tidak sesuai dengan kebutuhan produksi yang mengakibatkan keterlambatan dalam memenuhi permintaan dari *customer*. Oleh karena itu dengan memilih *supplier* yang tepat akan menghasilkan penghematan yang cukup berarti, serta meminimasi risiko yang terjadi. Hal tersebut yang menyebabkan banyak ahli percaya bahwa pemilihan pemasok adalah aktivitas yang paling penting dari sebuah departemen pembelian (Xia & Wu, 2007).

Kriteria Pemilihan *Supplier*

Beberapa pendapat para ahli mengemukakan faktor utama yang dipertimbangkan oleh suatu perusahaan ketika memilih *supplier* adalah:

- a. Stenvenson menyebutkan ada 6 kriteria, yaitu:
 1. Harga: faktor ini biasanya merupakan faktor utama, apakah terdapat penawaran diskon, meskipun hal itu kadangkala tidak menjadi hal yang paling penting.
 2. Kualitas: suatu perusahaan mungkin akan membelanjakan lebih besar biayanya untuk mendapatkan kualitas barang yang baik.
 3. Pelayanan: pelayanan yang khusus kadang kala dapat menjadi hal yang penting dalam pemilihan *supplier*. Penggantian atas barang yang rusak, petunjuk cara penggunaan, perbaikan peralatan dan pelayanan yang

sejenis, dapat menjadi kunci dalam pemilihan satu *supplier* daripada yang lain.

4. Lokasi: lokasi *supplier* dapat mempunyai pengaruh pada waktu pengiriman, biaya transportasi, dan waktu respon saat ada order /pesanan yang mendadak atau pelayanan yang bersifat darurat. Pembelian pada daerah setempat/ lokal dapat menumbuhkan *googwill* (pengaruh baik) dalam suatu hubungan serta dapat membantu perekonomian daerah sekitar.
 5. Kebijakan persediaan *supplier*: jika *supplier* dapat memelihara kebijakan persediaannya dan menjaga *spare part* yang dimilikinya, hal ini dapat membantu dalam kasus kebutuhan bahan baku yang mendadak.
 6. Fleksibilitas: niat yang baik dan kemampuan *supplier* dalam merespon perubahan permintaan dan memenuhi perubahan desain pesanan dapat menjadi faktor yang penting dalam pemilihan *supplier*.
- b. Enyinda, Dunu dan Gebremikael menggunakan beberapa kriteria pemilihan *supplier* yang akan dijelaskan pada **Tabel 1**:

Tabel 1. Kriteria Pemilihan *Supplier* (Enyinda, Dunu & Gebremikael, 2010)

Kriteria	Penjelasan
<i>Regulatory compliance</i>	Kemampuan <i>supplier</i> dalam memasok kebutuhan perusahaan sesuai dengan permintaan perusahaan
<i>Quality</i> (Kualitas)	Kemampuan <i>supplier</i> untuk dapat memberikan bahan baku yang berkualitas
<i>Cost</i> (Biaya)	Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk mendapatkan bahan baku
<i>Service</i> (Layanan)	Tingkat layanan (<i>service level</i>) <i>supplier</i> , terdiri dari waktu pengiriman, layanan nilai tambah (<i>value added service</i>) dan kemudahan komunikasi.
<i>Supplier Profile</i>	Kriteria ini meliputi reputasi <i>supplier</i> , fleksibilitas, kapasitas, kondisi keuangan dan fasilitas produksi

- c. Dickson (1966) mengidentifikasi 23 kriteria yang menjadi dasar bagi pemilihan *supplier*. Kriteria Dickson ini dijabarkan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Kriteria Pemilihan *supplier* Dickson (1966)

No	Kriteria Pemilihan <i>Supplier</i>
1	Kualitas (<i>Quality</i>)
2	Pengantaran (<i>Delivery</i>)
3	Sejarah performa perusahaan (<i>performance history</i>)
4	Kebijakan garansi dan klaim (<i>warranties and claim policies</i>)
5	Fasilitas dan kapasitas produksi (<i>production facilities and capacity</i>)
6	Harga (<i>price</i>)
7	Kapabilitas teknis (<i>technical capability</i>)
8	Kondisi finansial (<i>financial position</i>)
9	Pemenuhan prosedur (<i>procedural compliance</i>)
10	Sistem komunikasi (<i>communication system</i>)
11	Reputasi dan posisi di industri (<i>reputation and position in industry</i>)
12	Hasrat berbisnis (<i>desire for business</i>)
13	Manajemen dan organisasi (<i>management and organization</i>)
14	Pengontrolan operasional (<i>operating control</i>)
15	Jasa perbaikan (<i>repair service</i>)
16	Sikap (<i>attitude</i>)
17	Impresi (<i>impression</i>)
18	Kemampuan pengemasan (<i>packaging ability</i>)
19	Catatan hubungan pekerja (<i>labor relation record</i>)
20	Lokasi geografis (<i>geographical location</i>)
21	Jumlah bisnis masa lampau (<i>amount of past business</i>)
22	Bantuan pelatihan (<i>training aids</i>)
23	Perjanjian Timbal Balik (<i>reciprocal arrangement</i>)

Dengan adanya identifikasi kriteria dari Dickson ini, masyarakat semakin menyadari dan fokus pada topik pemilihan *supplier*. Sejak munculnya kriteria Dickson ini, definisi dari kriteria-kriteria tersebut telah semakin diperluas dan beberapa kriteria baru ditambahkan seiring dengan perkembangan akan kebutuhan bisnis baru. Sebagai contoh, dalam kriteria Dickson, harga hanya didefinisikan sebagai harga net yang ditawarkan oleh setiap *vendor* yang meliputi diskon dan biaya angkut. Kriteria yang disebutkan di atas merupakan referensi yang diambil untuk melakukan penelitian ini, yang kemudian akan diberikan kuesioner dan wawancara kepada DM (*Decision Maker*) dan juga para ahli di Teknik Industri Universitas Diponegoro.

