
ANALISIS PEMILIHAN PEMASOK HIJAU KOMODITI KAOLIN DENGAN MENGGUNAKAN INTEGRASI METODE BWM-PROMETHEE PADA PT.XYZ**Priyati**Email : priyati@binus.ac.id

Industrial Engineering Department, BINUS Graduate Program – Master of Industrial Engineering, Bina Nusantara University, Jakarta

Suharjito

Industrial Engineering Department, BINUS Graduate Program – Master of Industrial Engineering, Bina Nusantara University, Jakarta

Elisa TanuwijayaIndustrial Engineering Department, BINUS Graduate Program – Master of Industrial Engineering, Bina Nusantara University, Jakarta

Article Info*Article History :**Received 15 May - 2022**Accepted 29 May - 2022**Available Online**30 May - 2022***Abstract**

As the international community pays more and more attention to environmental issues, people tend to think about how to adapt to various issues in order to progress and develop in an environmentally conscious way in this era of globalization. The increasing demand for innovative and environmentally friendly products has prompted companies to focus on creating green supply chains, and companies adopt practices that minimize environmental damage (Rehman et al., 2015), which makes this a necessary condition to address competition in global markets. Businesses innovate, select companies that meet the green supply chain standards for evaluation. This research aims to get the right criteria when selecting green kaolin suppliers in the supply chain and prioritise suppliers to find out which one is the best fit for the company. Method used in this study is the BWM method for weighting criteria and assessing the performance of green supply chain-based kaolin suppliers using the PROMETHEE method. This study compares the TOPSIS and Promethee methods in their ranking and the results show that the Promethee method has accuracy and correlation with ranking values (Beniyanto & P, 2018), and can be used for qualitative and quantitative data compared to TOPSIS, but TOPSIS has the advantage that the concept is simpler and easier understood so that decision-making is faster.

Keyword :BWM, Green Supply Chain, Promethee, TOPSIS

1. PENDAHULUAN

Isu polusi dan permasalahan lingkungan menjadi perhatian nasional dan global (Blackman, 2009). Kepedulian masyarakat dunia terhadap masalah lingkungan semakin hari semakin meningkat dengan masyarakat yang sudah cenderung berpikir bagaimana pada era globalisasi ini menjadi dinamis dan beradaptasi untuk menghadapi berbagai masalah untuk maju dan berkembang dengan tetap memperhatikan lingkungan (Waskito & Harsono., 2014). Saat ini untuk bersaing di pasar global semakin membutuhkan produk yang inovatif dan juga ramah lingkungan (Coyle et al., 2010), kewajiban ini telah mengarah pada fokus penciptaan rantai

pasok hijau dimana perusahaan mengadopsi praktik yang meminimalkan kerusakan lingkungan (Rehman et al., 2015) dan diperlukan suatu penilaian untuk pemilihan perusahaan yang memenuhi kriteria rantai pasok hijau.

PT. XYZ adalah salah satu industri manufaktur yang memproduksi komponen otomotif roda empat di Indonesia. PT. XYZ memerlukan pemasok baik bahan baku maupun bahan penolong dalam produksinya dan salah satu bahan baku produksi PT. XYZ adalah kaolin. Meningkatnya jumlah produksi ini menunjukkan bisnis otomotif berkembang pesat oleh karena itu berakibat pemakaian kaolin meningkat akan tetapi dalam pemilihan pemasok kaolin perusahaan wajib

memperhatikan lingkungan agar eco-friendly produk akhirnya serta untuk meningkatkan nilai perusahaan di era kompetisi ini. PT. XYZ saat ini menggunakan lebih dari satu pemasok kaolin yaitu terdiri tujuh pemasok kaolin untuk menjaga ketersediaan material demi lancarnya jalan produksi. Dalam pemilihan dan penilaian pemasok, saat ini hanya berdasarkan aspek kualitas, harga, dan pengiriman saja dan belum memasukkan kriteria yang berwawasan lingkungan. Green Supplier Selection (GSS)/pemasok ramah lingkungan yang mempertimbangkan kriteria lingkungan dewasa ini kurang dikembangkan daripada kriteria pemilihan pemasok yang telah mapan dan tradisional (Rezaei et al., 2015). Padahal, konsumen mensyaratkan penggunaan rantai pasok hijau dalam pengadaan bahan baku. Oleh karena itu, dalam penelitian ini memberikan usulan penentuan kriteria pemilihan pemasok berdasarkan rantai pasok hijau yang selaras dengan visi PT. XYZ sehingga dapat membantu PT. XYZ dalam pengadaan bahan baku yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. Evaluasi dan pemilihan pemasok adalah tugas operasional utama untuk melakukan operasi rantai pasokan yang berkelanjutan dan masalah terpenting adalah demi perlindungan lingkungan (Arikan, 2013). GSS merupakan proses pengambilan keputusan (MCDM) yang kompleks dan multikriteria yang mempertimbangkan faktor kualitatif dan kuantitatif untuk memilih pemasok yang dapat diandalkan (Hamdan & Cheaitou, 2016). Umumnya proses seleksi dan evaluasi terdiri dari banyak kriteria tetapi perusahaan hanya memilih kriteria yang sinergi dengan tujuan strategis perusahaan. Penambahan kriteria lingkungan hingga pengembangan model lebih kompleks tetapi memberi nilai meningkat bagi perusahaan (Herva & Roca, 2013). Terdapat sejumlah penelitian dengan tema pemilihan pemasok hijau, antara lain penelitian (Kannan et al., 2013), (Rezaei et al., 2015), (Kumar et al., 2017), (Lo et al., 2018), ((Azimifard et al., 2018)), (Abdullah et al., 2019) (Haeri & Rezaei, 2019), (Javad & Darvishi, 2020), (Kilic & Yalcin, 2020). Terkait dengan metode pemilihan pemasok hijau terdapat celah penelitian (H. Gupta & Barua, 2017) dan (H.-W. Lo et al., 2018) menggunakan metode BWM (Best Worst Method) dan TOPSIS menurut mereka penelitian masa depan BWM dapat dikembangkan dengan menggunakan metode MCDM lainnya seperti metode VIKOR, PROMETHEE, ELECTRE atau Grey Relation Analysis. Secara spesifik penelitian itu terjadi antara metode BWM dengan AHP, menurut nilai pembobotan akhir BWM lebih dipercaya dibandingkan dengan metode AHP karena lebih

konsisten. Celah penelitian lain adalah metode PROMETHEE dan TOPSIS. Menurut (Beniyanto & P, 2018) PROMETHEE memiliki kelebihan akurasi serta korelasi dengan nilai pemeringkatan dibandingkan TOPSIS. Sehubungan dengan celah penelitian tersebut, penelitian ini memilih metode BWM dibandingkan AHP dan PROMETHEE dibandingkan dengan TOPSIS. Penelitian ini menggunakan metode BWM untuk penentuan bobot kriteria dan PROMETHEE untuk mengevaluasi pemasok. Sehingga penelitian ini integrasi metode BWM dan PROMETHEE untuk pemilihan dan evaluasi pemasok ramah lingkungan untuk kebutuhan peningkatan inisiatif Global Supply Chain Management (GSCM) dan dapat berkontribusi pada keuntungan dan pengetahuan serta untuk peluang pengembangan penelitian lebih lanjut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen Rantai Pasok Hijau (GSCM)

Manajemen Rantai Pasok Hijau (*GSCM*) adalah proses mengubah *input* lingkungan yang bisa digunakan kembali di akhir siklus untuk membangun rantai pasokan yang berkelanjutan (Penfield, 2007). *GSCM* ialah menggabungkan praktik manajemen rantai pasokan tradisional dengan menggabungkan standar lingkungan dan masalah pengambilan keputusan terkait pembelian barang dan jasa, dalam hubungan jangka panjang dengan pemasok SCM Menurut Srivastava, (2007).

