



## Penentuan kriteria ekonomi sirkular dan keberlanjutan dalam pemilihan supplier pada rantai pasok pangan menggunakan *fuzzy demantel approach*

Ira Aprilia<sup>1</sup>, Dwi Iryaning Handayani<sup>2\*</sup>, Ahmad Izzudin<sup>3</sup>, Iffan Maflahah<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Panca Marga, Probolinggo, Indonesia

<sup>2</sup>Teknologi Industri Pertanian, Universitas Panca Marga, Probolinggo, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Informatika, Universitas Panca Marga, Probolinggo, Indonesia

<sup>4</sup>Teknologi Industri Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan Indonesia

### Article history

*Diterima:*

31 Mei 2023

*Diperbaiki:*

16 Agustus 2023

*Disetujui:*

18 September 2023

### Keyword

*Criteria;*

*Circular Economy*

*Supplier;*

*sustainability;*

### ABSTRACT

*This research aims to determine the criteria for CE and sustainability as indicators for evaluating suppliers in the food supply chain. This study is beneficial in realizing government regulations on environmentally friendly products. The method used in this research combines fuzzy multi-criteria decision making theory and the Dematel technique, known as Fuzzy Dematel. The criteria for CE and sustainability in the food supply chain suppliers in this study are obtained from literature and Expert's opinions, consisting of 20 criteria distributed across four aspects: economic, environmental, social, and circular. The criteria that have a strong influence and relationship with CE and sustainability criteria in the evaluating food supply chain suppliers are cost, design of products, and the use of recyclable materials in packaging products. This indicates that these criteria are the most important factors that can have a significant influence as indicators for selecting CE and sustainability suppliers. With these criteria, managers can assist in evaluating supplier in industries undergoing a transition toward a CE.*



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

\* Penulis korespondensi

Email : dwiiryaning@upm.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v18i3.20219

## PENDAHULUAN

Pemilihan pemasok merupakan suatu proses penting dalam mendapatkan pemasok yang tepat dan sesuai, hal ini akan mempengaruhi harga produk, daya saing dan keuntungan (Li and Dong 2015). Pendapat yang sama diungkapkan oleh Govindan et al. (2020) menyatakan bahwa memilih dan mengevaluasi pemasok adalah tugas penting dalam mengelola rantai pasok. Disisi lain dalam melakukan pemilihan pemasok pada rantai pasok makanan terdapat kesulitan karena sifatnya yang kompleks (Yazdani et al. 2022). Hal tersebut dikarenakan dalam pemilihan pemasok terdapat keputusan strategis yang berdampak pada keberlanjutan perusahaan (Menon and Ravi 2022). Efektivitas keseluruhan dari keberlanjutan perusahaan dipengaruhi oleh pemilihan pemasok yang berkelanjutan. Untuk itu diperlukan pemilihan dan evaluasi pemasok dengan mempertimbangkan prinsip *Triple Bottom Line* (TBL) dengan tiga faktor yang terdiri dari faktor ekonomi, lingkungan dan social (Ghayebloo et al. 2015).

Dengan demikian, pemilihan pemasok berkelanjutan dapat membantu meningkatkan keberlanjutan di seluruh rantai pasok. Oleh karena itu penting melakukan pemilihan pemasok dengan memperhatikan indikator berkelanjutan seperti ekonomi, lingkungan dan social. Hal ini sejalan dengan permintaan konsumen dan kebijakan pemerintah terhadap produk ramah lingkungan (Khan et al. 2018). Dimana produk ramah lingkungan tidak menjadi keunggulan kompetitif akan tetapi merupakan kebutuhan untuk tetap layak secara komersial (Winter and Lasch 2016)

Namun, dalam mewujudkan regulasi pemerintah terhadap produk ramah lingkungan tidak cukup hanya memperhatikan berkelanjutan akan tetapi perlu memasukkan *Circular Economy* (CE). Menurut Alavi et al. (2021) dengan adanya CE, material atau komponen yang pemasok dapat dimanfaatkan kembali secara maksimal. Hal ini bertujuan untuk memperpanjang daur hidup dari suatu bahan atau produk sehingga dapat diproduksi ulang, didaur ulang, dan diperbaharui untuk mencapai limbah minimum (Farooque et al. 2019). Dengan mempertimbangkan CE dalam pemilihan pemasok akan memberikan manfaat keberlanjutan yang luar biasa bagi perusahaan (Genovese et al. 2017; Nasir et al. 2017).

Akan tetapi penelitian yang mengintegrasikan CE dengan keberlanjutan sangat langka dan terbatas (Nasr et al. 2021).

Sedangkan penelitian yang mengkaji keberlanjutan pemasok cukup melimpah seperti Khan et al. (2018) melakukan evaluasi keberlanjutan kinerja pemasok dengan mengusulkan kerangka kerja berdasarkan keberlanjutan pemasok. Begitu juga dengan Giannakis et al. (2020) merumuskan kriteria keberlanjutan pemasok serta mengembangkan kerangka kerja dalam pemilihan keberlanjutan pemasok. Sedangkan Yazdani et al. (2022) membuat model dengan mempertimbangkan kriteria keberlanjutan pada pemasok dan sub pemasok untuk food supply chain. Berbeda halnya dengan Mani et al. (2018) mengeksplorasi dimensi yang terkait dengan keberlanjutan pemasok. Sama halnya dengan (Khan and Ali 2021) mengidentifikasi kriteria keberlanjutan pemasok dalam memilih pemasok pada *clod chain* untuk mencapai keberlanjutan pemasok yang terbukti efisien dan ramah masyarakat.