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) diperkenalkan pertama kali oleh Hwang dan Yoon (1981). TOPSIS merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memilih sebuah alternatif dari berbagai alternatif berdasarkan sejumlah kriteria dalam pengambilan keputusan multi kriteria. Metode ini berdasarkan suatu konsep bahwa alternatif terpilih harus mempunyai jarak terpendek dengan solusi ideal positif dan jarak terjauh dengan solusi ideal negatif berdasarkan aturan-aturan geometris. Solusi ideal ditentukan dari jumlah keseluruhan atribut terbaik yang dapat diraih. Jarak *Euclidian*, berdasarkan aturan geometris, digunakan untuk menentukan kedekatan relatif (*relative closeness*) dari alternatif terhadap solusi optimal. Metode TOPSIS mempertimbangkan juga jarak dengan solusi negatif. Berdasarkan perbandingan jarak relatif ini, didapatkan urutan preferensi. Alternatif terbaik adalah yang paling dekat dengan solusi ideal positif dan terjauh dari solusi ideal negatif.

TOPSIS adalah sebuah metode yang digunakan untuk perankingan alternatif berdasarkan jarak terpendek dari *Positive Ideal Solution* (PIS) dan jarak terjauh *Negative Ideal Solution* (NIS) atau titik terendah. PIS adalah sebuah solusi yang memiliki kriteria keuntungan maksimal dan kriteria biaya yang minimal, sedangkan NIS memiliki kriteria biaya yang maksimal dan kriteria keuntungan yang minimal. Ringkasnya, solusi ideal positif disusun dari semua nilai terbaik yang dicapai dari kriteria, sedangkan solusi ideal negatif terdiri dari semua nilai terburuk dari kriteria. (Shih, Shyr & Lee, 2007).

Teori Grey

Teori *Grey* adalah suatu teori matematikal yang muncul dari konsep *Grey* yang diperkenalkan oleh Deng (1989). Teori ini efektif dalam menangani analisis sistem dengan informasi yang kurang lengkap dan kurang akurat.

Decision Maker (DM) selalu mengungkapkan preferensi mereka tentang alternatif atau atribut pemasok, yang dapat digunakan untuk membantu memberi peringkat pada pemasok atau memilih yang paling diminati. Informasi preferensi tentang alternatif pemasok dan atribut ada pada penilaian subjektif DM. Dalam metode MADM konvensional, penilaian dan bobot atribut diketahui secara tepat. Umumnya, penilaian DM seringkali tidak pasti dan tidak dapat diperkirakan dengan nilai numerik yang tepat. Dengan demikian, masalah pemilihan pemasok memiliki banyak ketidakpastian dan menjadi lebih sulit (Li, Yamaguchi & Nagai, 2007). Teori *Grey* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mempelajari ketidakpastian, lebih unggul dalam analisis matematis sistem dengan informasi yang tidak pasti. Dalam teori abu-abu, sesuai dengan tingkat informasi, jika sistem informasi diketahui sepenuhnya, sistemnya disebut sistem putih; Jika informasinya tidak diketahui, itu

disebut sistem hitam. Sebuah sistem dengan informasi yang dikenal hanya sebagian disebut sistem abu-abu/*grey*.

Berikut ini adalah definisi dan proses kalkulasi dalam Teori *Grey*:

$$P\{\otimes G1 \leq \otimes G2\} = \frac{\max(0, L^* - \max(0, \overline{G1} - \underline{G2}))}{L^*} \quad (2.1)$$

$$L^* = L(\otimes G1) + L(\otimes G2)$$

G didefinisikan sebagai $G = [G, G]$, $G = [G, G]$ adalah sebuah interval angka. Jika $0 \leq G \leq G$, maka interval angka ;

$$\{x | \underline{G} \leq x \leq \overline{G}, \underline{G} \leq \overline{G}, \underline{G}, \overline{G} \in R\}$$

$G = [G, G]$ adalah suatu interval angka positif. $X = ([\underline{G1}, \overline{G1}], [\underline{G2}, \overline{G2}], \dots, [\underline{Gn}, \overline{Gn}])$ didefinisikan sebagai interval angka vektor kolom dengan dimensi n .

