

Seleksi dan Penentuan *Third Party* Logistik Transportasi Produk Pelumas Menggunakan Metode TOPSIS dan PROMETHE

(*Selection and Determination of Third Party Logistics Transportation of Lubricant Products using the TOPSIS and PROMETHE methods*)

Sawarni Hasibuan¹, Choenuh Jaqin^{2#})

^{1,2}Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

#Corresponding author: c.jaqin@mercubuana.ac.id

Submit 14-10-2021, Revised 13-11-2022, Accepted 30-11-2022

Abstrak. Pemilihan jasa *Third Party Logistic* (3PL) menjadi fokus perhatian penting perusahaan dalam menseleksi supplier pada rantai pasoknya. Luasnya area pemasaran produk pelumas PT PETRONAS menuntut kinerja 3PL untuk meningkatkan service level perusahaan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis proses pengambilan keputusan dalam rangka pemilihan supplier 3PL transportasi menggunakan metode multi kriteria TOPSIS dan PROMETHE. Jenis data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder melalui studi kepustakaan, wawancara, dan survey lapangan. Proses pemilihan 3PL transportasi dilakukan dua tahap yaitu seleksi kriteria dan aspek komersial harga penawaran per wilayah sebagai basis pemilihan supplier terbaik. Supplier terpilih adalah PT Wira Logitama Saksama, PT Glory Sogotrans Mandiri, PT Iron Bird Logistik, PT Sumisho Global Logistik, dan PT Dunia Express Transindo. Berdasarkan hasil analisis dengan metode PROMETHEE dihasilkan lima kriteria dengan bobot tertinggi yaitu harga, waktu pengiriman, Health Safety Management, Infrastructure dan Office Equipment. Hasil ranking dengan metode TOPSIS untuk pengiriman ke masing-masing tujuan adalah PT Wira Logitama Semesta merupakan supplier terbaik untuk lima tujuan pengiriman yaitu ke wilayah Jabodetabek, Bandung, Surabaya, Lampung dan Medan dan PT Iron Bird Logistik merupakan supplier terbaik untuk pengiriman ke tujuan Cilegon dan Semarang.

Kata kunci: pelumas, pengambilan keputusan banyak kriteria, TOPSIS, PROMETHE, rantai pasok.

Abstract. Selection of *Third Party Logistics* (3PL) services is an important focus of attention for companies in selecting suppliers in their supply chain. The wide marketing area of PT PETRONAS's lubricant products demands 3PL performance to increase the company's service level. The purpose of this study is to analyze the decision-making process in the context of selecting 3PL transportation suppliers using the TOPSIS and PROMETHE multi-criteria methods. The type of data used consists of primary data and secondary data through library research, interviews, and field surveys. The process of selecting a transportation 3PL is carried out in two stages, namely selection of criteria and the commercial aspect of the bidding price per region is evaluated as the basis for selecting the best supplier. The selected suppliers are PT Wira Logitama Saksama, PT Glory sogotrans Mandiri, PT Iron Bird Logistik, PT Sumisho Global Logistik, and PT Dunia Express Transindo. Based on the results of the analysis using the PROMETHEE method, five criteria with the highest weight were produced, namely Price, Time Delivery, Health Safety Management, Infrastructure and Office Equipment. The results of the ranking using the TOPSIS method for shipping to each destination are that PT Wira Logitama Semesta is the best supplier for five shipping destinations, namely Jabodetabek, Bandung, Surabaya, Lampung and Medan and PT Iron Bird Logistik is the best supplier for shipping to Cilegon and Semarang.

Keyword: lubricant, multi criteria decision making, TOPSIS, PROMETHE, supply chain.

1 Pendahuluan

Petronas adalah perusahaan minyak asal negara jiran Malaysia yang bergerak dalam bisnis minyak dan gas hulu dan hilir. Bisnis hulu atau *upstream* adalah melakukan eksplorasi minyak bumi dan bisnis hilir atau *downstream* adalah melakukan pemasaran. PT Petronas Niaga Indonesia

masuk ke Indonesia pada tahun 2003 pada awalnya untuk membidik tiga target pasar yaitu *retail business* dalam bentuk penjualan bahan bakar minyak untuk kendaraan bermotor di SPBU, *lubricant* dalam bentuk pelumas dan komersial trading industri berupa penjualan bahan bakar solar untuk industri. Dalam mengembangkan sayap bisnisnya PT Petronas Niaga Indonesia sangat mengutamakan pemasaran agresif terutama untuk pasar komersial industri dan pelumas atau *lubricant*. Bisnis pelumas impunitas target pasar di bagi menjadi dua yaitu pasar pelumas industri dan pelumas otomotif. Pemasaran kedua produk tersebut dilakukan dengan cara penyebaran sistem distribusi yang penjualannya di wakikan oleh distributor di beberapa kota besar di Indonesia di karenakan kota berkembang impunitas pertumbuhan dan peluang bisnis yang besar terutama untuk pangsa pasar pelumas otomotif.

Sistem pemasaran dengan perwakilan distributor berlaku untuk pasar pelumas otomotif dan industri dengan target untuk memenuhi permintaan pasar atas kebutuhan oli otomotif dan industri di wilayah Indonesia sekaligus untuk melakukan penetrasi pasar di wilayah yang belum terjangkau selama ini. Sebagian besar pasar yang ada saat ini masih terfokus pada di wilayah Jakarta, Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Makasar.

Perdagangan minyak pelumas di Tanah Air semakin berkembang karena jumlah kendaraan yang tinggi, mulai dari sepeda motor, mobil pribadi, truk, alat berat, kapal laut, dan berbagai mesin pabrik. Bahkan perusahaan dari manca negara juga tertarik menikmati peluang pasar itu. Industri otomotif nasional kembali menunjukkan geliatnya setelah meredanya dampak dari pandemi virus Corona (Covid-19). Pertumbuhan permintaan motor di tahun 2023 diproyeksikan mencapai angka 5,4 juta unit, sementara untuk mobil pada tahun 2023 diproyeksikan sebesar 975.000 unit. Konsekuensi dari meningkatnya permintaan terhadap kenederaan otomotif baik roda dua maupun roda empat akan meningkatkan kebutuhan terhadap minyak pelumas.