Penelitian sebelumnya tentang pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan CE pemasok cukup banyak dibahas seperti Zhu et al. (2022), membahas pemilihan keberlanjutan pemasok dengan tiga kriteria sebagai pedoman untuk mengevaluasi pemasok yaitu faktor ekonomi, sosial, dan sirkular yang diekstraksi berdasarkan pendapat pakar domain. Begitu juga dengan Khan et al. (2018) mengimplementasikan CE untuk mengevaluasi pemasok dalam menunjang keberlanjutan. Sedangkan Alavi et al. (2021) mengusulkan sistem pendukung keputusan dinamis untuk pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan CE. Sama halnya dengan Bai et al. (2022) mengusulkan serangkaian metrik komprehensif yang dapat digunakan dalam pemilihan Pemasok economic circular dan pengembangan sirkularitas.

Dengan demikian, pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan keberlanjutan dan CE akan memberikan manfaat dalam pengambilan keputusan manajerial (Bai et al. 2022). Akan tetapi pemilihan pemasok yang menggabungkan keberlanjutan dengan circular ekonomi belum banyak diadopsi secara sistematis, terutama dalam manajemen rantai pasokan. Untuk itu perlu menentukan kriteria yang sesuai dengan konsep CE dan keberlanjutan dalam pemilihan Pemasok berdasarkan hasil studi literatur dan pendapat pakar. Oleh karena itu penelitian ini akan menentukan kriteria CE dan keberlanjutan sebagai indikator yang dipentingkan dalam melakukan evaluasi pemasok

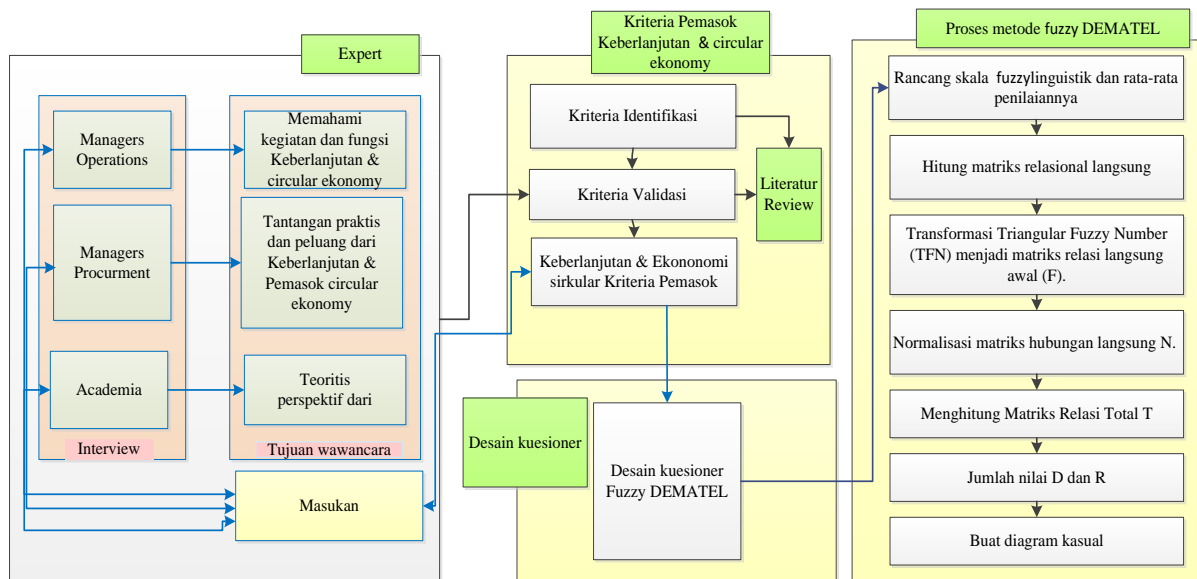
Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengkombinasikan teori *fuzzy multi criteria decision making* dan teknik Dematel. Metode ini dikenal dengan sebutan Fuzzy Dematel, dimana metode ini lebih unggul dibandingkan metode multi kriteria decision making lainnya (Yang 2022). Hal ini disebabkan metode Fuzzy Dematel lebih komprehensif dalam mendapatkan model structural dengan menyediakan hubungan sebab akibat dan kekuatan antar kriteria dalam mendapatkan analisis yang lebih akurat. Penelitian ini dibagi menjadi yang terdiri dari bagian 1 menjelaskan latar belakang permasalahan penelitian. Pada empat bagian bagian 2 menjelaskan tahapan penelitian dan metode Fuzzy Dematel. Bagian 3 menampilkan hasil dan pembahasan. Bagian 4 kesimpulan dan penelitian akan datang.

**METODE**

Penelitian ini mengeksplorasi aspek keberlanjutan dan circular ekonomi yang terdiri dari lingkungan, ekonomi, social dan cicular sebagai kriteria pemasok pada industri makanan. Pada tahap 1 diawali dengan identifikasi kriteria keberlanjutan dan circular ekonomi. Dalam mendapatkan kriteria keberlanjutan dan circular ekonomi melalui studi literatur dengan kata kunci pencarian “keberlanjutan pemasok and pemasok CE, artikel yang relevan dengan penelitian terdapat 83 artikel. Kriteria yang didapatkan dari 83 artikel ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap berikutnya validasi kriteria oleh tim pakar, dengan menggunakan pendekatan *focus group discussion*. Tim pakar dalam penelitian ini terdiri dari praktisi, dan akademisi, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Tim Pakar

No	Status Exspert	Jabatan	Pendidikan	Pengalaman Kerja	Keahlian
1	Praktisi	Manajer Pengadaan	Sarjana	10 Tahun	Manajemen Pengadaan
2	Praktisi	Manajer Produksi	Sarjana	8 Tahun	Manajemen Produksi
3	Akademisi	Dosen dan peneliti	Doktor	15 Tahun	Supply Chain