Pengukuran kinerja ialah salah satu faktor vital dalam suatu perusahaan. *Green Supply Chain Management (GSCM)* ialah konsep pengukuran kinerja berkelanjutan yang mengintegrasikan aspek lingkungan dari desain produk, sumber bahan baku, aktifitas manufaktur, pengiriman produk ke konsumen dan manajemen pengguna akhir produk ke dalam aliran rantai pasokan (Sundarakani et al., 2010). Karenanya *GSCM* adalah konsep mengurangi dampak lingkungan dari rantai pasokan perusahaan serta meningkatkan perusahaan-perusahaan yang sudah mengadopsi *GSCM* secara sadar dan peduli dengan keadaan lingkungan adalah solusi tepat sasaran untuk bisnis dan lingkungan. Peraturan yang lebih ketat dan kesadaran lingkungan telah menyebabkan pertimbangan lingkungan dalam bisnis, termasuk pemilihan pemasok (Hosseini & Barker, 2016) dan untuk mencapai kesuksesan jangka panjang di era modern, perusahaan dan organisasi tidak hanya harus mempertimbangkan aspek ekonomi tetapi harus mempertimbangkan juga berbagai kriteria lingkungan (Lo et al., 2018) serta adanya peningkatan studi pemilihan pemasok hijau (Hosseini & Barker, 2016). Vachon dan Klassen (2008) menerangkan saat suatu perusahaan

berupaya agar mencapai keberlanjutan (*sustainability*) dalam aspek lingkungan, manajemen wajib memperluas supaya untuk meningkatkan praktik lingkungan di sepanjang rantai pasokan. Proses pemilihan pemasok di *GSCM* menjadi keputusan penting untuk keputusan pengadaan (Seuring & Muller, 2008).

Seleksi dan Evaluasi Pemasok Hijau

Pengambil keputusan untuk pemilihan pemasok didasarkan pada kriteria, sehingga definisi dan pemilihan kriteria memainkan peran penting dalam pilihan. *Supplier Selection Criteria (SSC)* umumnya dimaksudkan mencakup masalah seperti kualitas, kapasitas dalam hal pembiayaan, layanan, peralatan, kualitas, reaktivitas dan lain-lain. Kriteria seleksi pemasok hijau muncul dari kecenderungan organisasi untuk menanggapi setiap tren yang ada di lingkungan masalah manajemen dan proses bisnis (Nielsen et al., 2014) serta konsep *green purchasing* selain meningkatkan proforma bisnis bisa juga untuk menguatkan praktik perlindungan terhadap lingkungan (Lo et al., 2018). Seleksi pemasok hijau (*Green Supplier Selection/GSS*) adalah proses pengambilan keputusan multi-kriteria dan salah satu tahapan terpenting manajemen rantai pasok karena efek jangka panjangnya terhadap lingkungan (Javad & Darvishi, 2020). *GSS* adalah permasalahan pemilihan pemasok yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan dimana aspek yang dipertimbangkan dalam *GSS* ialah aspek ekonomi, aspek lingkungan dan aspek sosial (Lee, 2009).

Kriteria pemilihan pemasok hijau dalam rantai pasokan meliputi desain manufaktur, teknologi, logistik hijau, layanan pelanggan, manajemen lingkungan, manajemen pengadaan, manajemen proses, manajemen R & D, kinerja operasional dan kerjasama pelanggan (Javad dan Darvishi, 2020). Evaluasi kriteria ialah langkah pertama dalam proses pemilihan pemasok hijau. Pemilihan dan evaluasi pemasok adalah masalah yang dihadapi dari waktu ke waktu, pentingnya pemilihan dan evaluasi pemasok terletak pada kenyataan bahwa itu adalah aspek penting bagi perusahaan untuk mempertahankan keunggulan kompetitifnya, terutama dalam hal keuangan (Banaeian et al., 2016), selain itu perusahaan cenderung tidak mengalihdayakan kompetensi inti mereka sehingga akibatnya perusahaan bekerjasama dengan pemasok kecil dimana mereka membangun hubungan jangka panjang dengan pemasok untuk meningkatkan kinerja mereka.

Best-Worst Method (BWM)

Best-Worst Method diperkenalkan oleh (Rezaei et al., 2015) dan metode ini digunakan untuk menurunkan bobot dengan berbagai kriteria

berdasarkan perbandingan berpasangan dengan persyaratan data yang lebih rendah dan *BWM* dapat secara efektif meningkatkan inkonsistensi yang berasal dari perbandingan berpasangan. Metode *BWM* mengurangi kerumitan dibanding metode *AHP*. Metode *BWM* hanya melakukan perbandingan preferensi yang lebih sedikit, yaitu yang memberikan kriteria terbaik di atas semua kriteria lainnya dan membandingkan semua kriteria dengan kriteria terburuk dengan angka antara 1 dan 9.

Promethee

Tahun 1985 (Brans Pierre & Bertrand, 1985) mengajukan metode *Preference Ranking of Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)* merupakan metode yang signifikan untuk mengevaluasi alternatif yang berkaitan dengan kriteria dalam masalah pengambilan keputusan multi-kriteria. Metode *PROMETHEE* adalah metode peringkat cukup sederhana konsep dan aplikasinya dibandingkan dengan metode lain untuk analisis multi-kriteria dimana setiap kriteria fungsi preferensinya menerjemahkan antara dua alternatif menjadi derajat preferensi mulai dari nol sampai satu. Struktur *PROMETHEE* berpasangan, semakin kecil nilai deviasi maka semakin kecil nilai preferensinya, semakin besar deviasi semakin besar preferensinya.

Untuk memfasilitasi pemilihan fungsi preferensi tertentu. Brans Pierre dan Bertrand (1985) mengusulkan enam tipe dasar sebagai berikut:

- a. Kriteria Biasa (*Usual Criterion*)
- b. Tipe ini adalah tipe dasar yang tidak mempunyai nilai *threshold* tipe ini jarang digunakan.
- c. Kriteria Quasi (*Quasi Criterion* atau *U-shape*)
- d. Tipe ini sering digunakan di dalam penelitian sebuah data dari segi kualitas atau mutu, dimana tipe ini menggunakan satu *threshold* atau kecenderungan yang telah ditentukan, dimana kasus ini *threshold* itu adalah *indifference*.
- e. Kriteria dengan Preferensi Linear (*Criterion with Linear Preference* atau *V-Shape*)
- f. Tipe ini biasanya digunakan dalam penilaian dari segi kuantitatif atau banyaknya jumlah, dimana tipe ini juga menggunakan satu *threshold* atau kecenderungan yang telah ditentukan, dalam kasus ini *threshold* itu adalah *preference*.

- g. Kriteria dengan Preferensi Linear dengan Area Sama Linear Quasi (*Criterion with Linear Preference and Indifference Area*)
- h. Tipe ini mirip dengan tipe Linear yang sering digunakan dalam penilaian dari segi kuantitatif atau jumlahnya banyak.
- i. Kriteria Level (*Level Criterion*)
- j. Tipe ini mirip dengan tipe Quasi sering digunakan dalam penilaian suatu data baik dari segi kualitas atau mutu.
- k. Kriteria Gaussian (*Gaussian Criterion*)
Tipe ini sering digunakan di dalam mencari nilai aman atau titik aman untuk data yang

bersifat *continue* atau berjalan terus (Chou et al., 2004).