Berdasarkan catatan Kementerian Perindustrian (2021) terdapat sekitar 200 produk pelumas yang beredar di Indonesia dan diproduksi oleh 22 pabrik dari dalam dan luar negeri. Sejumlah lembaga riset juga menyebut data yang sama. Kebutuhan pengguna pelumas rata-rata sekitar 1,3 juta kiloliter setiap tahunnya. Namun produksi dalam negeri cuma mampu mencapai 908.360 kiloliter setiap tahun. Jadi mau tidak mau, yang 400 ribu kiloliter harus mengimpor, dengan konsumsi terbesar didominasi sektor otomotif. Walaupun begitu, tidak sedikit pelumas produksi dalam negeri yang diekspor.

Melihat perkembangan tersebut *supply chain* yang melibatkan logistik dan alur distribusi impunitas peran sangat penting bagi perusahaan untuk memenangkan persaingan dan mendapatkan harga terbaik. Dengan tersebarnya distributor di berbagai kota besar serta untuk memasarkan produk pelumas ini perusahaan harus menjamin distribusinya sehingga sangat membutuhkan *partnership supplier* dalam bentuk *Third Party Logistic* (3PL). Jasa pelayanan yang ditawarkan oleh *Third Party Logistic* (3PL) yang digunakan selain transportasi antara lain untuk proses *clearance, export-import, warehousing*. Dengan memilih *supplier* transportasi yang baik maka perusahaan dapat membuat *supply chain* yang terintegrasi untuk aliran persediaan, pergudangan, material handling dan pengepakan. Segmen transportasi merupakan kontributor terbesar dalam biaya logistik yang diikuti oleh *freight forwarding* dan pergudangan. Biaya logistik merupakan faktor penting yang digunakan dalam pemilihan *Third Party Logistic* (3PL). Selama ini penggunaan *Third Party Logistic* (3PL) telah mengurangi biaya logistik perusahaan, sehingga banyak perusahaan yang menggunakan jasa *Third Party Logistic* (Frost dan Sullivan, 2007).

Dengan demikian pemilihan jasa *Third Party Logistic* (3PL) menjadi titik perhatian bagi perusahaan dan seleksi *supplier* menjadi salah satu faktor penting dalam *supply chain*, karena merupakan salah satu strategi perusahaan untuk dapat bersaing dengan perusahaan lain dalam hal kepuasan konsumen dan juga untuk meningkatkan atau mempertahankan *service level* perusahaan tersebut dalam memenuhi permintaan konsumen. Evaluasi *supplier* dilakukan sesuai dengan karakteristik dari masing-masing item yang akan dipasok. Apabila *supplier* kurang responsif dalam memenuhi permintaan maka akibat yang ditimbulkan adalah terjadi *stock out* dan juga apabila *lead time* dari *supplier* panjang maka akan timbul *inventory cost* yang cukup tinggi karena komponen material yang mahal. Kondisi saat ini PT Petronas Niaga Indonesia sedang membutuhkan *supplier* untuk pengiriman ke tujuh wilayah dengan jalur transportasi darat antara lain Jabodetabek, Bandung, Cilegon, Surabaya, Semarang, Lampung dan Medan. Dengan demikian perlu dilakukan evaluasi terhadap faktor-faktor pendukung keselamatan, keadaan lingkungan dan prosedur atas *supplier* ini.

Masalah dalam penilaian tersebut di atas dapat di kategorikan ke dalam multi kriteria. *Multiple Criteria Decision Making* merupakan bagian dari problem pengambilan keputusan yang relative kompleks, yang mengikut sertakan beberapa orang pengambil keputusan, dengan sejumlah berhingga kriteria yang beragam yang harus dipertimbangkan, dan masing-masing kriteria itu memiliki nilai bobot tertentu, dengan tujuan untuk mendapatkan solusi optimal atas suatu permasalahan (Aruldoss *et al.*, 2013; Jato-Espino *et al.*, 2014; Kabir *et al.*, 2014; Sriram *et al.*, 2022)

Hal ini menjadikan TOPSIS sebagai metode yang digunakan untuk diusulkan oleh *Supply Chain Management - Procurement* adalah dengan membuat proses pengambilan keputusan secara sistematis yang bukan hanya berdasarkan harga tetapi juga melihat kriteria pendukungnya. Metode tersebut adalah *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus impuniti jarak terdekat dari solusi ideal positif dan jarak terpanjang (terjauh) dari solusi ideal negative dari sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak Euclidean (jarak antara dua titik) untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi optimal (Behzadian *et al.*, 2012; Zulqarnain *et al.*, 2020; Çelikbilek & Tüysüz, 2020; Divya *et al.*, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pengambilan keputusan dalam rangka pemilihan supplier 3PL transportasi dengan menggunakan pendekatan *multi criteria decision making* di PT Petronas Niaga Indonesia.

2 Metode

Penelitian ini termasuk penelitian kualitatif deskriptif yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Dalam penelitian ini data yang dikumpulkan adalah data kuantitatif, sehingga pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan deduktif yang menekankan pada detail perencanaan dalam mengumpulkan data dan analisa dan data sekunder.

Jenis Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui wawancara dan pengisian kuesioner, sementara data sekunder diperoleh dari studi kepustakaan, wawancara, dan survey lapangan. Langkah-langkah pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