Definisi 1. Jika $G1 = [\underline{G1}, \overline{G1}]$ dan $G2 = [\underline{G2}, \overline{G2}]$ adalah dua buah interval angka ;

arbitrary, jarak dari $G1 = [\underline{G1}, \overline{G1}]$ ke $G2 = [\underline{G2}, \overline{G2}]$ adalah :

$$|G1 - G2| = \max(|\underline{G1} - \underline{G2}|, |\overline{G1} - \overline{G2}|) \quad (2.2)$$

Definisi 2. Jika $G1 = [\underline{G1}, \overline{G1}]$ dan $G2 = [\underline{G2}, \overline{G2}]$ adalah dua buah interval angka *arbitrary*, maka ;

$$G1 + G2 = [\underline{G1} + \underline{G2}, \overline{G1} + \overline{G2}] \quad (2.3)$$

Definisi 3. Jika $G1 = [\underline{G1}, \overline{G1}]$ dan $G2 = [\underline{G2}, \overline{G2}]$ adalah dua buah interval angka *arbitrary*, maka ;

$$G1 - G2 = [\underline{G1} - \overline{G2}, \overline{G1} - \underline{G2}] \quad (2.4)$$

Definisi 4. Jika $G1 = [\underline{G1}, \overline{G1}]$ dan $G2 = [\underline{G2}, \overline{G2}]$ adalah dua buah interval angka *arbitrary*, maka ;

$$G1 \times G2 = [\min(\underline{G1G2}, \underline{G1}\overline{G2}, \overline{G1}\underline{G2}, \overline{G1}\overline{G2}), \max(\underline{G1G2}, \underline{G1}\overline{G2}, \overline{G1}\underline{G2}, \overline{G1}\overline{G2})] \quad (2.5)$$

Definisi 5. Jika $G1 = [\underline{G1}, \overline{G1}]$ dan $G2 = [\underline{G2}, \overline{G2}]$ adalah dua buah interval angka *arbitrary*, maka ;

$$G1 \div G2 = [\underline{G1}, \overline{G2}] \times \left[\frac{1}{\underline{G1}}, \frac{1}{\overline{G2}} \right] \quad (2.6)$$

Definisi 6. Jika k adalah sebuah angka positif *arbitrary*, dan $G = [\underline{G1}, \overline{G1}]$ adalah sebuah interval angka *arbitrary*, maka produk angka antara k dan $G = [\underline{G2}, \overline{G2}]$ adalah ;

$$K \cdot [\underline{G}, \overline{G}] = [K\underline{G}, K\overline{G}] \quad (2.7)$$

Metode Grey Based TOPSIS Concept

Untuk mempermudah pemahaman, diasumsikan bahwa terdapat informasi sebagai berikut: $S = \{S1, S2, \dots, Sm\}$ adalah sekelompok diskrit alternatif m calon *supplier*, $Q = \{Q1, Q2, \dots, Qn\}$ adalah kumpulan

atribut dari *supplier*, dan $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ adalah vektor dari bobot atribut. Penilaian akan *supplier* dan bobot atribut digambarkan sebagai variabel linguistik yang diekspresikan berdasarkan skala 1-7 yang diperlihatkan oleh **Tabel 3**. Penilaian kualitatif ini memiliki tingkat skala masing-masing yang tergambar dalam nilai maksimum dan nilai minimum. Nilai maksimum dan nilai minimum menggambarkan perkiraan penilaian akan *attribute rating value* yang diharapkan dapat memberikan *input* informasi akan kriteria tersebut meskipun berada dalam kondisi *Grey* atau kondisi abu-abu.

Tabel 3. Skala Penilaian *Supplier* dan Skala Tingkat Kepentingan Atribut

Skala Penilaian <i>Supplier</i>	Nilai min	Nilai maks	Skala Tingkat Kepentingan	Nilai min	Nilai maks
<i>Very Poor</i>	0	1	<i>Very Low</i>	0	0,1
<i>Poor</i>	1	3	<i>Low</i>	0,1	0,3
<i>Medium Poor</i>	3	4	<i>Medium Low</i>	0,3	0,4
<i>Fair</i>	4	5	<i>Medium</i>	0,4	0,5
<i>Medium Good</i>	5	6	<i>Medium High</i>	0,5	0,6
<i>Good</i>	6	9	<i>High</i>	0,6	0,9
<i>Very Good</i>	9	10	<i>Very High</i>	0,9	1

(Sumber: Li, Yamaguchi & Nagai, 2007)

Berdasarkan tabel di atas, untuk bab selanjutnya skala penilaian akan diinisialisasi dengan VP(*Very Poor*), P(*Very Poor*), MP(*Medium Poor*), F(*Fair*), MG(*Medium Good*), G(*Good*), VG(*Very Good*) dan skala tingkat kepentingan dengan VL(*Very Low*), L(*Low*), ML(*Medium Low*), M(*Medium*), MH(*Medium High*), H(*High*), VH(*Very High*).