Tinjauan Literatur

Menunjukkan daftar studi dimana penulis menggunakan metode *MCDM* untuk pemilihan pemasok hijau (*Green Supplier Selection, GSS*) untuk menunjukkan kriteria lingkungan yang direkomendasikan dalam penelitian. Penelitian terkait dengan *GSS* dari penelitian sejenis terdahulu disajikan pada Tabel 2.1 Ringkasan Studi literatur yang bertujuan untuk membandingkan antara penelitian terdahulu, variabel penelitian, metode yang digunakan dan hasil Evaluasi yang dilakukan

Tabel 2. 1 Studi literatur Green Supplier Selection

No	Sumber Sitasi	Variabel Penelitian	Metode	Hasil Evaluasi
1	(Kannan et al., 2013)	Biaya, Kualitas, Keandalan Pengiriman, Kemampuan Teknologi, Metrik Lingkungan.	Fuzzy AHP dan Fuzzy TOPSIS.	Solusi optimal: Min TVP= 397,9 dan Maks TCP = 16,313,95
2	(H. Gupta & Barua, 2017)	Pemilihan Pemasok berdasarkan Inovasi Hijau.	BWM dan Fuzzy TOPSIS.	Hasilnya kuat karena SP3 memperoleh peringkat pertama dan SP5 memperoleh peringkat 4 terakhir di antara pemasok di semua uji coba berikutnya.
3	(Azimifard et al., 2018)	Ekonomi, Sosial, Lingkungan.	AHP dan TOPSIS.	Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menggambarkan bahwa kriteria "jarak" dengan bobot 0,545 adalah yang paling kriteria penting diantara keempat kriteria tersebut.
4	(Lo et al., 2018)	Kinerja pemasok, Perlindungan Lingkungan, Risiko Pemasok.	BWM dan Fuzzy TOPSIS.	Model yang diusulkan efektif mengevaluasi kinerja pemasok dan dapat mengoptimalkan alokasi pesanan untuk pemasok yang memenuhi syarat.
5	(Yalcin & Kilic, 2019)	Fleksibilitas, Kualitas, Harga, Pengiriman, Kehijauan.	IF-AHP dan PROMETHEE.	Pemasok E telah diidentifikasi sebagai pemasok hijau yang paling cocok pemasok bagi perusahaan.
6	(Yucesan et al., 2019)	Lingkungan, Sosial, Kualitas, Layanan, Risiko, Biaya, Kemampuan pemasok, Struktur Bisnis pemasok.	BWM dan IT2F TOPSIS.	Hasil dari 45 sub kriteria adalah sub kriteria yang paling penting adalah Keuntungan pada produk dan pemasok terbaik adalah pemasok 3.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang peneliti usulkan dalam penelitian ini adalah integrasi *BWM* dan *PROMETHEE* untuk menghasilkan solusi pemilihan pemasok kaolin yang berbasis rantai hijau yang optimal untuk memperbaiki proses bisnis pada Departemen *Purchasing* PT. XYZ. *BWM* dikenal dengan baik untuk pengambilan keputusan multi objektif misalnya pemilihan pemasok berbasis *green innovation* dan *PROMETHEE* metode ini sangat signifikan mengevaluasi alternatif yang berkaitan dengan kriteria dalam masalah pengambilan keputusan multi kriteria, sehingga setelah dilakukan penyelesaian permasalahan pemilihan pemasok kaolin yang berbasis rantai pasok hijau dengan menggunakan metode *BWM* dan *PROMETHEE*

didapatkan solusi pemasok hijau yang optimal di PT. XYZ.

Peneliti melakukan pengamatan data dilakukan berdasarkan kriteria pemasok hijau dengan menggunakan metode kuisioner penelitian yang divalidasi oleh para ahli *SCM* baik dibidang akademisi maupun praktisi dengan pengalaman kerja minimal 10 tahun (6 orang) hasil kuisioner para ahli akan di olah dengan menggunakan metode *BWM* untuk mengetahui pembobotan kriteria dari pemasok hijau dan setelah didapat bobot dan evaluasi pada setiap kriteria digunakan sebagai data masukan perhitungan dengan metode *PROMETHEE* guna mendapatkan peringkat pemasok hijau yang terbaik dan optimal. Setelah identifikasi permasalahan yang dijelaskan atas latar belakang selesai dilakukan langkah selanjutnya

adalah merumuskan permasalahan tersebut menjadi sebuah pertanyaan penelitian yang akan dijawab melalui penelitian ini menggunakan metode penelitian yang ada dan dibantu dengan penggunaan landasan teori dan referensi yang ada dan diperkuat dengan studi literatur pada penelitian sejenis yang sudah dilakukan sebelumnya dan penelitian merancang model pemilihan pemasok kaolin berbasis rantai pasok hijau pada PT. XYZ dengan integrasi metode *BWM* dan *PROMETHEE*. Langkah terakhir penelitian ini pengujian model dengan metode yang telah dipilih dan dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yang bisa dilihat di studi literatur.

Usulan Model

Penelitian ini ditulis menggunakan 2 metode yang terintegrasi yaitu *Best-Worst Method* untuk pembobotan kriteria pemilihan pemasok dan merangking pemasok potensial dengan metode *PROMETHEE*. Model matematis yang diusulkan dalam penelitian ini didasarkan pada perbandingan referensi dengan menggunakan model pemrograman linier atau non-linier untuk menentukan bobot dan skor dengan menggunakan metode *Best-Worst Method (BWM)*. Langkah-langkah dasar untuk *BWM* adalah sebagai berikut (Rezaei et al., 2016):

- Mengidentifikasi kriteria dengan mempertimbangan terhadap kriteria yang penting digunakan hingga memperoleh sebuah keputusan yang ditunjukkan dengan ($c_1, c_2, \dots, c_n$) dan untuk n kriteria utama.
- Menentukan kriteria-kriteria terbaik dan terburuk misal terbaik *CB* (yang paling diinginkan, paling penting) dan yang terburuk *CW* (yang paling tidak diinginkan, paling tidak penting). Tetapi tahap ini tidak ada perbandingan yang dibuat.
- Menentukan penilaian kriteria terbaik terhadap kriteria lain dengan skala interval 1-9. Penentuan terbaik dan terburuk harus dilakukan oleh ahli. Satu skala menentukan preferensi kriteria terbaik dari semua kriteria lainnya. Kriteria terbaik atas kriteria lain bisa dituliskan sebagai berikut:

$$AB = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

dimana a_{Bj} merepresentasikan peringkat kriteria terbaik dengan membandingkan kriteria lain j . Dalam hal ini $a_{BB} = 1$

- Membandingkan kriteria lain dengan kriteria terburuk dengan skala 1- 9 dilambangkan dengan bentuk vektor dibawah ini:

$$AW = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T \text{ dan } a_{jW} \text{ mewakili peringkat dari setiap kriteria } j$$

dengan kriteria terburuk Cw . Sehingga bisa disimpulkan maka $a_{BB} = 1$

- Melakukan penentuan bobot optimal ($w^*_1, w^*_2, \dots, w^*_n$)

Bobot optimal untuk kriteria dimana untuk setiap pasangan dari w_B/w_j dan w_j/w_W , diperoleh $w_B/w_j = a_{Bj}$ dan $w_j/w_W = a_{jW}$. Untuk memenuhi persyaratan ini untuk seluruh j , solusi harus diperoleh dimana maksimum perbedaan mutlak dari $|\frac{w_B}{w_j} -$

$$\frac{a_{Bj}}{a_{jW}}| \text{ dan } |\frac{w_j}{w_W} - \frac{a_{jW}}{a_{Bj}}| \text{ bagi}$$

Seluruh j diminimalkan.