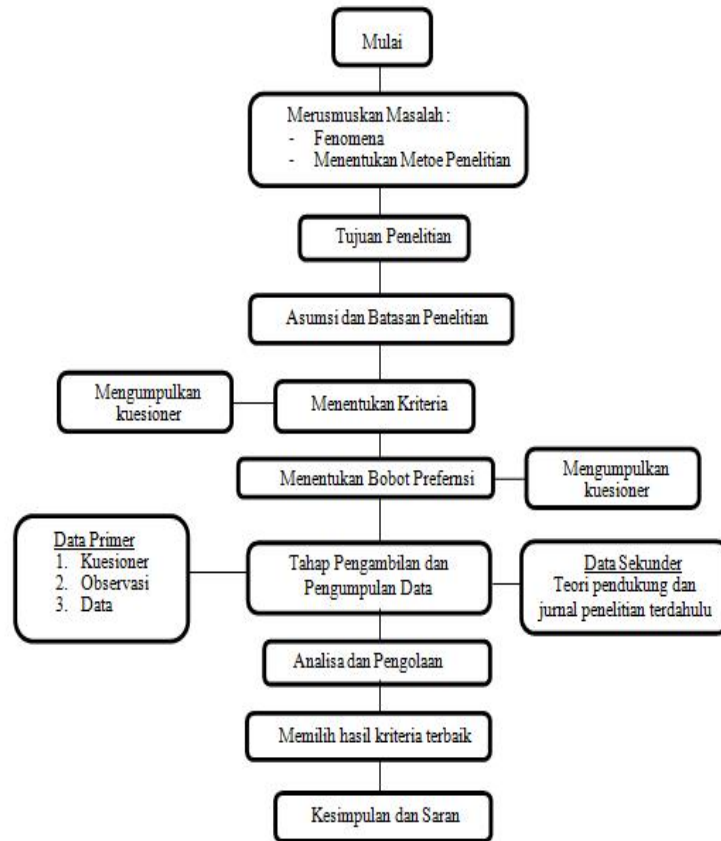
Proses pemilihan 3PL transportasi yang dijalankan oleh *Supply Chain Management - Procurement* di PT PETRONAS Niaga Indonesia ada dua tahap yaitu tahapan seleksi dengan melakukan kunjungan ke lokasi supplier di lakukan oleh tim seleksi yang terdiri dari *Safety, Risk Management, Supply Logistic, General Affair* dan *Procurement*. Selanjutnya hasil penilaian atas kunjungan tersebut di evaluasi termasuk dengan aspek komersial harga penawaran per wilayah untuk selanjutnya di summary menjadi satu untuk di tentukan dan di pilih supplier terbaik tersebut. Pada tahap pertama akan visit ke lokasi supplier dan selanjutnya team *procurement* dengan pihak *user* akan melakukan penilaian atas kondisi lapangan adapun hal yang akan di evaluasi dalam tahap pertama ini biasanya di buat dalam bentuk kriteria-kriteria yang menjadi dasar dalam seleksi tahap pertama ini adalah jaminan kualitas mutu layanan dan perbaikan lingkungan, fasilitas gudang dan truk yang dimiliki, tahap selanjutnya yaitu *procurement* akan memasukan hasil evaluasi tahap pertama kedalam harga penawaran supplier secara bersama sama di evaluasi dengan metode TOPSIS. Setelah lolos dari semua seleksi, maka akan dikeluarkan rekomendasi sebagai angkutan terpilih untuk menjadi rekanan dan 3PL transportasi.

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations)

Berdasarkan matematika dan sosiologi, metode Promethee dan Gaia dikembangkan pada awal 1980-an dan telah dipelajari secara ekstensif dan disempurnakan sejak saat itu (Goswami, 2020; Brans & De Smet, 2016; Qi *et al.*, 2019). Metode ini khusus dalam pengambilan keputusan, dapat digunakan di seluruh dunia dalam berbagai skenario keputusan, di bidang-bidang seperti bisnis, lembaga pemerintah, transportasi, kesehatan, dan energi tebarukan (Afful-Dadzie *et al.*, 2015; Ghareeb *et al.*, 2020; Oubahman & Duleba, 2021; Mishra *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 200). Elemen dasar dari metode Promethee pertama kali diperkenalkan oleh Profesor Jean-Pierre Brans (CSOO, VUB Vrije Universiteit Brussel) pada tahun 1982.

Berikut langkah-langkah metode PROMETHEE (Brans & De Smet, 2016).

- a. Penentuan alternatif-alternatif nilai dari data guru terhadap kriteria-kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya.
- b. Menentukan tipe fungsi preferensi dan nilai preferensi
- c. Perhitungan indeks preferensi.



Gambar 1 Tahapan penelitian pemilihan supplier pelumas.

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

TOPSIS diperkenalkan pertama kali oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981 untuk digunakan sebagai salah satu metode dalam memecahkan masalah multi kriteria (Papathanasiou & Ploskas, 2018). TOPSIS memberikan sebuah solusi dari sejumlah alternatif yang mungkin dengan cara membandingkan setiap alternatif dengan alternatif terbaik dan alternatif terburuk yang ada diantara alternatif-alternatif masalah. Metode ini menggunakan jarak untuk melakukan perbandingan tersebut. Solusi ideal positif didefinisikan sebagai jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sedangkan solusi negatif-ideal terdiri dari seluruh nilai terburuk yang dicapai untuk setiap atribut. TOPSIS mempertimbangkan keduanya, jarak terhadap solusi ideal positif dan jarak terhadap solusi ideal negatif dengan mengambil kedekatan relatif terhadap solusi ideal positif. Berdasarkan perbandingan terhadap jarak relatifnya, susunan prioritas alternative bias dicapai. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis.

Berikut adalah langkah-langkah dari metode TOPSIS (Hwang & Yoon, 1981):

1. Dimulai dengan membangun sebuah matriks keputusan.

$$X = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & \dots & X_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \dots \\ a_m \end{matrix} & \begin{vmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{31} & \dots & X_{n1} \\ X_{12} & X_{22} & X_{32} & \dots & X_{n2} \\ X_{13} & X_{32} & X_{33} & \dots & X_{n3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{m3} & \dots & X_{mn} \end{vmatrix} \end{matrix}$$

Ket.

- a_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) = alternatif-alternatif yang mungkin.
- x_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) = atribut dimana performansi alternatif diukur.
- x_{ij} = atribut x_j yang mengacu pada performansi alternatif a_i

2. Melakukan evaluasi m alternatif dalam sebuah matriks keputusan X berdasarkan n kriteria dan m alternatif.
3. Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi.
Untuk mentransformasikan setiap elemen x_{ij} dapat digunakan dengan persamaan berikut:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \tag{1}$$

4. Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot.
Dengan bobot $w_j = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$, dimana w_j adalah bobot dari kriteria ke- j dan $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, maka normalisasi bobot matriks V adalah:

$$v_{ij} = w_j * r_{ij} \tag{2}$$

Ket.

- $i = 1, 2, 3, \dots, m$; dan $j = 1, 2, 3, \dots, n$.
- v_{ij} = elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot
- w_j = bobot kriteria ke- j .
- r_{ij} = elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi R .

5. Menentukan matriks solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Solusi ideal positif dinotasikan A^+ , sedangkan solusi ideal negatif dinotasikan A^- .

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J'), i = 1, 2, 3, \dots, m\} \tag{3}$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J'), i = 1, 2, 3, \dots, m\} \tag{4}$$

Ket.

- $J = \{j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ dan } J \text{ merupakan himpunan kriteria keuntungan}\}$.
- $J' = \{j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ dan } J' \text{ merupakan himpunan kriteria biaya}\}$.
- v_{ij} = elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot V ,
- $v^+ (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ = elemen matriks solusi ideal positif.
- $v^- (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ = elemen matriks solusi ideal negatif.