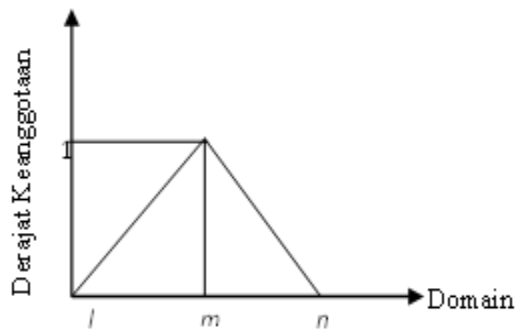
Gambar 1 Tahapan Penelitian

Pada tahap 2 merancang kuisoner yang bertujuan untuk mendapatkan pengaruh setiap kriteria keberlanjutan dan *Circular economy* Rancangan kuisoner menguraikan setiap definisi

agar mudah dipahami dan ditanggapi. Kemudian pakar diminta membandingkan tingkat pengaruh setiap kriteria dengan menggunakan skor 1, 2, 3 dan 4 untuk mewakili derajat signifikasi. Skor 0,

1, 2, 3 dan 4 mewakili "tidak ada pengaruh", "pengaruh rendah", "pengaruh normal", "pengaruh tinggi", dan "Pengaruh sangat tinggi". Teori himpunan fuzzy digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan untuk mengukur konsep yang ambigu yang berkaitan dengan penilaian subjektif manusia. Pada penelitian ini menggunakan fungsi kurva segitiga untuk mendapatkan nilai keanggotaan yang pada dasarnya adalah gabungan antara 2 garis (linier) seperti pada Gambar 2 (Kusumadewi 2006).

Adapun tahapan dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yaitu: identifikasi kriteria keberlanjutan dan circular ekonomi, merancang kuisioner dan proses pengolahan data menggunakan metode fuzzy dematel, selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2 Grafik Fungsi keanggotaan segitiga

Fungsi Keanggotaan (Dagdivergen, 2009)

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \text{ atau } x \geq n \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{n-x}{n-m}, & m \leq x \leq n \end{cases} \quad \text{Pers.(1)}$$

Dimana :  $l \leq x \leq n$

Menurut Kusumadewi and Purnomo (2013), *membership function* atau fungsi keanggotaan merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Untuk memperoleh nilai keanggotaan dapat digunakan melalui pendekatan fungsi *Triangular fuzzy Number* (TFN) pada Gambar 2. Penggunaan skor linguistik 0-4 menjadi 0-1 sesuai variabel linguistik fuzzy atau TFN yang terlihat di Tabel 2. Metode defuzzifikasi Best Non-Fuzzy Performance (BNP) merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam defuzzifikasi, nilai fuzzy

menjadi nilai crisp (Muhammad and Cavus 2017). BNP dari *Triangular fuzzy number*  $a = (l, m, n)$  dapat dinyatakan sebagai Persamaan (2).

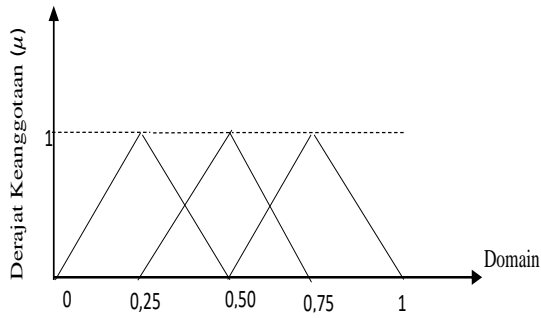
$$BNP = l + \frac{(n-l) + (m-l)}{3} \quad \text{(Pers.(2))}$$

Metode Fuzzy DEMATEL adalah suatu penggabungan antara *teory fuzzy* dan metode DEMATEL yang telah diterapkan dalam berbagai bidang penelitian untuk memecahkan masalah MCDM yang berbeda (Akyuz and Celik 2015; Abdullah and Zulkifli 2015). Metode DEMATEL pertama kali dilakukan oleh Battelle Memorial Institute melalui Pusat Penelitian Jenewa pada tahun 1973. Prinsip dasar teknik DEMATEL mengasumsikan bahwa suatu kerangka kerja memiliki susunan kriteria yang berbeda (A), dengan rumus  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  (Zhou et al. 2011).

Pada Tahap 3 proses Fuzzy Dematel dengan mengkombinasikan himpunan teori fuzzy dengan menggunakan teknik Dematel serta menghitung hubungan sebab akibat dan kekuatan antar kriteria untuk mendapatkan analisis yang lebih akurat (Chang et al. 2011). Adapun tahapan dalam mengimplementasikan teori fuzzy dematel dalam analisis hubungan keterkaitan antara kriteria dengan sub kriteria pada keberlanjutan pemasok halal sebagai berikut :

**Langkah 1.** Mendefinisikan tujuan keputusan dengan membangun skala fuzzy dan daftar kriteria. Berdasarkan konsep Li and Tzeng, (2009), penelitian ini menggunakan segitiga bilangan fuzzy untuk menentukan derajat pengaruh interaktif antar variable dengan daftar kriteria pada Gambar 3.

Untuk mengubah suatu model struktural yang sulit pada hubungan sebab akibat dalam suatu kriteria ke dalam bentuk yang lebih mudah maka kita bisa menggunakan variabel *Triangular Fuzzy Number* (TFN), pada Tabel 2, skala fuzzy linguistik mengadopsi dari C.-W. Li and Tzeng, (2009). Pada gambar 4 merupakan grafik fuzzy keanggotaan segitiga berdasarkan skala fuzzy linguistik.