Dengan mempertimbangkan kondisi non-negatif dan jumlah untuk bobot, dihasilkan persamaan (2.1) yang menunjukkan fungsi *objective*, dan persamaan (2.2) menunjukkan *constraint*:

$$\min \max_j \{ |\frac{w_B}{w_j} - \frac{a_{Bj}}{a_{jW}}|, |\frac{w_j}{w_W} - \frac{a_{jW}}{a_{Bj}}| \} \quad (3.1)$$

$$\text{Dimana } \sum_j w_j = 1 \quad (3.2)$$

$w_j \geq 0$, untuk seluruh j

w_B ialah bobot atas kriteria terbaik

CB ; w_j ialah bobot dari kriteria

Cj ; a_{Bj} adalah preferensi atas kriteria terbaik

CB dibandingkan kriteria

Cj ; w_W ialah bobot dari kriteria terburuk

Cw ; dan a_{jW} adalah preferensi atas kriteria Cj terhadap kriteria terburuk Cw

Persamaan diatas dapat dibuatkan dengan bentuk model linier dibawah ini:

$$\begin{aligned} \min \xi & L \\ |\frac{w_B}{w_i} - a_{Bj}| & \leq \xi, \text{ untuk seluruh } j \\ |\frac{w_i}{w_W} - a_{jW}| & \leq \xi, \text{ untuk seluruh } j \\ \sum_j \frac{w_j}{j} & = 1 \end{aligned} \quad (3.3)$$

$w_j \geq 0$, untuk seluruh j

Dan untuk ξ ialah variabel tambahan.

Kemudian setelah menyelesaikan persamaan (3.3), bobot optimal atas seluruh kriteria dan variabel tambahan optimal ξ bisa diperoleh. Perhitungan dari *BWM* sangat konsisten ketika $a_{Bj} \times a_{jW} = a_{BW}$. Karena hasil perhitungan mungkin tidak konsisten secara sempurna, oleh karena itu peneliti dapat menghitung tingkat konsistensi dengan menggunakan indeks yang kuat yang bernama rasio konsistensi.

$$\text{Rasio Konsistensi} = \xi^L / \text{Indeks Konsistensi} \quad (3.4)$$

Nilai dari ξ menjadi indikator konsistensi dari perbandingan preferensi. Jika nilai ξ mendekati nol, menunjukkan perbandingan preferensi mempunyai tingkat konsistensi yang tinggi

(Rezaei, 2016). Pengolahan data dilakukan untuk persamaan model (3.3) dipermudah dengan BWM Solver yang terintegrasi dengan *Microsoft Excel*, sedangkan perhitungan manual bisa menggunakan pendekatan *Simplex Linier Programming*.

Selanjutnya setelah hasil pembobotan kriteria pemasok didapatkan hasil maka metode berikutnya adalah *PROMETHEE* untuk meranking pemasok hijau potensial.

PROMETHEE dikenalkan oleh Brans (1982) dan dikembangkan oleh Brans dan Vincke (1985). Metode *PROMETHEE* terdiri dominasi kriteria, dimana preferensi ditentukan perbandingannya, Nilai f adalah nilai nyata dari suatu kriteria,

$f : K \rightarrow \mathcal{Y}$ (*Real Word*) bertujuan sebagai prosedur optimasi bagi setiap alternatif yang akan diseleksi, $a \in K$, $f(a)$ adalah evaluasi dari alternatif untuk yang di seleksi tersebut bagi setiap kriteria. Bilamana dua alternatif dibandingkan $a, b \in K$, harus diperoleh perbandingan preferensinya. Penyampaian Intensitas (P) dari preferensi alternatif a atas alternatif b sedemikian rupa sehingga:

- $P(a, b) = 0$, artinya tidak ada beda antara a dan b , atau tidak ada preferensi dari a lebih baik dari b .
- $P(a, b) \approx 0$, artinya lemah preferensi dari a lebih baik dari b .
- $P(a, b) \approx 1$, kuat preferensi dari a lebih baik dari b .
- $P(a, b) = 1$, artinya mutlak preferensi dari a lebih baik dari b .

Hubungan fungsi preferensi $P(a, b)$ dari a dimana berhubungan dengan b bisa didefinisikan sebagai:

$$p(x) = \left\{ \frac{u}{p | f(a).f(b) |} \right\} \quad (3.5)$$

bagi kasus di lapangan memilih fungsi $p(\cdot)$ digambarkan dengan fungsi dibawah ini:

$$p(x) = [f(a), f(b)] = p[f(a) - f(b)] \quad (3.6)$$

Tergantung atas perbedaan nilai dari fungsi $f(a)$ dengan $f(b)$

Untuk daerah *indifference* di lingkungan $f(b)$, bisa dituliskan dibawah ini:

$$x = f(a) - f(b)$$

untuk grafis fungsi $H(a)$ direpresentasikan sebagai berikut:

$$H(x) = \begin{cases} P(a,b)x \geq 0 \\ p(b,a)x \leq 0 \end{cases} \quad (3.7)$$

Dalam metode *PROMETHEE* terdapat fungsi preferensi sering menghasilkan nilai fungsi berbeda antara dua evaluasi, sehingga: $P(a, b) = P(f(a) - f(b))$. Untuk semua kriteria, objek diberi

nilai referensi yang lebih tepat, nilai f ditentukan, dan akumulasi nilai ini menentukan nilai yang disukai untuk setiap objek yang dipilih. Setiap kriteria dapat memiliki dominasi kriteria atau bobot kriteria yang sama atau berbeda, dan nilai bobotnya harus lebih besar dari 0 (nol). Sebelum dilakukan perhitungan bobot untuk setiap kriteria, terlebih dahulu dilakukan penghitungan total bobot untuk semua kriteria, adapun berdasarkan Ignatius, (2002), detail formulasi langkah perankingan metode *PROMETHEE* adalah sebagai berikut.

1. Penentuan deviasi berdasarkan perbandingan berpasangan

$$d_j(a, b) = f(a_j) - f(b_j) \text{ dimana } j = 1, 2, 3, \dots, k \quad (3.8)$$

Dimana $d_j(a, b)$ menunjukkan perbedaan antara evaluasi alternatif dari a dan b pada kriteria ke j , dan k menunjukkan kriteria berhingga

2. Penerapan fungsi preferensi

$$P_j(a, b) = F_j(d_j(a, b)) \text{ dimana } j = 1, 2, 3, \dots, k \quad (3.9)$$

Dimana $d_j(a, b)$ menunjukkan preferensi alternatif a yang berkaitan dengan alternatif b pada setiap kriteria.

3. Perhitungan indeks preferensi global

$$\varphi(a, b) = \sum_{n=1}^j P_j(a, b) w_j(a, b), \forall a, b \in A \quad (3.10)$$

Dimana $\varphi(a, b)$ dengan a lebih besar dari b (antara nol hingga satu) didefinisikan sebagai jumlah bobot $P(a, b)$ pada setiap kriteria, dan w_j adalah bobot yang berhubungan dengan kriteria ke- j

4. Perhitungan aliran perankingan dan peringkat parsial

Dalam tahap ini dihitung nilai-nilai *leaving flow* dan *entering flow* pada setiap alternatif

$$\varphi^+ = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \varphi(a, x) \quad (3.11)$$

Dari persamaan diatas $\varphi^+(a)$ adalah nilai *leaving flow* pada setiap alternatif a , sedangkan untuk menghitung nilai *entering flow*-nya atau nilai $\varphi^-(a)$ diperoleh persamaan berikut :

$$\varphi^- = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \varphi(x, a) \quad (3.12)$$

Perhitungan aliran perankingan bersih dan peringkat lengkap

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (3.13)$$

Dimana $\varphi(a)$ adalah *net flow*, digunakan untuk menghasilkan keputusan akhir penentuan urutan untuk menyelesaikan masalah sehingga

menghasilkan urutan lengkap. Untuk pengolahan data Promethee selain dengan manual, metode Promethee olah data bisa dilakukan di software visual Promethee-GAIA. Gambar 3.1 dibawah ini menjelaskan tentang kerangka integrasi BWM-PROMETHEE.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dengan menggunakan data yang bersifat primer yaitu memperoleh data langsung dengan menggunakan kuisioner meminta pihak *expert* (baik praktisi maupun akademisi) untuk mengisi kuisioner pembobotan dimensi dan kriteria pemasok hijau dan datanya hasil kuisioner diolah dengan metode *BWM*, hasil akhir bobot dan evaluasi pada setiap kriteria akan menjadi data yang diolah selanjutnya dengan metode *PROMETHEE* untuk hasil pengolahannya akan didapatkan pemasok hijau terbaik. Tahapan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap dibawah ini:

- 1) Identifikasi dimensi dan kriteria berdasarkan bisnis perusahaan.