6. Menghitung jarak solusi ideal positif (D^+) dan solusi ideal negatif (D^-).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^+ - v_{ij})^2} \tag{5}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^- - v_{ij})^2}; \tag{6}$$

Ket.

- $i = 1, 2, 3, \dots, m$.
- D_i^+ = jarak alternatif ke- i dari solusi ideal positif.
- D_i^- = jarak alternatif ke- i dari solusi ideal negatif.
- v_{ij} = elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot V
- v_i^+ = elemen matriks solusi ideal positif
- v_j^- = elemen matriks solusi ideal negatif.

7. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif.
Nilai preferensi merupakan nilai kedekatan relatif dari setiap alternatif terhadap solusi ideal positif, untuk mencari nilai tersebut dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \tag{7}$$

Ket.

- V_i = kedekatan relatif dari alternatif ke- i terhadap solusi ideal positif

8. Meranking alternatif.
Langkah terakhir setelah semua perhitungan selesai, yaitu mengurutkan alternatif dari nilai V_i terbesar ke nilai terkecil. Alternatif dengan nilai V_i terbesar merupakan solusi terbaik.

3 Hasil dan Pembahasan

Alternatif Supplier Pelumas

Alternatif *supplier* yang dipilih oleh Departemen Supply Chain Management-Procurement didasarkan pada kualifikasi *supplier* yang dianggap mampu melayani kebutuhan permintaan divisi pelumas untuk pengiriman ke beberapa wilayah Indonesia dan kepada lima *supplier trucking* yang sudah terdaftar dalam daftar *supplier* 3PL transportasi.

Pemilihan *supplier* sengaja dipilih pada perusahaan PMA (Penanaman Modal Asing) dan perusahaan lokal karena hal ini merupakan bagian dari *value procurement* bagi perusahaan bahwa dalam melakukan bisnisnya di Indonesia PT PETRONAS Niaga Indonesia memberikan kesempatan kepada perusahaan lokal untuk dapat bersaing dan berpartisipasi dalam tiap pengadaannya. *Supplier* terpilih dan yang mendapat kesempatan untuk mengisi *Request for Quotation* yang diterbitkan oleh Departemen Supply Chain Management-Procurement, yaitu 1) PT Wira Logitama Saksama, 2) PT Glory Sogotrans Mandiri, 3) PT Iron Bird Logistik, 4) PT Sumisho Global Logistik, dan 5) PT Dunia Express Transindo.

Kriteria dan Sub-kriteria

Melakukan pemilihan *supplier* terbaik untuk 3PL transportasi bukan hanya terletak pada harga termurah namun didasarkan pada kriteria-kriteria yang mendukung dan impunitas nilai bobot yang berbeda-beda atau biasa disebut sebagai multi kriteria. Dalam pengambilan keputusan multi kriteria seperti ini kesulitan yang dihadapi adalah melakukan pemilihan kriteria yang dianggap sangat penting dan berperan dalam penilaian *vendor* khususnya untuk jasa transportasi yang sesuai dengan *handling* pengiriman pelumas.

Untuk mengatasi hal tersebut ada beberapa alternatif pilihan antara lain diidentifikasi dengan kuesioner, referensi penelitian sebelumnya dan dengan metode yang sistematis yaitu PROMETHEE. Sembilan kriteria awal diseleksi menjadi lima kriteria utama dengan dua pertimbangan menurut pakar responden penelitian ini, yaitu: 1) agar membuat penilaian terhadap *supplier* lebih fokus dan 2) membuat sub-kriteria lebih sederhana dan memudahkan responden dalam mengisi kuesioner site visit.

Tabel 1 Rangking kriteria berdasarkan net flow

Kriteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
net phi	17	8	13	3	3	-15	-16	-13	-11
Rangking	1	3	2	4	5	8	9	7	6

Hasil rangking kriteria utama berdasarkan metode PROMETHEE adalah sebagai berikut:

1. Kriteria yang terpilih untuk kriteria penilaian dan seleksi adalah peringkat 1 sampai dengan 5 yaitu: *price* (C1), *time delivery* (C2), *health safety management* (C3), *infrastructure* (C4), dan *office equipment* (C5).
2. Kriteria yang tidak terpilih adalah peringkat 6 sampai dengan 9 yaitu, *location* (C6), *variation services* (C7), *company status* (C8), dan *quality management* (C9).

Bobot (*weighted*) dibuat sama untuk masing masing responden pakar dengan asumsi bahwa tingkat kepakaran responden satu level dengan responden lainnya. Nilai preferensi (p) diberi nilai sama yaitu 1 (satu) dengan alasan agar nilai logika antara masing masing notasi perbandingan lebih sederhana. Nilai *indifference* (q) diberi nilai sama yaitu 0 (nol) dengan alasan logika yang terjadi untuk nilai perbandingan pada kolom evaluasi phi adalah jika nilai nol (0) atau minus (-) maka phi akan bernilai nol (0) dan jika nilai perbandingan di atas nol (0) atau plus (+) maka nilai phi akan bernilai (1).

Kriteria *Price* menempati rangking pertama karena secara dominan semua responden pakar memberikan penilaian tertinggi pada skala kuesioner dan secara perbandingan dalam kolom phi semua bernilai 1 (satu) tidak ada kolom yang bernilai 0 (nol) dan tidak ada yang impunitas nilai di atas penilaian yang diberikan responden ditunjukkan dalam bentuk phi bernilai 0 (nol). *Kriteria Health and Safety* menempati rangking kedua karena kolom perbandingan terdapat 1 (satu) nilai di bawah nilai tertinggi. *Kriteria Time Delivery* menempati urutan ketiga karena angka

penilaian responden pada kolom phi terdapat ada 2 (dua) kriteria penilaian di bawah angka tertinggi. Kriteria *Infrastructure* dalam logika PROMETHEE rangking 4 (empat) sama dengan kriteria *Office Equipment* karena dalam logika nilai hasil *net flow* yang sama akan dianggap dengan rangking yang sama meskipun pada kenyataan angka penilaian responden pada kriteria ini lebih unggul dari kriteria *Office Equipment*.