Metode *Grey Based TOPSIS Concept* dijabarkan dalam langkah-langkah berikut:

1. Bentuk sebuah komite pengambil keputusan yang terdiri atas orang - orang yang berwenang mengambil keputusan dan identifikasi bobot atribut terhadap *supplier*. Asumsikan komite tersebut memiliki jumlah K orang, maka bobot atribut Q_j dapat dihitung dengan

$$W_j = \frac{1}{K} [W_j^1 + W_j^2 + \dots + W_j^K] \quad (2.8)$$

dimana, W_j = total penilaian bobot kriteria j
 K = jumlah pengambil keputusan
 W_j^1 = penilaian bobot kriteria j dari pengambil keputusan pertama k
 W_j^k = penilaian bobot kriteria j dari pengambil keputusan k

2. Gunakan variabel linguistik untuk membuat *attribute rating value*. Kemudian, *attribute rating value* tersebut dapat dihitung dengan

$$G_{ij} = \frac{1}{K} [G_{ij}^1 + G_{ij}^2 + \dots + G_{ij}^K] \quad (2.9)$$

dimana G_{ij}^k ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) adalah *attribute rating value* pengambil keputusan dari orang K dan dapat dijelaskan dengan angka *Grey* $G_{ij}^k = [G_{ij}^k, \overline{G_{ij}^k}]$, G_{ij}^k adalah *attribute rating value* pada alternatif i terkait kriteria j , $\overline{G_{ij}^k}$ adalah nilai minimum dari G_{ij}^k dan $\overline{G_{ij}^k}$ adalah nilai maksimum dari G_{ij}^k

3. Bentuk matriks keputusan *Grey D*, dimana struktur tersebut diekspresikan dengan

$$D = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{m1} & G_{m2} & \dots & G_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Dimana G_{ij} adalah variabel linguistik berdasarkan angka *grey*

4. Normalisasi matriks keputusan *Grey D*. Caranya adalah dengan mentransformasikan skala dan unit pengukuran yang berbeda-beda antar kriteria-kriteria menjadi suatu unit pengukuran yang sama. Hal ini memungkinkan adanya perbandingan antar kriteria. Asumsikan G_{ij} adalah elemen dari matriks evaluasi D dari i alternatif dibawah evaluasi j criteria, maka elemen G_{ij}^* dari matriks evaluasi D^* ternormalisasi dapat dihitung dengan

$$D^* = \begin{bmatrix} G_{11}^* & G_{12}^* & \dots & G_{1n}^* \\ G_{21}^* & G_{22}^* & \dots & G_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{m1}^* & G_{m2}^* & \dots & G_{mn}^* \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Dimana untuk atribut *benefit*, G_{ij}^k diekspresikan sebagai

$$G_{ij}^* = \left[\frac{G_{ij}}{G_j^{\max}}, \frac{\overline{G_{ij}}}{G_j^{\max}} \right] \quad (2.12)$$

$$G_j^{\max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{\overline{G_{ij}}\} \quad (2.13)$$

Dimana untuk atribut biaya, G_{ij}^k diekspresikan sebagai

$$G_{ij}^* = \left[\frac{G_j^{\min}}{G_{ij}}, \frac{G_j^{\min}}{\overline{G_{ij}}} \right] \quad (2.14)$$

$$G_j^{\min} = \min_{1 \leq i \leq m} \{G_{ij}\} \quad (2.15)$$

5. Tetapkan matriks keputusan *weighted normalized grey* dalam Persamaan. (2.15). Mengingat pentingnya masing-masing atribut, matriks

keputusan *weighted normalized grey* dapat ditetapkan sebagai

$$D^* = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Dimana $V_{ij} = G_{ij}^* \times W_j$

- Membuat alternatif ideal sebagai alternatif referensial untuk berdasarkan model *grey*. Untuk m kemungkinan alternatif pemasok yang ditetapkan $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, alternatif *supplier* referensial yang ideal adalah $S^{\max} = \{G_1^{\max}, G_2^{\max}, \dots, G_n^{\max}\}$ kemudian dapat diperoleh persamaan 2.16 dan 2.17.

$$S^{\max} = \{[\max_{1 \leq i \leq m} G_{i1}, \max_{1 \leq i \leq m} G_{i2}, \dots, \max_{1 \leq i \leq m} G_{in}, \max_{1 \leq i \leq m} G_{in}]\} \quad (2.17)$$

$$S^{\min} = \{[\min_{1 \leq i \leq m} G_{i1}, \min_{1 \leq i \leq m} G_{i2}, \dots, \min_{1 \leq i \leq m} G_{in}, \min_{1 \leq i \leq m} G_{in}]\} \quad (2.18)$$

- Hitung derajat kemungkinan bilangan *grey* antara alternatif pemasok yang dibandingkan $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ dan ideal S^{\max} alternatif referensial *supplier*

$$P_1 = P\{S_i \leq S^{\max}\} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P\{V_{ij} \leq G_j^{\max}\} \quad (2.19)$$

Bila P_i lebih kecil, urutan peringkat S_i lebih baik. Jika tidak, urutan peringkat lebih buruk.

- Hitung derajat *possibility grey* antara alternatif pemasok yang berbeda yang ditetapkan sebagai $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ dan alternatif pemasok referensi ideal S^{\min} yang negatif dalam persamaan :

$$P_2 = P\{S_i \geq S^{\min}\} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P\{V_{ij} \geq G_j^{\min}\} \quad (2.20)$$

Bila P_i lebih besar, urutan peringkat S_i lebih baik. Jika tidak, urutan peringkat lebih buruk.

- Carilah kedekatan relatif masing-masing alternatif terhadap solusi ideal, yang didefinisikan dalam persamaan :

$$C_i = \frac{P_1}{P_2} \quad (2.21)$$

- Tentukan alternatifnya. Pemasok dengan minimum C_i lebih baik. Menurut prosedur di atas, urutan peringkat semua pemasok ditentukan dan dapat memilih yang terbaik dari satu set pemasok.

2. Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang. Sedangkan subyek penelitian yang diambil yaitu pada bagian Pengadaan di Rumah Sakit.

Karakteristik Penelitian

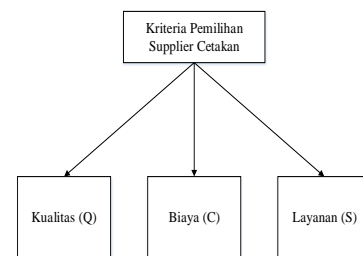
Karakteristik pada penelitian ini adalah penelitian deskriptif (*descriptive study*) dengan menggunakan

pendekatan kuantitatif. Penelitian deskriptif ini bertujuan untuk memberikan perancangan kembali terhadap sistem yang sudah ada (kriteria: harga) dalam memilih *supplier* cetakan. Mendefinisikan penelitian deskriptif sebagai suatu penelitian yang mendeskripsikan karakteristik yang sudah ada, untuk memberikan usulan yang lebih baik. Sedangkan yang dimaksud pendekatan kuantitatif pada penelitian ini adalah melakukan perhitungan pada pengolahan data dengan mengukur kriteria-kriteria variabel penelitian menggunakan skala (Sekaran & Bougie, 2016).

Variabel Penelitian

• Penentuan Model Konseptual

Berdasarkan model yang dibangun oleh Enyinda, Dunu & Gebremikael (2010) (2010), mengenalkan kriteria pemilihan *supplier* dengan menggunakan beberapa kriteria pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Model Konseptual

Pemilihan kriteria tersebut, dipilih berdasarkan kuesioner dan wawancara dengan DM (*decision maker*) dan juga dikonsultasikan dengan para ahli di Teknik Industri Universitas Diponegoro berdasarkan kondisi aktual dari Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.

• Pengidentifikasi Variabel Penelitian

Pada Penelitian ini, rumah sakit sebagai objek penelitian juga ikut serta dalam penentuan kriteria penilaian pemasok. Dalam penentuan kriteria penilaian, terdapat definisi dari setiap kriteria yang akan digunakan dalam kuesioner penelitian. Hasil penentuan variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Variabel Penelitian

Kriteria	Penjelasan
Quality (Kualitas)	Kemampuan <i>supplier</i> untuk dapat memberikan bahan baku yang berkualitas
Cost (Biaya)	Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk mendapatkan bahan baku
Service (Layanan)	Tingkat layanan (<i>service level</i>) <i>supplier</i> , terdiri dari waktu pengiriman, layanan nilai tambah (<i>value added service</i>) dan kemudahan komunikasi.

• **Penentuan Metode Pengambilan Keputusan**

Berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya, didapatkan metode pengambilan keputusan dalam penilaian pemasok, bahwa ada 9 jurnal yang membahas pemilihan *supplier* dengan menggunakan metode *grey* sebagai pemilihan *supplier* dan metode TOPSIS sebagai evaluasi *supplier*.

• **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data berisi penjelasan mengenai langkah – langkah untuk memperoleh data yang diperlukan pada penelitian ini.

1. Identifikasi Kriteria Pemilihan *Supplier*
2. Penyusunan Kuesioner untuk Penilaian Kriteria dalam Mengevaluasi dan Memilih *Supplier*
3. Perancangan Kuesioner
4. Penentuan Responden
5. Penyebaran Kuesioner

• **Pengolahan Data**

Tahap ini merupakan tahap lanjutan dari tahap pengolahan data yang didalamnya berisi langkah – langkah dalam pengolahan data beserta penjelasan setiap langkahnya untuk melakukan evaluasi pemilihan *supplier* di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.

• **Analisis Hasil**

Tahap ini merupakan tahap analisis hasil, yakni pembahasan mengenai pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

1. Analisis Kriteria
Analisis ini bertujuan untuk menganalisa kriteria yang dipilih yaitu *quality*, *cost* dan *service*.
2. Analisis Pembobotan Atribut
Analisis ini bertujuan untuk menganalisis hasil pembobotan/ kepentingan dari setiap kriteria berdasarkan kuesioner yang diisi oleh DM (*decision maker*).
3. Analisis *Attribute Rating Value quality, cost* dan *service*.
Analisis ini bertujuan untuk menganalisis penilaian kinerja dari setiap *supplier* berdasarkan kriteria yang ada, dan dipilih oleh para DM (*decision maker*). Analisis ini terdiri dari analisis *attribute rating value* dan nilai *attribute rating*.
4. Analisis Hasil Penelitian Terhadap Pilihan *Supplier* RSIS.
Analisis ini bertujuan untuk menganalisa hasil dari perhitungan kuantitatif yang didapatkan dengan mendiskusikan ulang dengan para DM (*decision maker*) dan para ahli.