- 2) Menentukan dimensi dan kriteria pemasok hijau berdasarkan studi literatur.
- 3) Perancangan kuisioner dimensi dan kriteria pemasok hijau berdasarkan penilaian *expert* ahli dan konfirmasi dari pihak management PT. XYZ
- 4) Pembobotan kriteria seleksi pemasok hijau diolah hasilnya menggunakan metode *BWM*.
- 5) Identifikasi penilaian dan seleksi pemasok hijau.
- 6) Merangking pemasok hijau potensial dengan menggunakan metode *PROMETHEE*.

Menentukan Dimensi dan Kriteria Pemilihan Pemasok Hijau

Untuk melakukan identifikasi kriteria penulis melakukan studi literatur mengenai dimensi dan kriteria yang ditunjukkan pada tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3. 1 Dimensi dan Kriteria Pemasok Hijau Berdasarkan Literatur

Dimensi	Kriteria	Referensi
Biaya (D1)	Harga Produk (D11)	(Lee, 2009), (Kannan et al., 2013), (Luthra et al., 2016), (Akcan & Güldeş, 2019)
	Biaya Pengiriman (D12)	(Rezaei et al., 2016), (Azimifard et al., 2018), (Yalcin & Kilic, 2019), (Haeri & Rezaei, 2019)
	Terms of Payment (D13)	(Polat et al., 2017), (Yucesan et al., 2019) (Bahadori et al., 2020)
Kualitas (D2)	Yield Rate (D21)	(Lee, 2009), (Ghadikolaie & Parkouhi, 2017), (Parkouhi et al., 2019)
	Keandalan Produk (D22)	(Lee, 2009), (Ghadikolaie & Parkouhi, 2017), (Lo et al., 2018), (Jain & Singh, 2019)
	Kualitas Layanan Dukungan (D23)	(Lee, 2009), (Ghadikolaie & Parkouhi, 2017) (Parkouhi et al., 2019), (Govindan et al., 2019)
	Quality System (D24)	(Lee, 2009), (Rezaei et al., 2016), (Ghadikolaie & Parkouhi, 2017), (Haeri & Rezaei, 2019), (Yucesan et al., 2019)
Pengiriman (D3)	Lead time (D31)	(Lee, 2009), (Polat et al., 2017), (Ghadikolaie & Parkouhi, 2017), (Azimifard et al., 2018), (Gören, 2018), (Parkouhi et al., 2019)
	Tepat Waktu (D32)	(Lee, 2009), (Fallahpour et al., 2017), (Parkouhi et al., 2019), (Sen et al., 2018), (Govindan et al., 2019), (Akcan & Güldeş, 2019), (Mina et al., 2020)
	Keandalan Pengiriman (D33)	(Ghadikolaie & Parkouhi, 2017), (Yalcin & Kilic, 2019), (Mina et al., 2020)
Green Manufacturing (D4)	Green Package (D41)	(Luthra et al., 2016), (Ghadikolaie & Parkouhi, 2017), (Jain & Singh, 2019), (Yucesan et al., 2019), (Ecer, 2020), (Mina et al., 2020)
	Cleaner Production (D42)	(Sahu et al., 2016), (Govindan et al., 2019), (Ecer, 2020)
	Green Design (D43)	(Sen et al., 2018), (Yucesan et al., 2019), (Ecer, 2020)
Produksi dan Manufaktur (D5)	Green Training (D51)	(Sahu et al., 2016), (S. Gupta et al., 2019), (Jain & Singh, 2019), (Ecer, 2020)
	Pollution control (D52)	(Rashidi & Cullinane, 2018), (Sen et al., 2018), (S. Gupta et al., 2019), (Jain & Singh, 2019), (Matic et al., 2019)
	Sistem Manajemen Lingkungan (D53)	(Kannan et al., 2013), (Luthra et al., 2016), (Gören, 2018), (Rashidi & Cullinane, 2018), (Yucesan et al., 2019)

4. HASIL PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah pemilihan pemasok hijau / Green Sup-plier Selection (GSS) pada perusahaan komponen otomotif di Indonesia (PT.XYZ). untuk mencapai tujuan ini, kami menggunakan integrasi metode BWM dan Promethee untuk melakukan pemilihan dan Evaluasi atas tujuh alternatif pemasok kaolin di PT.XYZ.Case Berdasarkan kriteria yang telah divalidasi oleh external expert (terdiri dari 6 ahli yang mempunyai pengalaman lebih dari 10 tahun dibidang praktisi dan akademisi dibidang Supply Chain) melalui kuisioner dengan penilaian menggunakan skala Likert. Hasil Validasi oleh pakar dari teman external kemudian dikonfirmasi oleh pihak manajemen PT. XYZ. Kriteria yang telah di validasi dan dikorfirmasi kemudian dilakukan pembobotan masing masing kriteria baik local maupun global dnegan cara pihak internal ahli dari PT. XYZ mengisi kuisioner dari masing masing kriteria selanjutnya hasil dari kuisioner dilah menggunakan BWM Excel solver.

Hasil pembobotan akhir kemudian digunakan sebagai data lanjutan untuk perangkingan supplier optimal dengan menggunakan metode Promethee, disini pengolahan data menggunakan software visual Promethee -GAIA.Hasil pengolahan data Promethee berupa net flow dijadikan dasar pernagkingan supplier yang optimal. Untuk

memvalidasi keektifan peringkat pemasok kami menggunakan metode TOPSIS pada pengolahan data pada peringkat pemasok kaolin.

Penentuan Kriteria

Penentuan kriteria pemilihan pemasok hijau/ Green Supplier Selection (GSS) didasarkan pada studi literatur yang ditunjukkan pada Tabel 3.3

Validasi Kriteria

Berdasarakkan studi literatur diatas kemudian divalidasi oleh external expert yang bergerak dibidang supply chain dibidang keahlian akademisi, asosiasi dan praktisi yang terdiri 6 orang team ahli melalui kuisioner yang berisi studi literatur di Tabel 3.3 dan diperoleh hasil kuisioner bahwa Tabel tersebut aiatas semua sesuai dengan kriteria pada perusahaan yang bergerak di bidang komponen otomotif.

Pembobotan Kriteria

Setelah kriteria pemilihan pemasok hijau /GSS divalidasi oleh external expert dimana jika hasil rata-rata 4 atau lebih maka kriteria sesuai dan langkah selanjutnya dikonfirmasi oleh pihak Manajemen PT. XYZ kesesuaian hasil validasi tersebut dengan visi dan misi dari PT.XYZ.