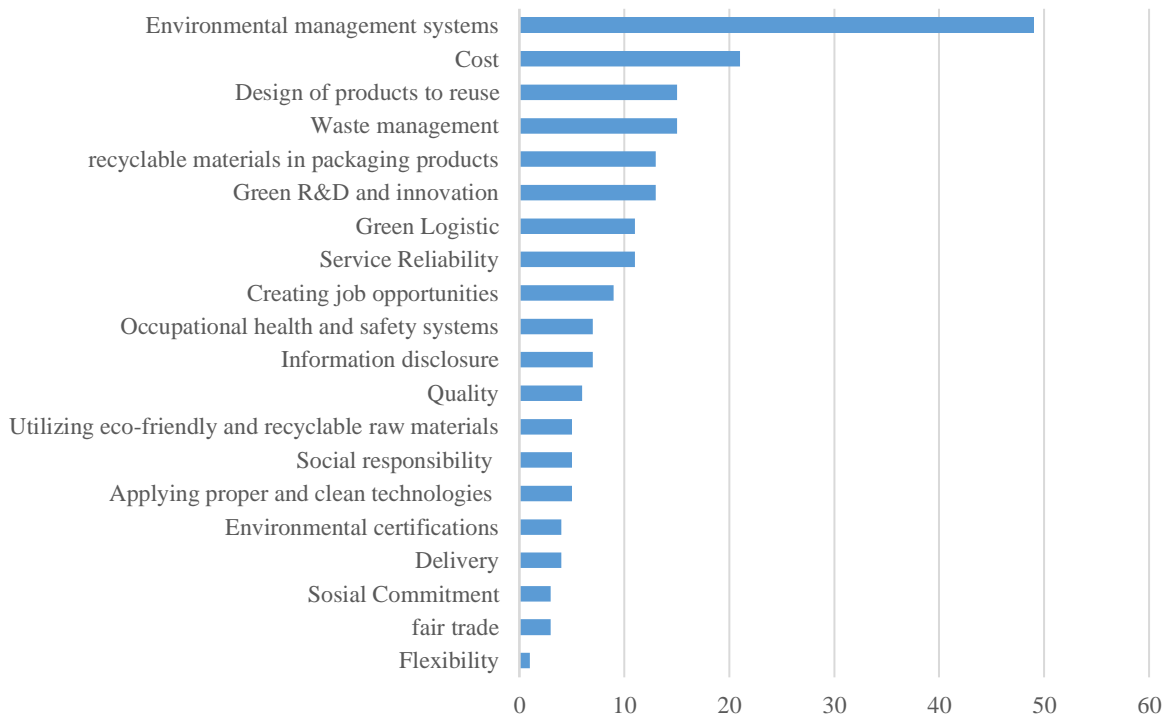


Gambar 4 Fuzzy keanggotaan segitiga

menggunakan pendekatan bilangan triangular fuzzy, menggabungkan skala linguistik dan angka fuzzy dari Chang et al. (2011) . Pendekatan ini membandingkan pemasok berdasarkan kriteria dengan skala fuzzy lima titik, 0 hingga 4, dan menggunakan *Triangular Fuzzy Number* (TFN) untuk akurasi perhitungan. Nilai diagonal dalam matriks disetel sebagai 0 sesuai persamaan (3), memberikan gambaran hubungan langsung antara kriteria. Metode ini memberikan analisis mendalam tentang hubungan kriteria dalam seleksi pemasok..

**Langkah 2.** Hitung Direct relational matrix. Dalam penelitian ini, data diperoleh melalui kuisisioner dan wawancara dengan tiga ahli. Matriks hubungan langsung dihitung

$$x = \begin{bmatrix} 0 & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad \text{Pers.(3)}$$



Gambar 3 Kriteria pemasok keberlanjutan dan circular ekonomi

Tabel 2 nilai Tringular Fuzzy Number (TFN)

Linguistic terms	Skor	Triangular fuzzy numbers (TFN)
Very high influence (VH)	4	(0.75, 1, 1)
High (H)	3	(0.5,0.75,1)
Low influence (L)	2	(0.25,0.5,0.75)
Very low influence (VL)	1	(0, 0.25, 0.5)
No influence (NO)	0	(0,0,0.25)

**Langkah 3.** Transformasi *Triangular Fuzzy Number* (TFN) ke dalam *initial direct-relation matrix* (F), yang mana *initial direct-relation matrix* menjelaskan nilai *Triangular Fuzzy Number* (TFN) yang berisi *crisp* selengkapnya pada Tabel 2. Nilai *Crisp* diperoleh dari perhitungan TFN dengan metode *Converting Fuzzy Data into Crisp Score* (CFCS). Menurut Opricovic and Tzeng, (2003) perhitungan ini dilakukan dengan lima tahapan, yaitu:

a) Normalisasi

$$xl_{ij}^k = \frac{(l_{ij}^k - \min l_{ij}^k)}{\Delta_{min}^{max}} \quad \text{Pers.(4)}$$

$$xm_{ij}^k = \frac{(m_{ij}^k - \min l_{ij}^k)}{\Delta_{min}^{max}}$$

$$xr_{ij}^k = \frac{(r_{ij}^k - \min l_{ij}^k)}{\Delta_{min}^{max}}$$

Dimana :  $\Delta_{min}^{max} = \max r_{ij}^k - \min l_{ij}^k$

b) Menghitung nilai normal kiri (*ls*) dan normal kanan (*rs*)

$$xls_{ij}^k = \frac{xm_{ij}^k}{(1 + xm_{ij}^k - xl_{ij}^k)} \quad \text{Per.(5)}$$

$$xrs_{ij}^k = \frac{xr_{ij}^k}{(1 + xr_{ij}^k - xm_{ij}^k)}$$

c) Menghitung nilai total normal crisp

$$x_{ij}^k = \frac{[xls_{ij}^k(1 - xls_{ij}^k) + xrs_{ij}^k xrs_{ij}^k]}{(1 - xls_{ij}^k + xrs_{ij}^k)} \quad \text{Pers.(6)}$$

d) Menghitung nilai crisp

$$z_{ij}^k = \min l_{ij}^k + x_{ij}^k \Delta_{min}^{max} \quad \text{Pers. (7)}$$

e) Menggabungkan nilai crisp

$$z_{ij} = \frac{1}{p} (z_{ij}^1 + z_{ij}^2 + \dots + z_{ij}^p) \quad \text{Pers. (8)}$$

**Langkah 4.** Normalisasi *direct-relation* matriks N.

$$K = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad \text{dimana } i, j = 1, 2, \dots, n \quad \text{Pers. (9)}$$

$$N = K \times A \quad \text{Pers.(10)}$$

Dengan jumlah masing-masing baris dan kolom bernilai skala  $0 \leq x \leq 1$ .