Setelah mendapatkan hasil ranking kriteria 1 (satu) sampai dengan 9 (sembilan) maka kriteria yang masuk dalam rangking 1 sampai dengan 5 terpilih dan selanjutnya sub-kriteria dikembangkan oleh tim seleksi internal, lima kriteria dan subkriteria tersebut adalah:

1. *Price* merupakan data dari quotation dengan sub-kriteria berupa harga untuk masing masing tujuan lokasi (terdapat tujuh lokasi pengiriman).
2. *Time delivery* merupakan data dari quotation dengan sub-kriteria untuk masing masing tujuan lokasi (terdapat tujuh *time delivery*).
3. *Health and safety* dikembangkan menjadi delapan sub-kriteria.
4. *Infrastructure* dikembangkan menjadi enam sub-kriteria.
5. *Office equipment* dikembangkan menjadi delapan sub kriteria.

Bobot Preferensi Kriteria

Bobot preferensi kriteria dalam penelitian ini digunakan sebagai penilaian terhadap kriteria menurut tim seleksi yang telah dibentuk. Bobot preferensi ini dibutuhkan oleh tim seleksi dengan alasan sebagai berikut:

1. Penilaian kriteria dalam pemilihan *supplier* 3PL transportasi impunity sudut pandang kepentingan berbeda menurut masing masing anggota tim seleksi.
2. Penilaian bobot preferensi diberikan sebagai bagian dari strategi dalam mengevaluasi kelengkapan *supplier* dalam hal infrastruktur, harga, fasilitas, dan keamanan keselamatan kerja.

Bobot kriteria *Health Safety Environment* (HSE) adalah 0,26 secara agregat responden yang berasal dari tim seleksi menyepakati bahwa kriteria HSE menempati rangking pertama sebagai kriteria terpenting untuk *supplier* 3PL transportasi pelumas *lubricant*. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Kurniawan et al. (2017) yang juga menempatkan kriteria SHE sebagai kriteria terpenting dalam pemilihan kontraktor *chemical* sektor hulu.

Bobot kriteria *Price* adalah 0,22 secara agregat responden yang berasal dari tim seleksi menyepakati bahwa kriteria harga atau biaya menempati rangking kedua sebagai kriteia pemilihan *supplier* 3PL transportasi pelumas *lubricant*. Hasil penelitian Hwanf et al. (2018) untuk kriteria pemilihan 3PL pada industri integrated circuit (IC) di Taiwan juga menempatkan biaya sebagai kriteria terpenting kedua disusul kriteria *service*, *quality assurance*, dan intangible & *information technology*.

Bobot kriteria *Time Delivery* adalah 0,20 secara agregat responden yang berasal dari tim seleksi menyepakati bahwa kriteria *Time Delivery* menempati rangking ketiga dalam menilai *supplier* 3PL transportasi pelumas *lubricant*. Kriteria *Time Delivery* umumnya digunakan oleh sebagai besar peneliti untuk menseleksi *supplier* (Mukherjee, 2016; Abdillah & Hasibuan, 2021).

Bobot kriteria *Infrastructure* dan *Office Equipment berturut-turut sebesar 0,18 dan 0,15* secara agregat responden yang berasal dari tim seleksi menyepakati bahwa kriteria Infrastruktur menempati rangking keempat dan *Office Equipment pada rangking kelima* dalam menilai *supplier* 3PL transportasi pelumas *lubricant*.

Jovčić et al. (2020) mengusulkan lima parameter utama dalam memilih 3PL secara *generic* yang dapat dikelompokkan menjadi kelompok *price*, *delivery*, *safety*, *technolog level*, dan *social responsibility*. Selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode *fuzzy Saaty* dan hasilnya merekomendasikan kriteria harga atau biaya dengan bobot terbesar, disusul kriteria *delivery*, *safety*, *technology level*, dan *social responsibility*. Sementara beberapa penelitian lainnya tidak menempatkan harga sebagai kriteria terpenting utama. Seperti hasil penelitian Hwanf et al. (2018) dalam pemilihan 3PL pada industri *integrated circuit* (IC) di Taiwan menempatkan *performance* sebagai kriteria terpenting, biaya menempati ranking kedua disusul kriteria *service*, *quality assurance*, dan intangible & *information technology*. Pada penelitian ini juga harga bukanlah kriteria dengan bobot terbesar, kriteria dengan bobot terbesar adalah *Health & Safety* hal ini

dikarenakan material pelumas yang harus ditangani tergolong bahan kimia sehingga sertifikasi *Health & Safety* menjadi mandatory bagi *supplier*.

Wardhani *et al.* (2012) meneliti "Seleksi *Supplier* Bahan Baku dengan Metode TOPSIS Fuzzy MADM (Studi Kasus PT. Giri Sekar Kedaton, Gresik)" mengangkat fenomena berupa dibutuhkan pemilihan *supplier* yang tepat sangat diperlukan untuk keperluan bahan baku semen, pasir, besi, batu pondasi dan kayu. Sebanyak 13 kriteria yang digunakan dalam pemilihan *supplier* antara lain; C1, kepantasan harga dengan kualitas barang yang dihasilkan, C2, kemampuan untuk memberikan potongan harga (diskon) pada pemesanan dalam jumlah tertentu, C3, kesesuaian barang dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, C4, penyediaan barang tanpa cacat, C5, kemampuan memberikan kualitas yang konsisten, C6, kemampuan untuk mengirimkan barang sesuai dengan tanggal yang telah disepakati, C7, kemampuan dalam hal penanganan sistem transportasi, C8, ketepatan dan kesesuaian jumlah dalam pengiriman, C9, kesesuaian isi kemasan, C10, kemudahan untuk dihubungi, C11, kemampuan untuk memberikan informasi secara jelas dan mudah untuk dimengerti, C12, kecepatan dalam hal menanggapi permintaan pelanggan, C13, cepat tanggap dalam menyelesaikan keluhan pelanggan. Metode entropy digunakan untuk melakukan perhitungan bobot tiap kriteria serta alternatif, sedangkan untuk perankingan terhadap *supplier* digunakan metode TOPSIS. Dari hasil penelitian didapat bahwa *supplier* semen terbaik adalah Koperasi Semen Gresik, *supplier* pasir terbaik adalah UD. Lancar Jaya, *supplier* besi terbaik adalah Koperasi Semen Gresik, *supplier* Batu Pondasi terbaik adalah UD. Ikhwan Jaya, *supplier* kayu terbaik adalah UD. Sumber Wangi.

Hasil rangking *supplier* terbaik dengan metode TOPSIS.

Analisa perhitungan TOPSIS dilakukan untuk melihat ranking *supplier* 3PL transportasi terbaik selama periode proses seleksi dan pengumpulan *Request for Quotation (RFQ)*.