Untuk pembobotan masing masing kriteria yang ada hasil dari validasi dan konfirmasi kemudian disebarkan kuisioner ke pihak ahli internal PT. XYZ yang berjumlah 3 orang dalam melakukan pembobotan ini dan hasil pembobotan disajikan dengan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 4. 1 Data Perbandingan Antar Variabel untuk Vektor Terbaik/Penting (Best)

Ahli	Dimensi Terbaik (Best)	Perbandingan antarvariabel dimensi				
		Biaya (D1)	Kualitas (D2)	Pengiriman (D3)	Green Manufacturing (D4)	Production & Manufacturing (D5)
1	Biaya (D1)	1	3	2	5	9
2	Biaya (D1)	1	2	5	9	5
3	Pengiriman (D3)	3	1	4	9	7

Tabel 4. 2 Data Perbandingan Antar Variabel untuk Vektor Terburuk/Tidak Penting (Worst)

Ahli	Dimensi Terburuk (Worst)	Perbandingan antarvariabel dimensi				
		Biaya (D1)	Kualitas (D2)	Pengiriman (D3)	Green Manufacturing (D4)	Production & Manufacturing (D5)
1	Production & Manufacturing(D5)	9	7	9	5	1
2	Green Manufacturing(D4)	9	8	7	1	4
3	Green Manufacturing (D4)	6	9	5	1	2

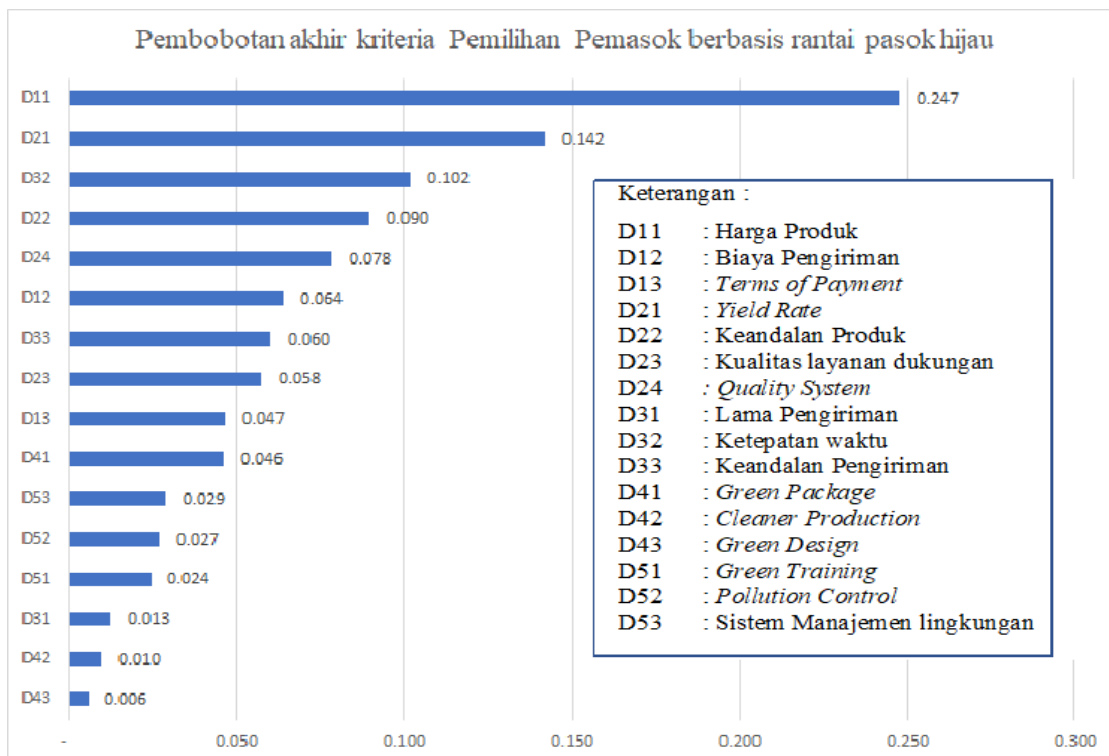
Pembobotan Global Kriteria

Hasil kuisioner pembobotan kriteria yang diisi oleh 3 pihak ahli internal PT. XYZ kemudian diolah menggunakan BWM Excel solver dengan hasil

yang disajikan dengan Tabel 4.3 dibawah ini yang menunjukkan bobot kriteria global dan perangkingan per kriteria.

Tabel 4. 3 Data Bobot Global Kriteria Dimensi Biaya

Kriteria	Bobot Kriteria (a)	Bobot Dimensi (b)	Bobot Global (a x b)	Ranking
Harga Produk(D11)	0.691	0.358	0.247	1
Biaya Pengiriman (D12)	0.178		0.064	6
<i>Terms of Payment</i> (D13)	0.130		0.047	9
<i>Yield Rate</i> (D21)	0.437	0.325	0.142	2
Keandalan Produk (D22)	0.276		0.090	4
Kualitas Layanan Dukungan (D23)	0.177		0.058	8
<i>Quality System</i> (D24)	0.241		0.078	5
Lama Pengiriman (D31)	0.072	0.175	0.013	14
Ketepatan Waktu (D32)	0.582		0.102	3
Keandalan Pengiriman (D33)	0.345		0.060	7
<i>Green Package</i> (D41)	0.749	0.062	0.046	10
<i>Cleaner Production</i> (D42)	0.156		0.010	15
<i>Green Design</i> (D43)	0.092		0.006	16
<i>Green Training</i> (D51)	0.304	0.08	0.024	13
<i>Pollution Control</i> (D52)	0.335		0.027	12
Sistem Manajemen Lingkungan (D53)	0.361		0.029	11



Perangkingan Supplier optimal

Hasil pembobotan global dari Tabel 4.4 yang telah diolah dengan menggunakan BWM Excel solver kemudian dimasukkan kedalam Evaluasi supplier yang diisi oleh 3 pihak ahli internal PT. XYZ hasil Evaluasi tujuh supplier berdasarkan masing masing

kriteria kemudian diolah menggunakan software Visual Promethee-GAIA dan didapatkan hasil Leaving Flow, Entering Flow dan Net flow yang disajikan dengan Tabel dibawah ini sebagai dasar perangkingan supplier yang optimal.

Tabel 4. 4 Hasil Pemeringkatan Pemasok Kaolin

Supplier	φ^+	φ^-	φ	Peringkat
S1	0,2604	0,3949	-0,1345	6
S2	0,3555	0,2550	0,1004	3
S3	0,3016	0,3061	-0,0045	4
S4	0,1566	0,5805	-0,4239	7
S5	0,2636	0,3664	-0,1028	5
S6	0,4656	0,1995	0,2661	2
S7	0,4788	0,1796	0,2992	1

Analisis Perbandingan

Untuk memvalidasi efektifitas dari BWM-Promethee maka kita mengambil model benchmarking BWM-TOPSIS, dimana untuk pembobotan kriteria tetap menggunakan metode

BWM tetapi fase kedua untuk menentukan peringkat pemasok diganti dari Promethee menjadi menggunakan metode TOPSIS.