• **Kesimpulan dan Saran**

Tahap ini menghasilkan kesimpulan yang didapatkan dari keseluruhan rangkaian penelitian. Tahap ini disertai saran yang berhubungan dengan penelitian ini dan dapat menjadi masukan untuk penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Kriteria

Kriteria yang digunakan dalam penelitian pemilihan *supplier* cetakan di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang terdiri dari 3 kriteria terpilih. Kriteria – kriteria tersebut adalah *Quality*, *Cost*, dan *Service*. Berdasarkan 16 kriteria Dickson yang telah dipilih yang sesuai dengan pemilihan *supplier* produk cetakan, dengan disajikan sebagai kuesioner, yang kemudian dipilih oleh *decision maker*, kemudian terdapatlah 10 kriteria yang dipilih. Pemilihan kriteria dipilih berdasarkan minimal 2 orang DM yang memilih, jika kriteria tersebut dipilih atau berpengaruh terhadap pemilihan *supplier*. Kemudian kriteria yang terpilih dianalisa kembali dengan mewawancarai para *decision maker* dan para ahli (dosen Teknik Industri UNDIP) berdasarkan kondisi nyata dari *supplier* cetakan, kemudian terpilihlah kriteria *quality*, *cost*, dan *service*.

Pembobotan Atribut

Penilaian bobot atribut ini mempunyai *range* dari *very low* hingga *very high*. Dari hasil kuesioner pembobotan atribut, didapatkan nilai bobot kriteria *Very High*. Hal ini membuktikan bahwa atribut yang digunakan merupakan atribut terpilih yang menjadi prioritas kriteria dalam pemilihan *supplier* di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang. Rekapan penilaian dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekap Kuesioner Penilaian Kriteria

	Q	C	S
D1	VH	VH	VH
D2	VH	VH	VH
D3	VH	VH	VH
D4	VH	VH	VH

Tabel 6 merupakan hasil dari pembobotan yang diberikan oleh DM (*decision maker*). Dimana D1 adalah *decision maker* 1, dan seterusnya hingga D4 adalah *decision maker* 4. Sedangkan Q adalah *quality*, C adalah *cost*, dan S adalah *service*. Sedangkan untuk **Tabel 6** merupakan konversi dari **Tabel 5**.

Tabel 6. Hasil Konversi Pembobotan Kriteria

	D1	D2	D3	D4
Q	0,9	1	0,9	1
C	0,9	1	0,9	1
S	0,9	1	0,9	1

Analisis Attribute Rating Value

Attribute rating value merupakan nilai yang didapatkan dari hasil penilaian para responden terhadap masing – masing alternatif *supplier* cetakan berdasarkan setiap atribut terpilih. Rekap penilaian performansi para *supplier* dapat dilihat pada **Tabel 7, 8, 9, dan 10**, sedangkan untuk konversi nilai tersebut berdasarkan skala yang telah ditentukan dapat dilihat pada **Tabel 7**. Penilaian dipilih berdasarkan pedoman kinerja yang dilampirkan. Pedoman ini merupakan penjabaran kondisi dari masing – masing tingkat kinerja pada masing – masing kriteria yang ada, yang diperoleh dari hasil *brainstorming* bersama dengan Kepala Bagian Logistik dan staf. Pedoman kinerja ini dijabarkan dalam lampiran yang disediakan.

Tabel 7. Rekap Kuesioner Penilaian Performansi *Supplier Decision Maker 1*

	D1		
	Q	C	S
Supplier A	VG	MP	VG
Supplier B	G	VG	F
Supplier C	G	G	VG
Supplier D	VG	MG	VG
Supplier E	VG	MG	VG

Tabel 8. Rekap Kuesioner Penilaian Performansi *Supplier Decision Maker 2*

	D2		
	Q	C	S
Supplier A	VG	MG	F
Supplier B	VG	VG	G
Supplier C	MG	MG	VG
Supplier D	VG	P	VG
Supplier E	VG	VG	VG

Tabel 9. Rekap Kuesioner Penilaian Performansi *Supplier Decision Maker 3*

	D3		
	Q	C	S
Supplier A	G	MP	G
Supplier B	VG	G	G
Supplier C	VG	MP	G
Supplier D	VG	MP	VG
Supplier E	VG	G	VG

Tabel 10. Rekap Kuesioner Penilaian Performansi *Supplier Decision Maker 4*

	D4		
	Q	C	S
Supplier A	VG	F	VG
Supplier B	VG	VG	MP
Supplier C	G	F	G
Supplier D	VG	P	G
Supplier E	VG	VG	G

Tabel 7, 8, 9, dan 10 merupakan tabel rekap hasil kuesioner yang dibagikan ke 4 *decision maker* dari RSIS. Kemudian tabel–tabel ini akan dikonversi menjadi suatu nilai, berdasarkan skala konversi **Tabel 3**.

Tabel 11. Hasil Data Kuantitatif dari Penilaian *Attribute Rating Value*

VIJ	Q		C		S	
S1	0,7425	0,975	0,4737	0,6667	0,6462	0,8718
S2	0,7425	0,975	0,2308	0,303	0,4846	0,7436
S3	0,585	0,85	0,375	0,5556	0,6923	0,9744
S4	0,81	1	0,5625	1	0,7615	1
S5	0,81	1	0,2571	0,3448	0,7615	1

Tabel 11 di atas merupakan tabel rekap hasil konversi dari **Tabel 7, 8, 9, dan 10**, dengan menggunakan skala konversi metode *grey* pada **Tabel 3**.