1. Tujuan pengiriman C2.1 (Jabodetabek)

Dapat dilihat dari Tabel 2 untuk tujuan pengiriman Jabodetabek (C2.1) bahwa PT Wira Logitama Saksama (S1) menempati rangking pertama, PT Sumisho Global Logistik (S4) menempati urutan kedua, PT Iron Bird Transport (S3) menempati urutan ketiga, PT Dunia Express (S5) menempati urutan ke empat dan PT Glory Sogotrans Mandiri (S2) menempati urutan kelima.

PT Wira Logitama Saksama unggul dalam penilaian untuk tujuan pengiriman ke Jabodetabek karena secara perbandingan *Price* memberikan harga paling murah dan *Time Delivery* yang sama dengan *supplier* kompetitor dan secara *Health and Safety*, *Infrastructure* dan *Office Equipment* juga mempunyai nilai kelengkapan tertinggi. Dalam evaluasi untuk rute pengiriman Jabodetabek bisa dikatakan bahwa *Price* adalah penentu utama untuk PT Wira Logitama Saksama.

Tabel 2 Rangking TOPSIS tujuan Jabodetabek

Alternatif Supplier	Kriteria				
	C2.1	C2.2	C3	C4	C5
S1	1,800,000	1	40	30	40
S2	1,850,000	1	35	25	40
S3	1,950,000	1	40	30	40
S4	1,900,000	1	40	30	40
S5	1,975,000	1	35	30	40

$$S1 > S4 > S3 > S5 > S2$$

PT Wira Logitama >PT Sumisho Global>PT Iron Bird >PT Dunia Express > PT Glory Sogotrans

Fenomena yang menarik pada pengiriman Jabodetabek ini adalah rangking kedua secara *Price* dimiliki oleh PT Glory Sogotrans Mandiri namun pada rangking hasil TOPSIS menempati rangking terakhir atau kelima karena nilai kriteria *Health and Safety* dan *Infrastructure* yang rendah.

2. Tujuan pengiriman Bandung (C2.2)

Dapat dilihat dari Tabel 3 untuk tujuan pengiriman Bandung (C2.2) bahwa PT Wira Logitama Saksama (S1) menempati rangking pertama, PT Sumisho Global Logistik (S4) menempati urutan kedua, PT Iron Bird Transport (S3) menempati urutan ketiga, PT Dunia Express (S5) menempati urutan ke empat dan PT Glory Sogotrans Mandiri (S2) menempati urutan kelima.

Tabel 3 Rangkings TOPSIS tujuan Bandung

Alternatif Supplier	Kriteria				
	C1.2	C2.2	C3	C4	C5
S1	2,450,000	1	40	30	40
S2	2,600,000	1	35	25	40
S3	2,750,000	1	40	30	40
S4	2,680,000	1	40	30	40
S5	2,700,000	1	35	30	40

$$S1 > S4 > S3 > S5 > S2$$

PT Wira Logitama >PT Sumisho Global>PT Iron Bird >PT Dunia Express > PT Glory Sogotrans

PT Wira Logitama Saksama unggul dalam penilaian untuk tujuan pengiriman ke Jabodetabek karena secara perbandingan *Price* memberikan harga paling murah dan *Time Delivery* yang sama dengan supplier kompetitor dan secara *Health and Safety, Infrastructure* dan *Office Equipment* juga mempunyai nilai kelengkapan tertinggi. Dalam evaluasi untuk rute pengiriman Bandung bisa dikatakan bahwa *Price* adalah penentu utama untuk PT Wira Logitama Saksama.

Fenomena ini sama seperti pada penilaian untuk Jabodetabek yaitu secara *Price* dimiliki oleh PT Glory Sogotrans Mandiri namun pada rangking hasil TOPSIS menempati rangking terakhir atau kelima karena nilai kriteria *Health and Safety* dan *Infrastructure* yang rendah.

3. Tujuan pengiriman Cilegon (C2.3)

Dapat dilihat dari Tabel 4 untuk tujuan pengiriman Cilegon (C2.3) didapat hasil PT Iron Bird Transport (S3) menempati rangking pertama, PT Sumisho Global Logistik (S4) menempati urutan kedua, PT Wira Logitama Saksama (S1) menempati urutan ketiga, PT Dunia Express (S5) menempati urutan ke empat dan PT Glory Sogotrans Mandiri (S2) menempati urutan ke lima.

PT Iron Bird Transport unggul dalam penilaian untuk tujuan pengiriman ke Cilegon karena secara perbandingan *Price* memberikan harga paling murah dan *Time Delivery* yang sama dengan *supplier* kompetitor dan secara *Health and Safety, Infrastructure*, dan *Office Equipment* juga mempunyai nilai kelengkapan tertinggi. Dalam evaluasi untuk rute pengiriman Cilegon bisa dikatakan bahwa *Price* adalah penentu utama untuk PT Iron Bird Transport.

Tabel 4 Rangkings TOPSIS tujuan Cilegon

Alternatif	Kode	C1.3	C2.3	C3	C4	C5
S1		2,700,000	1	40	30	40
S2		2,750,000	1	35	25	40
S3		2,500,000	1	40	30	40
S4		2,630,000	1	40	30	40
S5		2,700,000	1	35	30	40

$$S3 > S4 > S1 > S5 > S2$$

PT Iron Bird >PT Sumisho Global>PT Wira Logitama >PT Dunia Express > PT Glory Sogotrans

Rangking kedua ditempati oleh PT Sumisho global karena memberikan harga lebih murah di urutan kedua dan harga juga menjadi faktor dominan karena secara kriteria lainnya PT Sumisho Global Logistik adalah lengkap.

4. Tujuan pengiriman Surabaya (C2.4)

Dapat dilihat dari Tabel 5 untuk tujuan pengiriman Surabaya (C2.4) di dapat hasil PT Iron Bird Transport (S3) menempati rangking pertama, PT PT Wira Logitama Saksama (S1) menempati urutan kedua, Sumisho Global Logistik (S4) menempati urutan ketiga, PT Dunia Express (S5) menempati urutan ke empat dan PT Glory Sogotrans Mandiri (S2) menempati urutan ke lima.