Urutan TOPSIS dirangkum dibawah ini :

Matriks keputusan yang ternormalisasi

Rumus :

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

Dimana : $i = 1, 2, \dots, m$; dan $j = 1, 2, \dots, n$

Hasil matrik keputusan yang ternormalisasi ditunjukkan dengan Tabel 4.5

Tabel 4.5 Matriks item yang dinormalisasi

Supplier/kriteria	D11	D12	D13	D21	D22	D23	D24	D31	D32	D33	D41	D42	D43	D51	D52	D53
S1	0.38	0.38	0.37	0.22	0.40	0.42	0.39	0.37	0.21	0.41	0.40	0.41	0.41	0.37	0.34	0.39
S2	0.36	0.36	0.37	0.22	0.32	0.34	0.39	0.24	0.43	0.44	0.40	0.41	0.41	0.37	0.42	0.39
S3	0.39	0.39	0.37	0.33	0.40	0.42	0.39	0.33	0.49	0.43	0.40	0.41	0.41	0.37	0.34	0.39
S4	0.41	0.41	0.37	0.44	0.32	0.34	0.31	0.29	0.19	0.43	0.32	0.33	0.33	0.28	0.34	0.31
S5	0.39	0.39	0.17	0.33	0.40	0.42	0.39	0.37	0.43	0.28	0.40	0.33	0.41	0.47	0.42	0.39
S6	0.36	0.36	0.37	0.44	0.40	0.34	0.39	0.45	0.32	0.30	0.32	0.33	0.33	0.37	0.34	0.39
S7	0.36	0.36	0.55	0.55	0.40	0.34	0.39	0.53	0.45	0.32	0.40	0.41	0.33	0.37	0.42	0.39

normal tertimbang yang ditunjukkan dengan Tabel 4.6

Matriks normal tertimbang

Hasil dari masing masing item dibagi dengan bobot masing masing item adalah sebagai matrik

Tabel 4. 6 Matriks normal tertimbang item

Supplier/kriteria	D11	D12	D13	D21	D22	D23	D24	D31	D32	D33	D41	D42	D43	D51	D52	D53
S1	0.09	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
S2	0.09	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
S3	0.10	0.03	0.02	0.05	0.04	0.02	0.03	0.00	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
S4	0.10	0.03	0.02	0.06	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
S5	0.10	0.03	0.01	0.05	0.04	0.02	0.03	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
S6	0.09	0.02	0.02	0.06	0.04	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
S7	0.09	0.02	0.03	0.08	0.04	0.02	0.03	0.01	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

Solusi ideal Positif dan Negatif

Rumus : (Positif) , $A_j^+ = \max(y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+)$ dan (Negatif) , $A_j^- = \max(y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-)$

Tabel 4.7 Solusi ideal Positif & Negatif

Solusi Ideal	D11	D12	D13	D21	D22	D23	D24	D31	D32	D33	D41	D42	D43	D51	D52	D53
A_j^+	0.36	0.36	0.17	0.55	0.40	0.42	0.39	0.24	0.49	0.44	0.40	0.41	0.41	0.47	0.42	0.39
A_j^-	0.41	0.41	0.55	0.22	0.32	0.34	0.31	0.53	0.19	0.28	0.32	0.33	0.33	0.28	0.34	0.31

Koefisien kedekatan dan peringkat tujuh pemasok

Pemasok dapat diberi peringkat sesuai dengan hasil kedekatan relatif dengan solusi ideal, dimana pemasok memiliki nilai yang lebih besar memiliki

peringkat yang lebih baik antara lain. Jadi, proses pemeringkatan pemasok bergantung pada perhitungan koefisien kedekatan untuk tujuh pemasok seperti yang dijelaskan Tabel 4.8

Tabel 4.8 Koefisien kedekatan (CC1) dan peringkat tujuh pemasok

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Rangking
d_i^+	0.056	0.049	0.034	0.040	0.035	0.028	0.021	S7>S6>S3>S5>S4>S2>S1
d_i^-	0.019	0.032	0.039	0.034	0.036	0.039	0.056	
CC_i	0.257	0.394	0.532	0.456	0.512	0.586	0.732	

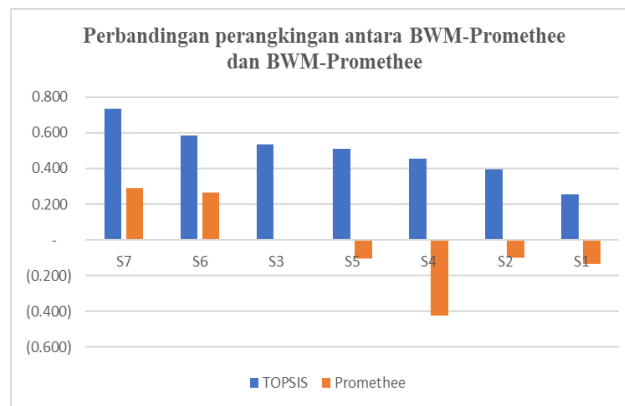
Isi Hasil Pembahasan

Setelah menerapkan metode BWM-Promethee dibandingkan dengan metode BWM-TOPSIS untuk masalah GSS pada PT. XYZ, kami telah

memperoleh hasil perbandingan kedua metode peringkat alternatif akhir Promethee dan TOPSIS ditunjukkan dengan gambar 4.2 dan Tabel 4.9

Tabel 4.9 Perbandingan hasil perbandingan menggunakan metode BWM-Promethee dan BWM-TOPSIS

Supplier	PROMETHEE II	TOPSIS
S1	6	7
S2	3	6
S3	4	3
S4	7	5
S5	5	4
S6	2	2
S7	1	1



Gambar 4.2 perbandingan perbandingan BWM-Promethee dan BWM-TOPSIS

5. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, pengambilan keputusan multi kriteria berdasarkan kombinasi BWM dengan PROMETHEE, BWM-TOPSIS disediakan untuk menganalisis opsi pemilihan supplier hijau (GSS) untuk komoditi bahan baku Kaolin pada PT. XYZ. Pemilihan GSS Kaolin terbaik mencakup berbagai kriteria sehingga pemilihan dan GSS Kaolin yang berbeda dapat diklasifikasikan sebagai masalah pengambilan keputusan multi kriteria. Studi ini menggunakan BWM untuk menetapkan bobot pada kriteria dan PROMETHEE untuk pemeringkat pemasok untuk serta TOPSIS digunakan juga untuk memvalidasi pemeringkat GSS Kaolin pada PT. XYZ sebagai pembandingan Promethee.

Kombinasi BWM dan PROMETHEE lebih kompleks karena BWM membutuhkan perbandingan berpasangan dalam proses pembobotan dan PROMETHEE juga

membutuhkan perbandingan berpasangan dalam proses peringkat tetapi hasil BWM-Promethee menghasilkan akurasi serta korelasi pemeringkatan lebih tinggi dibanding integrasi BWM-TOPSIS. Hasil perbandingan BWM-Promethee dan BWM-TOPSIS bisa dilihat di gambar 4.2.

Penelitian lebih lanjut dalam penelitian ini dapat diperluas dengan meningkatkan akurasi GSS pada bahan baku selain kaolin s di PT. XYZ seperti aspal dan talc. Penelitian mempunyai limitasi pada perusahaan komponen otomotif di Indonesia dan tidak menutup kemungkinan bisa diaplikasikan di bidang yang lain serta metode lain bisa digunakan sebagai pembandingan dari BWM-Promethee misalkan dengan BWM-VIKOR, BWM-Electre.