Nilai Attribute Rating

Attribute rating value dapat dihitung dengan menggunakan nilai konversi dari kuesioner penilaian performansi *supplier* terhadap kriteria. Berikut merupakan hasil seluruh perhitungan nilai *attribute rating*, yang ditunjukkan pada **Tabel 7** dengan menggunakan persamaan 2.9.

Tabel 12. Nilai *Attribute Rating*

Gij	Q		C		S	
SA	8,25	9,75	3,75	4,75	7	8,5
SB	8,25	9,75	8,25	9,75	5,25	7,25
SC	6,5	8,5	4,5	6	7,5	9,5
SD	9	10	2,5	4	8,25	9,75
SE	9	10	7,25	8,75	8,25	9,75

Normalisasi Matriks Keputusan Grey D

Pada tahapan ini, ditransformasikan skala penilaian performansi yang didapat dan unit pengukuran yang berbeda – beda antar kriteria menjadi suatu unit pengukuran yang sama. Hal ini memungkinkan adanya perbandingan antar kriteria. Asumsikan *Gij* adalah elemen dari matriks evaluasi D dari *i* alternatif dibawah evaluasi *j* kriteria, maka elemen G_{ij}^* dari matriks evaluasi D* ternormalisasi dapat dihitung dengan persamaan 2.10, dimana nantinya atribut *benefit* dihitung berdasarkan persamaan 2.12 dan atribut *cost* dengan persamaan 2.13. Normalisasi matriks dijelaskan pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Normalisasi Matriks Keputusan Grey D

	Q		C		S	
SA	0,825	0,975	0,5263	0,6667	0,7179	0,8718
SB	0,825	0,975	0,2564	0,303	0,5385	0,7436
SC	0,65	0,85	0,4167	0,5556	0,7692	0,9744
SD	0,9	1	0,625	1	0,8462	1
SE	0,9	1	0,2857	0,3448	0,8462	1

Nilai Alternatif Ideal Maksimum dan Minimum

Pada tahapan ini, digunakan untuk membuat alternatif ideal positif dan negatif sebagai alternatif referensial yang berdasarkan model *grey*. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 14**, dengan menggunakan persamaan 2.17 dan 2.18.

Tabel 14. Nilai Alternatif Ideal Maksimum dan Minimum

	Smax		Smin	
Q	0,81	1	0,585	0,85
C	0,5625	1	0,2308	0,303
S	0,7615	1	0,4846	0,7436

Derajat Kemungkinan Bilangan *Grey* Maksimum dan Minimum

Pada tahapan ini, digunakan untuk mencari nilai alternatif solusi ideal positif dan negatif dari setiap pemasok, dimana rumus yang dipakai untuk mencari maksimum dan minimum berbeda. Jika nilai maksimum semakin kecil maka semakin bagus, sebaliknya dengan nilai minimum. Nilai yang ada dapat digunakan untuk mengevaluasi para pemasok. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 15**, dengan persamaan 2.19 dan 2.20.

Tabel 15. Derajat Kemungkinan Bilangan *Grey* Maksimum dan Minimum

	PIS	NIS
SA	0,736	0,861
SB	0,870	0,595
SC	0,834	0,802
SD	0,500	0,971
SE	0,667	0,875

Kedekatan Relatif Masing – Masing Alternatif

Pada tahap ini, digunakan untuk mencari pemasok dengan mempertimbangkan batas nilai maksimum dan minimum yang dimiliki oleh para pemasok. Pemasok dengan nilai minimum merupakan pemasok yang lebih baik. Berdasarkan metode *grey based* TOPSIS, bahwa nilai akhir yang didapatkan pada setiap *supplier*, akan dicantumkan pada **Tabel 16**, dengan menggunakan persamaan 2.21.

Tabel 16. Nilai Indeks Kedekatan Relatif

S	Ci
SA	0,854
SB	1,463
SC	1,041
SD	0,515
SE	0,762

Berdasarkan perhitungan *grey based* TOPSIS, didapatkan ranking pemasok dari yang paling baik hingga paling buruk dengan nilai yang paling kecil

merupakan nilai yang paling bagus, yaitu: SD (0.515), SE (0.762), SA(0.854), SC (1.041) dan SB (1.463).

4. Kesimpulan

Perancangan model *grey* berguna untuk memilih *supplier multi attribute* dengan cara meranking *supplier* mana yang paling baik. Metode *grey* ini dipilih, karena mempunyai kelebihan dalam mengatasi ketidakjelasan dan ketidaksempurnaan data. *Grey* mempunyai fleksibilitas yang tinggi daripada metode *fuzzy* dan juga sudah dilengkapi dengan pembobotan kriteria dan kinerja terhadap kriteria terpilih. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, wawancara dan studi literatur, bahwa metode *grey* dapat digunakan karena mempunyai kemiripan dengan kondisi nyata dari para *supplier*. Hasil yang didapatkan dari metode *grey* adalah dari kondisi *supplier* terbaik hingga terburuk yaitu, *supplier* D, *supplier* E, *supplier* A, *supplier* C dan *supplier* B. kemudian untuk melengkapi metode *grey* dibuat perancangan model evaluasi pada penelitian ini menggunakan metode TOPSIS. Metode ini dipilih karena mempunyai nilai solusi ideal negatif dan positif dari setiap *supplier*. Metode *grey* hanya mempertimbangkan solusi ideal positif, sehingga penilaian terhadap solusi ideal negatif tidak diketahui. Oleh karena itu metode TOPSIS digunakan untuk melengkapi metode *grey* untuk menghitung solusi ideal negatif dan positif, sehingga perhitungan bisa mewakili dari kondisi nyata. Berdasarkan perhitungan, wawancara dan studi literatur yang dilakukan pada penelitian ini ditemukan NIS dan PIS dari setiap *supplier*, yaitu :