**Langkah 5.** Menghitung Total Relation Matrix T. Metode BNP digunakan dalam penelitian ini untuk proses defuzzifikasi. *Initial direct-relation matrix* F dihitung menggunakan rumus logistik menurut Persamaan (2). Untuk menghitung total relation matrix M dengan menggunakan persamaan (11).

$$T = N(1 - N)^{-1} \quad \text{Pers.(11)}$$

**Langkah 6.** Menjumlah nilai D dan R. Jumlah baris dan jumlah kolom secara terpisah yang diwakili oleh nilai D dan nilai R dalam matriks relasi total M dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} = [t_i]_{n \times 1} \quad \text{Pers.(12)}$$

$$R = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} = [t_j]_{n \times 1} \quad \text{Pers.(13)}$$

**Langkah 7.** Membuat diagram kasual. Diagram kasual dibentuk oleh (D+R) pada sumbu horizontal dan (D-R) pada sumbu vertikal. Analisis hubungan yang diperoleh antar kriteria yang ditentukan dari hasil perhitngn (D-R). Dikatakan (D-R)>0, maka kriteria x lebih banyak memberikan pengaruh kepada kriteria lainnya. Namun jika (D-R)<0, maka kriteria x lebih banyak menerima pengaruh dari kriteria lainnya

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisis kriteria dalam konteks keberlanjutan CE memiliki implikasi yang signifikan dalam rantai pasok makanan. Rantai pasok makanan mencakup beberapa tahap yang melibatkan produksi, distribusi, pengolahan, dan konsumsi, sehingga mendorong integrasi lebih dalam dari aspek ekonomi, lingkungan, sosial, dan circular.

Dalam aspek ekonomi, biaya yang efektif dalam produksi, pengiriman, dan pengolahan makanan menjadi faktor penting dalam menjaga kelangsungan bisnis. Kualitas produk juga menjadi esensial untuk menjaga reputasi dan

kepercayaan konsumen. Dalam rantai pasok makanan, fleksibilitas dalam merespons perubahan permintaan dan pengiriman yang andal sangat diperlukan agar suplai makanan tetap berjalan lancar.

Aspek lingkungan di dalam rantai pasok makanan memerlukan perhatian khusus. Penggunaan bahan ramah lingkungan dan pengurangan emisi menjadi krusial dalam mengurangi dampak lingkungan dari produksi dan distribusi makanan. Kebijakan dan praktik pengemasan hijau juga berkontribusi pada pengurangan limbah dan jejak karbon dalam rantai pasok.

Aspek sosial dalam rantai pasok makanan melibatkan kesejahteraan pekerja di semua tahap, termasuk petani, pekerja pengolahan, dan pengecer. Kesehatan dan keselamatan kerja menjadi prioritas untuk menjaga kondisi kerja yang aman. Pengungkapan informasi tentang asal-usul makanan serta komitmen sosial perusahaan juga dapat membangun kepercayaan konsumen.

Dalam konteks rantai pasok makanan, aspek circular menjadi kunci dalam mengurangi limbah

dan memperpanjang siklus hidup produk. Penggunaan bahan dan produk yang daur ulang serta kemasan ramah lingkungan dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari limbah makanan dan limbah kemasan. Secara keseluruhan, analisis ini menyoroti pentingnya mempertimbangkan faktor ekonomi, lingkungan, sosial, dan circular dalam memilih pemasok dalam rantai pasok makanan. Integrasi dari empat aspek ini dapat membantu menciptakan rantai pasok makanan yang lebih berkelanjutan, efisien, dan bertanggung jawab secara sosial.

Hasil dari kuesioner tersebut tergambar dalam Tabel 4, yang menggambarkan pandangan tim ahli dalam memberikan penilaian mengenai hubungan antar kriteria dari keempat aspek.

Dalam merancang skala linguistik fuzzy, digunakan bilangan triangular fuzzy untuk mengukur sejauh mana pengaruh interaktif antar variabel. Ini dijelaskan secara rinci dalam Tabel 2. Tujuannya adalah untuk mempresentasikan hubungan antara kriteria-kriteria tersebut dengan lebih akurat dan tepat. Tabel 4, sebagai hasilnya, menyajikan gambaran tentang hubungan antara kriteria dari perspektif tim ahli pertama.

Tabel 3 Kriteria evaluasi *supplier*

Aspek	Criteria
<i>CircularEconomy</i> Keberlanjutan	
Ekonomi	Biaya (A <sub>1</sub> )
	Kualitas (A <sub>2</sub> )
	Pengiriman (A <sub>3</sub> )
	Keandalan layanan (A <sub>4</sub> )
	Flexibilitas (A <sub>5</sub> )
	Kemampuan keuangan pemasok (A <sub>6</sub> )
	Udara/air/tanah (A <sub>7</sub> )
Lingkungan	Emisi (A <sub>8</sub> )
	Penggunaan bahan ramah lingkungan (a <sub>9</sub> ) Serta kebijakan dan pengemasan hijau. (a <sub>10</sub> )
	Green packaging (A <sub>11</sub> )
	Green policy (A <sub>12</sub> )
	Ketenagakerjaan (A <sub>13</sub> )
Social	Kesehatan dan keselamatan (A <sub>14</sub> )
	Hak Karyawan (A <sub>15</sub> )
	Keterbukaan Informasi (A <sub>16</sub> )
Circular	Komitmen Sosial (A <sub>17</sub> )
	Memfaatkan ramah lingkungan dan dapat didaur ulang (A <sub>18</sub> )
	Menggunakan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk kemasan A <sub>19</sub> ) Desain produk (A <sub>20</sub> )