6. REFERENSI

Abdullah, L., Chan, W., & Afshari, A. (2019). Application of PROMETHEE method for

- green supplier selection: a comparative result based on preference functions. *Journal of Industrial Engineering International*, 15(2), 271–285. <https://doi.org/10.1007/s40092-018-0289-z>
- Akcan, S., & Güldeş, M. (2019). Integrated Multicriteria Decision-Making Methods to Solve Supplier Selection Problem: A Case Study in a Hospital. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019(Oct 10, 2019), 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/5614892>
- Arikan, F. (2013). An interactive solution approach for multiple objective supplier selection problem with fuzzy parameters. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(5), 989–998. <https://doi.org/10.1007/s10845-013-0782-6>
- Azimifard, A., Moosavirad, S. H., & Ariafar, S. (2018). Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods. *Resources Policy*, 57(June 2017), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.01.002>
- Bahadori, M., Hosseini, S. M., Teymourzadeh, E., Ravangard, R., Raadabadi, M., & Alimohammadzadeh, K. (2020). A supplier selection model for hospitals using a combination of artificial neural network and fuzzy VIKOR. *International Journal of Healthcare Management*, 13(4), 286–294. <https://doi.org/10.1080/20479700.2017.1404730>
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., & Omid, M. (2016). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers and Operations Research*, 89, 1–41. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.02.015>
- Beniyanto, A., & P, P. (2018). SAW, TOPSIS, PROMETHEE Method as a Comparison Method in Measuring Procurement of Goods and Services Auction System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 407(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/407/1/012045>
- Blackman, A. (2009). *Environment for Development Alternative Pollution Control Policies in Developing Countries*. June 2009, 1–43.
- Brans Pierre, J., & Bertrand, M. (1985). *The PROMETHEE methods for MCDM, the PROMCALC, GAIA and BANKADVISER software*. 1–37.
- Chou, T., Lin, W., Lin, C., Chou, W.-C., & Huang, P.-H. (2004). *Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM*. 287, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.09.026>
- Coyle, J. J., A, T. E., & Kusumal, R. (2010). Environmentally Sustainable Supply Chain Management: an Evolutionary framework. *Africa Education Review*, 15(1), 156–179. <http://epa.sagepub.com/content/15/2/129.short%0Ahttp://joi.jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/materia1994/46.171?from=CrossRef>
- Ecer, F. (2020). Multi-criteria decision making for green supplier selection using interval type-2 fuzzy AHP: a case study of a home appliance manufacturer. In *Operational Research*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s12351-020-00552-y>
- Fallahpour, A., Olugu, E. U., Musa, S. N., Wong, K. Y., & Noori, S. (2017). A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. *Computers and Industrial Engineering*, 105, 1–45. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.01.005>
- Ghadikolaei, A. S., & Parkouhi, S. V. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 161). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.175>
- Gören, H. G. (2018). A decision framework for sustainable supplier selection and order allocation with lost sales. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1156–1169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.211>
- Govindan, K., Mina, H., Esmaeili, A., & Gholami-Zanjani, S. M. (2019). An Integrated Hybrid Approach for Circular supplier selection and Closed loop Supply Chain Network Design under Uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 1–36. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118317>
- Gupta, H., & Barua, M. K. (2017). Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability BWM and Fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, 1–49. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.125>
- Gupta, S., Soni, U., & Kumar, G. (2019). Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry. *Computers and Industrial Engineering*, 136, 663–680. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.038>
- Haeri, S. A. S., & Rezaei, J. (2019). A grey-based green supplier selection model for uncertain

- environments. *Journal of Cleaner Production*, 1–45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.193>
- Hamdan, S., & Cheaitou, A. (2016). Supplier selection and order allocation with green criteria: An MCDM and multi-objective optimization approach. *Computers and Operations Research*, 81, 282–304. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.11.005>
- Herva, M., & Roca, E. (2013). Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 25, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.005>
- Hosseini, S., & Barker, K. (2016). A Bayesian network model for resilience-based supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 180, 1–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.07.007>
- Jain, N., & Singh, A. . . (2019). Sustainable supplier selection criteria classification for Indian iron and steel industry: a fuzzy modified Kano model approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 00(00), 1–17. <https://doi.org/10.1080/19397038.2019.1566413>
- Javad, M. O. M., & Darvishi, M. (2020). Green Supplier Selection for the Steel Industry Using BWM and Fuzzy TOPSIS: A case study of Khuzestan Steel Company. *Sustainable Futures*, 12 February 2020, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2020.100012>
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., & Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47, 355–367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.010>
- Kumar, A., Pal, A., Vohra, A., Gupta, S., Manchanda, S., & Dash, M. K. (2017). Construction of Capital Procurement Decision making Models to Optimize Supplier Selection Using Fuzzy Delphi and AHP-DEMATEL. *Emerald Publishing Limited*, 1–22.
- Lee, A. H. I. (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. *Expert Systems with Applications*, 36, 2879–2893. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.01.045>
- Lo, H.-W., Liou, J. H. J., Wang, H.-S., & Tsai, Y. S. (2018). An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation. *Journal of Cleaner Production*, 190, 339–352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.105>
- Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S. K., & Garg, C. P. (2016). An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1–35. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.078>
- Matic, B., Jovanovic, S., Dillip, K. D., Edmundas, K. Z., Stevic, Z., Sremac, S., & Marinkovic, M. (2019). A New Hybrid MCDM Model: Sustainable Supplier Selection in a Construction Company. *Symmetry*, 11(March 8, 2019), 1–24. <https://doi.org/10.3390/sym11030353>
- Mina, H., Kannan, D., Gholami-zanjani, S. M., & Biuki, M. (2020). Transition towards circular Supplier Selection in Petrochemical Industry: A Hybrid Approach to Achieve Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*, 125273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125273>
- Nielsen, I. E., Banaeian, N., Golinska, P., Mobli, H., & Omid, M. (2014). *Green Supplier Selection Criteria : From a Literature Review to a Flexible Framework for Determination of Suitable Criteria*. 79–99. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-07287-6>
- Parkouhi, S. V., Ghadikolaei, A. S., & Lajimi, H. F. (2019). Resilient supplier selection and segmentation in grey environment. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1123–1137. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.007>
- Penfield, P. (2007). Sustainability can be competitive advantage. *Whitman School of Management*, <http://www.Mhia.Org/News/Industry/7056/the Green Supply Chain>.
- Polat, G., Eray, E., & Bingol, B. N. (2017). An integrated Fuzzy MCGDM approach for supplier selection problem. *Journal of Civil Engineering and Managemnat*, 23(7), 926–942. <https://doi.org/https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1343201>
- Rashidi, K., & Cullinane, K. (2018). A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: Implications for sourcing strategy. *Expert Systems with Applications an International Journal*, 121, 1–47. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.025>
- Rehman, M. A. A., Aneyrao, T. A., & Shrivastava, R. . (2015). Identification of critical success

- factors in Indian automobile industry: A GSCM approach. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(2), 229–245. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2015.068670>
- Rezaei, J., Nispeling, T., Sarkis, J., & Tavasszy, L. (2016). A Supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the Best Worst Method. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.125>
- Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. *Expert Systems With Applications*, 42(23), 9152–9164. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.07.073>
- Sahu, A. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2016). Evaluation and selection of suppliers considering green perspectives comparative analysis on application of FMLMCD and fuzzy-TOPSIS. *Emerald*, 23, 1579–1604.
- Sen, D. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2018). Sustainable Supplier Selection in intuitionistic Fuzzy environment : A decision making perspective. *Emerald Publishing Limited*, 23 January 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2016-0172>
- Seuring, S., & Muller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x>
- Sundarakani, B., de Souza, R., Goh, M., van Over, D., Manikandan, S., & Lenny Koh, S. C. (2010). *A Sustainable Green Supply Chain for Globally Integrated Networks*.
- Vachon, S., & Klassen, R. D. (2008). Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain. *International Journal of Production Economics*, 111, 299–315. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.11.030>
- Waskito, J., & Harsono. (2014). Model Meningkatkan Niat Pembelian Konsumen pada produk ramah lingkungan. *Seminar Nasional Dan Call for Paper (Sancall 2014)*, *Sancall*, 20–31.
- Yalcin, A. S., & Kilic, H. S. (2019). Green Supplier Selection via an Integrated Multi-Attribute Decision Making Approach. *Journal of Science*, 23(6), 1066–1079. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.462796>
- Yucesan, M., Mete, S., Serin, F., Celik, E., & Gul, M. (2019). An integrated best-worst and interval type-2 fuzzy TOPSIS methodology for green supplier selection. *Mathematics*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/math7020182>