Tabel 18. Nilai Solusi Ideal Positif dan Negatif *Supplier*

<i>Supplier</i>	PIS	NIS
SD	0.500	0.971
SE	0.667	0.875
SA	0.736	0.861
SC	0.834	0.802
SB	0.870	0.595

Berdasarkan nilai yang diketahui, bahwa *supplier* D mempunyai jarak terdekat dan jarak terjauh dari solusi ideal positif dan negatif, sehingga *supplier* D tetap dipertahankan. *Supplier* E dan A mempunyai nilai yang cukup baik jika dilihat dari jarak setiap solusi ideal, sehingga *supplier* ini juga perlu dipertahankan. *Supplier* C dan B mempunyai jarak yang jauh terhadap PIS, sehingga perlunya dilakukan evaluasi ulang dengan *supplier*, untuk memperbaiki kinerja dari *supplier* tersebut. NIS yang dimiliki oleh *supplier* C dan B berbeda, *supplier* C mempunyai jarak NIS yang jauh, sehingga diperlukannya perbaikan – perbaikan yang dilakukan untuk mendekatkan jarak PIS, misalnya mengurangi waktu pengiriman, menambahkan bonus kepada RSIS dan

sebagainya. *Supplier* B mempunyai jarak yang dekat dengan NIS, sehingga diperlukan perbaikan dan evaluasi ekstra atau bahkan harus diganti dengan *supplier* lain, jika dalam kurun waktu tertentu masih mempunyai kinerja yang buruk dan mempunyai jarak yang jauh dari PIS.

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi nyata yang ada di RSIS mempunyai kesamaan hasil yang didapat. Ini merupakan bahwa perancangan metode *grey* TOPSIS dapat diterapkan di RSIS dalam pemilihan *supplier* cetakan.

5. Daftar Pustaka

- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 252-264.
- Chen, M. F., & Tzeng, G. H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(13), 1473-1490.
- Dickson, G. W. (1996). An analysis of vendor selection systems and decisions.
- Enyinda, C. I., Dunu, E., & Gebremikael, F. (2010). An analysis of strategic supplier selection and evaluation in a generic pharmaceutical firm supply chain. *Proceedings of ASBBS, Los Vegas*, 17(1), 77-91.
- Fu, X., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2012). Evaluating green supplier development programs at a telecommunications systems provider. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 357-367.
- Golmohammadi, D., & Mellat-Parast, M. (2012). Developing a grey-based decision-making model for supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 137(2), 191-200.
- Jadidi, O., Yusuff, R. M., Firouzi, F., & Hong, T. S. (2008). Improvement of a grey based method for supplier selection problem. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 31(2), 770-777.
- Julong, D. (1989). Introduction to grey system theory. *The Journal of grey system*, 1(1), 1-24.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard business review*, 61(5), 109-117.
- Li, G. D., Yamaguchi, D., & Nagai, M. (2007). A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and computer modelling*, 46(3), 573-581.
- Plomp, M. G., & Batenburg, R. S. (2009). Procurement maturity, alignment and performance: a Dutch hospital case comparison. *Proceedings of the 22nd Bled eConference "eEnabement: Facilitating an Open, Effective and Representative eSociety"*, 203-219.
- Pujawan, I. Nyoman. 2005. Supply Chain Management. *Surabaya: Guna Widya*.
- Rajesh, R., & Ravi, V. (2015). Supplier selection in resilient supply chains: a grey relational analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 86, 343-359.
- Ramesh, S., Viswanathan, R., & Ambika, S. (2016). Measurement and optimization of surface roughness and tool wear via grey relational analysis, TOPSIS and RSA techniques. *Measurement*, 78, 63-72.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill building approach*. John Wiley & Sons.
- Shanian, A., & Savadogo, O. (2006). TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell. *Journal of Power Sources*, 159(2), 1095-1104.
- Shih, H. S., Shyur, H. J., & Lee, E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7), 801-813.
- SOHRAIEE, S., & SADAGHIANI, M. S. (2015). EVALUATION AND SELECTION INDUSTRY SUPPLIERS BY GREY SYSTEM THEORY AND GREY TOPSIS. *Spectrum*, 4(2).
- Thakur, V., & Anbanandam, R. (2015). Supplier selection using grey theory: a case study from Indian banking industry. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(6), 769-787.
- Xia, W., & Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35(5), 494-504.
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction* (Vol. 104). Sage publications.
- Zolfani, S., Rezaeiniya, N., Pourhossein, M., & Zavadskas, E. (2012). Decision making on advertisement strategy selection based on life cycle of products by applying FAHP and TOPSIS GREY: growth stage perspective; a case about food industry in IRAN. *Engineering Economics*, 23(5), 471-484.