PT Iron Bird Transport unggul dalam penilaian untuk tujuan pengiriman ke Surabaya karena secara perbandingan *Price* memberikan harga paling murah dan *Time Delivery* yang sama dengan supplier kompetitor dan secara *Health and Safety, Infrastructure* dan *Office Equipment* juga mempunyai nilai kelengkapan tertinggi. Dalam evaluasi untuk rute pengiriman Surabaya bisa dikatakan bahwa *Price* adalah penentu utama untuk PT Iron Bird Transport.

Tabel 5 Rangkings TOPSIS tujuan Surabaya

Kode	C1.4	C2.4	C3	C4	C5
Alternatif					
S1	6,500,000	2	40	30	40
S2	6,700,000	3	35	25	40
S3	6,450,000	2	40	30	40
S4	6,600,000	2	40	30	40
S5	6,625,000	3	35	30	40

S3 > S1 > S4 > S5 > S2

PT Iron Bird > PT Wira Logitama > PT Sumisho Global > PT Dunia Express > PT Glory Sogotrans

Rangkings kedua ditempati oleh PT Iron Bird Transport karena memberikan harga lebih murah diurutkan kedua dan harga juga menjadi faktor dominan karena secara kriteria lainnya PT Iron Bird Transport adalah lengkap.

5. Tujuan pengiriman Semarang (C2.5)

Dapat dilihat dari Tabel 6 untuk tujuan pengiriman Semarang (C2.5) di dapat hasil PT Wira Logitama Saksama (S1) menempati rangkings pertama, PT Iron Bird Transport (S3), menempati urutan kedua, PT Sumisho Global Logistik (S4) menempati urutan ketiga, PT Dunia Express (S5) menempati urutan ke empat dan PT Glory Sogotrans Mandiri (S2) menempati urutan ke lima.

PT Wira Logitama Saksama unggul dalam penilaian untuk tujuan pengiriman ke Semarang karena secara perbandingan *Price* memberikan harga kedua lebih murah paling murah dan *Time Delivery* yang sama dengan supplier kompetitor dan secara *Health and Safety, Infrastructure* dan *Office Equipment* juga mempunyai nilai kelengkapan tertinggi. Dalam evaluasi untuk rute pengiriman Surabaya bisa dikatakan bahwa *Price* adalah penentu utama untuk PT Iron Bird Transport.

Tabel 6 Rangkings TOPSIS tujuan Semarang

Kode	C1.5	C2.5	C3	C4	C5
Alternatif					
S1	4,500,000	2	40	30	40
S2	4,400,000	2	35	25	40
S3	4,500,000	2	40	30	40
S4	4,525,000	2	40	30	40
S5	4,200,000	3	35	30	40

S1 > S3 > S4 > S5 > S2

PT Wira Logitama > PT Iron Bird > PT Sumisho Global > PT Dunia Express > PT Glory Sogotrans

Rangkings kedua ditempati oleh PT Iron Bird Transport karena memberikan harga lebih murah diurutkan kedua dan harga juga menjadi faktor dominan karena secara kriteria lainnya PT Iron Bird Transport adalah lengkap.

6. Tujuan pengiriman Lampung (C2.6)

Dapat dilihat dari Tabel 7 untuk tujuan pengiriman Lampung (C2.6) di dapat hasil PT Wira Logitama Saksama (S1) menempati rangkings pertama, PT Iron Bird Transport (S3) menempati urutan kedua, PT Sumisho Global Logistik (S3) menempati urutan ketiga, PT Dunia Express (S5) menempati urutan ke empat dan PT Glory Sogotrans Mandiri (S2) menempati urutan ke lima.

Tabel 7 Rangkings TOPSIS tujuan Lampung C2.6

Kode	C1.6	C2.6	C3	C4	C5
Alternatif					
S1	6,800,000	2	40	30	40
S2	6,750,000	3	35	25	40
S3	6,750,000	3	40	30	40
S4	6,900,000	2	40	30	40
S5	7,000,000	2	35	30	40

S1 > S3 > S4 > S5 > S2

PT Wira Logitama > PT Iron Bird > PT Sumisho Global > PT Dunia Express > PT Glory Sogotrans

PT Wira Logitama Saksama unggul dalam penilaian untuk tujuan pengiriman ke Lampung meskipun secara perbandingan *Price* memberikan harga kedua lebih murah di dibandingkan dengan

harga dari PT Iron Bird Transport namun secara *Time Delivery* PT Wira Logitama lebih unggul satu (1) hari.

Dengan besaran bobot preferensi pada *Price* sebesar 0,22 dan pada *Time Delivery* 0,20 ternyata secara perhitungan TOPSIS hal ini bisa mempengaruhi hasil penilaian secara signifikan hal ini di sebabkan variasi dari besaran hitungan pada *Price* yang dalam Jutaan dengan nilai terendah Rp 6,750,000 dan nilai tertinggi Rp 7,000,000 di sementara pada *Time Delivery* hanya kisaran satuan dimana nilai terendahnya adalah dua (2) dan tertingginya tiga (3) sementara pada penilaian *Health and Safety, Infrastructure, Office Equipment* tidak ada perbedaan nilai.

7. Tujuan pengiriman Medan (C2.7)

Dapat dilihat dari Tabel 8 untuk tujuan pengiriman Medan (C2.7) di dapat hasil PT Wira Logitama Saksama (S1) menempati rangking pertama, PT Iron Bird Transport (S3) menempati urutan kedua, PT Sumisho Global Logistik (S4) menempati urutan ketiga, PT Dunia Express (S5) menempati urutan ke empat dan PT Glory Sogotrans Mandiri (S2) menempati urutan ke lima.

PT Wira Logitama Saksama unggul dalam penilaian untuk tujuan pengiriman ke Medan karena secara perbandingan *Price* memberikan harga paling murah dan *Time Delivery* yang sama dengan harga pesaing rangking kedua yaitu PT Iron Bird Transport dan secara *Health and Safety, Infrastructure* dan *Office Equipment* impunity nilai kelengkapan baik. Dalam evaluasi untuk rute pengiriman Medan bisa di katakan bahwa *Price* adalah penentu utama untuk PT Wira Logitama Saksama.

Tabel 8 Rangking TOPSIS tujuan Medan

Alternatif	Kode	C1.7	C2.7	C3	C4	C5
	S1	10,500,000	3	40	30	40
	S2	11,000,000	4	35	25	40
	S3	10,600,000	3	40	30	40
	S4	11,200,000	3	40	30	40
	S5	10,800,000	4	35	30	40

S1 > S3 > S4 > S5 > S2

PT Wira Logitama > PT Sumisho Global > PT Iron Bird > PT Dunia Express > PT Glory Sogotrans

Hasil rangking dengan metode TOPSIS untuk pengiriman ke masing-masing tujuan adalah PT Wira Logitama Semesta merupakan supplier terbaik untuk lima tujuan pengiriman yaitu ke wilayah Jabodetabek, Bandung, Surabaya, Lampung, dan Medan. Adapun PT Iron Bird Logistik merupakan supplier terbaik untuk pengiriman ke tujuan Cilegon dan Semarang.