Tabel 4 Hubungan antara kriteria

EI	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>
A <sub>1</sub>	0	VH	L	VH	VH	NO	H	L	VH	VH	VH	H	L	L	H	H	H	H	VH	H
A <sub>2</sub>	H	0	H	H	H	NO	VL	L	L	H	L	H	VL	VL	NO	NO	L	VH	VH	L
A <sub>3</sub>	H	VH	0	L	VH	L	VL	VL	H	H	L	VL	NO	NO	NO	H	VL	H	H	VH
A <sub>4</sub>	VH	H	L	0	L	NO	NO	L	H	VH	L	VL	NO	NO	H	H	L	H	H	H
A <sub>5</sub>	H	H	L	L	0	NO	L	VL	H	VL	VL	L	VL	VL	L	VH	NO	VH	VH	H
A <sub>6</sub>	H	H	L	H	VH	0	NO	L	H	H	VL	L	NO	NO	NO	VH	L	VL	VL	VH
A <sub>7</sub>	VH	H	VL	L	VH	VL	0	H	H	VH	H	VL	L	H	VH	VH	L	VH	H	VL
A <sub>8</sub>	L	VH	NO	H	H	VL	H	0	VH	H	H	NO	H	H	NO	H	H	H	VH	H
A <sub>9</sub>	NO	H	L	L	L	VL	NO	L	0	VL	VL	NO	VL	NO	NO	H	L	H	VH	L
A <sub>10</sub>	H	H	VL	VH	VL	VL	H	VL	L	0	H	VL	H	VH	H	H	H	VH	VL	VH
A <sub>11</sub>	H	L	L	L	L	NO	NO	VL	VL	H	0	NO	L	NO	NO	H	H	VL	H	H
A <sub>12</sub>	VH	H	NO	L	H	NO	NO	NO	NO	H	NO	0	NO	NO	NO	NO	H	H	VH	H
A <sub>13</sub>	NO	H	NO	L	L	NO	H	NO	H	VL	NO	VL	0	H	VL	H	H	VH	L	VH
A <sub>14</sub>	H	L	NO	NO	L	NO	VH	H	VH	VL	H	NO	VL	0	NO	H	L	VL	H	L
A <sub>15</sub>	H	H	NO	H	L	NO	NO	VL	VL	VL	NO	NO	NO	0	H	L	H	VH	H	H
A <sub>16</sub>	H	H	VH	NO	H	H	VH	VL	L	L	H	H	H	VH	H	0	L	VH	L	VL
A <sub>17</sub>	L	L	L	NO	L	VL	VH	H	L	H	H	H	VL	L	NO	H	0	H	H	H
A <sub>18</sub>	L	H	L	H	VH	VH	H	H	VH	H	VH	VH	H	L	VH	H	H	0	H	L
A <sub>19</sub>	VH	VH	VL	H	H	L	VH	H	H	VH	H	H	L	H	VL	VH	H	VH	0	VH
A <sub>20</sub>	H	H	H	L	H	L	L	VH	L	H	VH	L	VL	H	L	H	H	H	L	0

Tabel 5 Hasil Konversi Linguistik fuzzy

	A <sub>1</sub>			...	A <sub>19</sub>			A <sub>20</sub>					
A <sub>1</sub>	[ 0.00	0.00	0.00	]	...	[ 0.75	1.00	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>2</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.75	1.00	1.00	]	[ 0.25	0.50	0.75	]
A <sub>3</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.50	0.75	1.00	]	[ 0.75	1.00	1.00	]
A <sub>4</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.50	0.75	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>5</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.75	1.00	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>6</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.00	0.25	0.25	]	[ 0.75	1.00	1.00	]
A <sub>7</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.50	0.75	1.00	]	[ 0.00	0.25	0.25	]
A <sub>8</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.75	1.00	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>9</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.75	1.00	1.00	]	[ 0.25	0.50	0.75	]
A <sub>10</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.00	0.25	0.25	]	[ 0.75	1.00	1.00	]
A <sub>11</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.50	0.75	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>12</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.75	1.00	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>13</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.25	0.50	0.75	]	[ 0.75	1.00	1.00	]
A <sub>14</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.50	0.75	1.00	]	[ 0.25	0.50	0.75	]
A <sub>15</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.75	1.00	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>16</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.25	0.50	0.75	]	[ 0.00	0.25	0.25	]
A <sub>17</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.50	0.75	1.00	]	[ 0.50	0.75	1.00	]
A <sub>18</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.50	0.75	1.00	]	[ 0.25	0.50	0.75	]
A <sub>19</sub>	[ 0.25	0.50	0.75	]	...	[ 0.00	0.00	0.00	]	[ 0.75	1.00	1.00	]
A <sub>20</sub>	[ 0.50	0.75	1.00	]	...	[ 0.25	0.50	0.75	]	[ 0.00	0.00	0.00	]

Dari uraian tersebut, metode pengumpulan data dan analisis skala linguistik fuzzy digunakan untuk menggambarkan pandangan tim ahli mengenai hubungan kriteria dalam aspek keberlanjutan CE. Hasilnya direpresentasikan dalam Tabel 4, yang menjelaskan persepsi tim ahli tentang pentingnya hubungan antar kriteria dari aspek yang berbeda.

Dalam penelitian ini analisis dilakukan dengan dua aspek kunci. Pertama, penelitian ini mengidentifikasi kriteria yang paling dominan dalam konteks seleksi pemasok berdasarkan *circular economic* and keberlanjutan. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk lebih fokus pada faktor-faktor yang memiliki dampak paling

signifikan dalam mencapai tujuan berkelanjutan. Kedua, dengan perhitungan vektor D, vektor R, serta prominent (R+D) dan relation (R-D), penelitian ini mengungkapkan tidak hanya kriteria yang dominan, tetapi juga hubungan sebab-akibat antara kriteria-kriteria tersebut. Dengan pemahaman ini, perusahaan dapat mengambil keputusan yang lebih informasional dan strategis dalam memilih pemasok yang sesuai dengan prinsip-prinsip berkelanjutan.

Secara keseluruhan, pendekatan ini memberikan pandangan menyeluruh tentang pentingnya mempertimbangkan faktor *circular economic* and keberlanjutan dalam seleksi pemasok. Melalui kombinasi metode linguistik



fuzzy dan triangular fuzzy number serta analisis matriks yang komprehensif selegkapnya pada Tabel 5. penelitian ini memberikan alat yang efektif untuk mengarahkan perusahaan menuju keputusan yang lebih bijaksana dan berkelanjutan dalam membangun rantai pasok yang mendukung tujuan ekonomi, lingkungan, sosial, dan circular.

Proses normalisasi matriks N memiliki tujuan untuk mengubah skala matriks hubungan langsung agar lebih konsisten dan mampu

membandingkan pengaruh kriteria dengan lebih akurat. Hasil akhir matriks N memainkan peran penting dalam analisis lebih lanjut, membentuk dasar untuk mengidentifikasi kriteria yang paling dominan dalam seleksi pemasok berdasarkan *circular economic* and keberlanjutan. Hasil perhitungan *normalisasi direct-relation matriks N* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Normalisasi direct-relation matriks N

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	...	A18	A19	A20	Row
A <sub>1</sub>	0.000	0.811	0.248	0.889	0.889	0.344	0.811	...	0.811	0.889	0.733	13.897
A <sub>2</sub>	0.811	0.000	0.422	0.811	0.811	0.267	0.404	...	0.811	0.637	0.811	11.317
A <sub>3</sub>	0.811	0.889	0.000	0.578	0.811	0.500	0.404	...	0.811	0.733	0.637	11.724
A <sub>4</sub>	0.656	0.733	0.578	0.000	0.656	0.267	0.326	...	0.811	0.733	0.656	10.379
A <sub>5</sub>	0.733	0.811	0.500	0.500	0.000	0.033	0.500	...	0.637	0.560	0.578	10.077
A <sub>6</sub>	0.733	0.811	0.656	0.733	0.811	0.000	0.033	...	0.560	0.482	0.715	10.809
A <sub>7</sub>	0.733	0.386	0.093	0.656	0.811	0.212	0.000	...	0.656	0.578	0.482	11.747
A <sub>8</sub>	0.344	0.656	0.033	0.889	0.811	0.326	0.733	...	0.560	0.889	0.656	11.719
A <sub>9</sub>	0.500	0.578	0.308	0.578	0.500	0.386	0.152	...	0.578	0.811	0.733	8.970
A <sub>10</sub>	0.733	0.733	0.093	0.967	0.386	0.093	0.733	...	0.733	0.560	0.889	11.825
A <sub>11</sub>	0.811	0.500	0.656	0.811	0.500	0.267	0.422	...	0.560	0.733	0.656	10.031
A <sub>12</sub>	0.733	0.656	0.267	0.578	0.733	0.344	0.422	...	0.560	0.967	0.656	9.248
A <sub>13</sub>	0.422	0.656	0.267	0.500	0.578	0.344	0.733	...	0.733	0.656	0.889	10.264
A <sub>14</sub>	0.733	0.578	0.500	0.267	0.578	0.033	0.889	...	0.482	0.656	0.500	9.798
A <sub>15</sub>	0.733	0.733	0.500	0.733	0.500	0.344	0.344	...	0.637	0.967	0.637	9.839
A <sub>16</sub>	0.811	0.733	0.889	0.267	0.733	0.733	0.811	...	0.811	0.656	0.404	13.060
A <sub>17</sub>	0.500	0.578	0.344	0.578	0.500	0.482	0.889	...	0.578	0.811	0.733	11.371
A <sub>18</sub>	0.733	0.733	0.656	0.811	0.733	0.733	0.733	...	0.000	0.733	0.733	14.052
A <sub>19</sub>	0.500	0.889	0.637	0.733	0.811	0.811	0.811	...	0.811	0.000	0.811	14.112
A <sub>20</sub>	0.656	0.733	0.811	0.811	0.578	0.733	0.811	...	0.560	0.733	0.000	12.771
											max	14.112