4 Kesimpulan

Proses pemilihan 3PL transportasi dilakukan dua tahap yaitu seleksi kriteria berdasarkan hasil evaluasi lapangan melibatkan tim *Safety, Risk Management, Supply Logistic, General Affair* dan *Procurement*. Selanjutnya dievaluasi aspek komersial harga penawaran per wilayah sebagai basis pemilihan *supplier* terbaik. Pemilihan *supplier* sengaja dipilih pada perusahaan PMA dan perusahaan lokal karena hal ini merupakan bagian dari *value procurement* bagi perusahaan bahwa dalam melakukan bisnisnya di Indonesia PT PETRONAS Niaga Indonesia memberikan kesempatan kepada perusahaan lokal untuk dapat bersaing dan berpartisipasi dalam tiap pengadaannya. *Supplier* terpilih adalah PT Wira Logitama Saksama, PT Glory Sogotrans Mandiri, PT Iron Bird Logistik, PT Sumisho Global Logistik, dan PT Dunia Express Transindo. Berdasarkan hasil analisis pengolahan data dengan metode PROMETHEE maka dihasilkan lima kriteria utama yaitu adalah *Price, Time Delivery, Health Safety Management, Infrastructure* dan *Office Equipment*. Hasil rangking dengan metode TOPSIS untuk pengiriman ke masing-masing tujuan adalah PT Wira Logitama Semesta merupakan *supplier* terbaik untuk lima tujuan pengiriman ke wilayah Jabodetabek, Bandung, Surabaya, Lampung dan Medan, sementara PT Iron Bird Logistik merupakan *supplier* terbaik untuk pengiriman ke tujuan Cilegon dan Semarang.

Referensi

- Afful-Dadzie, E., Oplatková, Z. K., & Nabareseh, S. (2015). Selecting start-up businesses in a public venture capital financing using fuzzy PROMETHEE. *Procedia computer science*, 60, 63-72.
- Aruldoss, M., Lakshmi, T. M., & Venkatesan, V. P. (2013). A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1), 31-43.
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications*, 39(17), 13051-13069.
- Brans, J. P., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE methods. In *Multiple criteria decision analysis* (pp. 187-219). Springer, New York, NY.
- Çelikbilek, Y., & Tüysüz, F. (2020). An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281-300.
- Chen, T., Wang, Y. T., Wang, J. Q., Li, L., & Cheng, P. F. (2020). Multistage decision framework for the selection of renewable energy sources based on prospect theory and PROMETHEE. *International Journal of Fuzzy Systems*, 22(5), 1535-1551.
- Divya, C., Raju, L. S., & Singaravel, B. (2020). A review of TOPSIS method for multi criteria optimization in manufacturing environment. In *International Conference on Innovation in Modern Science and Technology* (pp. 719-727). Springer, Cham.
- Ghareeb, A. M., Darwish, N. R., & Hefney, H. A. (2020). Proposed Approach for Enhancing Adoption of E-Government Services Using AHP and PROMETHEE. *International Journal of E-Services and Mobile Applications (IJESMA)*, 12(3), 38-59.
- Goswami, S.S. (2020). Outranking methods: Promethee i and promethee ii. *Foundations of Management*, 12(1), 93-110.
- Haldar, A., Qamaruddin, U., Raut, R., Kamble, S., Kharat, M. G., & Kamble, S. J. (2017). 3PL evaluation and selection using integrated analytical modeling. *Journal of Modelling in Management*.
- Hwang, B.N., Chen, T.T., & Lin, J.T. (2016). 3PL selection criteria in integrated circuit manufacturing industry in Taiwan. *Supply Chain Management: An International Journal*. 12(1), 103–124.
- Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J., & Canteras-Jordana, J. C. (2014). A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. *Automation in construction*, 45, 151-162.
- Jovčić, S., Průša, P., Dobrodolac, M., & Švadlenka, L. (2019). A proposal for a decision-making tool in third-party logistics (3PL) provider selection based on multi-criteria analysis and the fuzzy approach. *Sustainability*, 11(15), 4236.
- Kabir, G., Sadiq, R., & Tesfamariam, S. (2014). A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. *Structure and infrastructure engineering*, 10(9), 1176-1210.
- Kurniawan, R., Hasibuan, S., & Nugroho, R. E. (2017). Analisis Kriteria Dan Proses Seleksi Kontraktor Chemical Sektor Hulu Migas: Aplikasi Metode Delphi-AHP. *MIX: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 7(2), 154538.
- Mishra, S. S., Muduli, K., Dash, M., & Yadav, D. K. (2018). PROMETHEE-based analysis of HCWM challenges in healthcare sector of Odisha. In *Smart computing and informatics* (pp. 163-170). Springer, Singapore.
- Mukherjee, K. (2016). Supplier selection criteria and methods: past, present and future. *International Journal of Operational Research*, 27(1-2), 356-373.
- Oubahman, L., & Duleba, S. (2021). Review of PROMETHEE method in transportation. *Production Engineering Archives*, 27.
- Papathanasiou, J., & Ploskas, N. (2018). Topsis. In *Multiple criteria decision aid* (pp. 1-30). Springer, Cham.

- Qi, X., Yu, X., Wang, L., Liao, X., & Zhang, S. (2019). PROMETHEE for prioritized criteria. *Soft Computing*, 23(22), 11419-11432.
- Singh, R. K., Gunasekaran, A., & Kumar, P. (2018). Third party logistics (3PL) selection for cold chain management: a fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS approach. *Annals of Operations Research*, 267(1), 531-553.
- Sriram, S., Ramachandran, M., Chinnasamy, S., & Mathivanan, G. (2022). A Review on Multi-Criteria Decision-Making and Its Application. *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing*, 7(4), 101-107.
- Zulqarnain, R. M., Saeed, M., Ahmad, N., Dayan, F., & Ahmad, B. (2020). Application of TOPSIS method for decision making. *International Journal of Scientific Research in Mathematical and Statistical Sciences*, 7(2).