Tabel 7 Total Relation Matrix T

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	...	A18	A19	A20
A <sub>1</sub>	0.0000	0.0575	0.0176	0.0630	0.0630	0.0244	0.0575	...	0.0575	0.0630	0.0520
A <sub>2</sub>	0.0575	0.0000	0.0299	0.0575	0.0575	0.0189	0.0286	...	0.0575	0.0452	0.0575
A <sub>3</sub>	0.0575	0.0630	0.0000	0.0409	0.0575	0.0354	0.0286	...	0.0575	0.0520	0.0452
A <sub>4</sub>	0.0465	0.0520	0.0409	0.0000	0.0465	0.0189	0.0231	...	0.0575	0.0520	0.0465
A <sub>5</sub>	0.0520	0.0575	0.0354	0.0354	0.0000	0.0024	0.0354	...	0.0452	0.0396	0.0409
A <sub>6</sub>	0.0520	0.0575	0.0465	0.0520	0.0575	0.0000	0.0024	...	0.0396	0.0341	0.0507
A <sub>7</sub>	0.0520	0.0273	0.0066	0.0465	0.0575	0.0150	0.0000	...	0.0465	0.0409	0.0341
A <sub>8</sub>	0.0244	0.0465	0.0024	0.0630	0.0575	0.0231	0.0520	...	0.0396	0.0630	0.0465
A <sub>9</sub>	0.0354	0.0409	0.0218	0.0409	0.0354	0.0273	0.0108	...	0.0409	0.0575	0.0520
A <sub>10</sub>	0.0520	0.0520	0.0066	0.0685	0.0273	0.0066	0.0520	...	0.0520	0.0396	0.0630
A <sub>11</sub>	0.0575	0.0354	0.0465	0.0575	0.0354	0.0189	0.0299	...	0.0396	0.0520	0.0465
A <sub>12</sub>	0.0520	0.0465	0.0189	0.0409	0.0520	0.0244	0.0299	...	0.0396	0.0685	0.0465
A <sub>13</sub>	0.0299	0.0465	0.0189	0.0354	0.0409	0.0244	0.0520	...	0.0520	0.0465	0.0630
A <sub>14</sub>	0.0520	0.0409	0.0354	0.0189	0.0409	0.0024	0.0630	...	0.0341	0.0465	0.0354
A <sub>15</sub>	0.0520	0.0520	0.0354	0.0520	0.0354	0.0244	0.0244	...	0.0452	0.0685	0.0452
A <sub>16</sub>	0.0575	0.0520	0.0630	0.0189	0.0520	0.0520	0.0575	...	0.0575	0.0465	0.0286
A <sub>17</sub>	0.0354	0.0409	0.0244	0.0409	0.0354	0.0341	0.0630	...	0.0409	0.0575	0.0520
A <sub>18</sub>	0.0520	0.0520	0.0465	0.0575	0.0520	0.0520	0.0520	...	0.0000	0.0520	0.0520
A <sub>19</sub>	0.0354	0.0630	0.0452	0.0520	0.0575	0.0575	0.0575	...	0.0575	0.0000	0.0575
A <sub>20</sub>	0.0465	0.0520	0.0575	0.0575	0.0409	0.0520	0.0575	...	0.0396	0.0520	0.0000

Tabel 8 Hasil perhitungan (D+R) dan (D-R)

Keberlanjutan Circular Economy Aspect	Criteria	R	D	R+D	R-D
Economic	Biaya (A1)	8.3225	7.4617	15.7842	0.8608
	Kualitas (A2)	7.3887	7.5575	14.9462	-0.1688
	Pengiriman (A3)	7.4373	6.3414	13.7787	1.0959
	Keandalan layanan (A4)	6.9737	7.4432	14.4169	-0.4695
	Flexibilitas (A5)	6.3021	7.4661	13.7682	-1.1640
	Kemampuan keuangan (A6)	6.5190	6.0240	12.5430	0.4950
Environmental	Udara/air/tanah (A7)	6.7606	7.0556	13.8162	-0.2950
	Emisi (A8)	7.1739	7.2927	14.4667	-0.1188
	Penggunaan bahan ramah lingkungan (a9)	6.3080	7.2704	13.5784	-0.9625
	Serta kebijakan dan pengemasan hijau. (a10)	7.4436	7.3110	14.7546	0.1326
	Green packaging (A11)	6.5833	6.7780	13.3613	-0.1947
	Green policy (A12)				
Social	Ketenagakerjaan (A13)	6.9754	6.8906	13.8661	0.0848
	Kesehatan dan keselamatan (A14)	5.9938	6.8671	12.8608	-0.8733
	Hak Karyawan (A15)	6.8710	6.3766	13.2476	0.4945
	Keterbukaan Informasi (A16)	7.4617	7.4515	14.9132	0.0102
	Komitmen Sosial (A17)	7.1545	7.1741	14.3287	-0.0196
Circular	Memanfaatkan ramah lingkungan dan dapat didaur ulang (A18)	7.9416	7.4690	15.4106	0.4726
	Menggunakan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk kemasan (A19)	7.9813	7.4690	15.4503	0.5124
	Desain produk (A20)	8.0112	7.4690	15.4802	0.5423

Hasil dari perhitungan ini adalah matriks hubungan total yang diperoleh. Matriks ini merefleksikan interaksi dan hubungan antara kriteria secara lebih komprehensif setelah melalui proses normalisasi. Tabel 7 memberikan gambaran konkret dari matriks hubungan total ini, yang pada akhirnya akan membantu dalam analisis lebih lanjut terkait pengaruh kriteria dalam konteks *circular economic* and keberlanjutan. Secara keseluruhan, langkah ini menunjukkan penggunaan komputasi matematika yang rumit untuk menghasilkan matriks hubungan total yang lebih representatif dan mendalam. Proses ini menjadi dasar penting dalam penelitian untuk memahami kompleksitas hubungan kriteria yang lebih akurat.

Hasil perhitungan (R+D) pada Tabel 9 menunjukkan kekuatan hubungan antar kriteria. Semakin tinggi nilai (R +D) kriteria tersebut sangat penting dalam melakukan evaluasi supplier selection. Hasil dari vektor D+R menunjukkan bahwa kriteria biaya memiliki nilai tertinggi dengan nilai sebesar 15.784. Kriteria biaya (A1) menjadi kriteria terpenting pada *Circular Economic* and keberlanjutan. Hal ini

mengindikasikan pentingnya aspek biaya dalam konteks ini. Kriteria biaya menjadi kunci karena mempengaruhi efisiensi sumber daya, keberlanjutan finansial perusahaan, dampak lingkungan, kontribusi ke CE, dan daya saing pasar. Dengan fokus pada biaya yang rendah, perusahaan dapat mencapai tujuan ekonomi yang berkelanjutan, mendukung praktik CE, serta mempertahankan kompetitivitas dalam pasar.

Kriteria dengan tingkat kepentingan tertinggi kedua dan ketiga adalah Desain produk (A20) dan Menggunakan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk kemasan (A19) dengan nilai masing-masing 15.480 dan 15.4503. Pada umumnya kriteria biaya digunakan sebagai parameter dalam menyeleksi supplier mulai tahun 1966 dipelopori oleh Dickson, (1966) yang mengusulkan 23 kriteria untuk pemilihan Supplier berdasarkan preferensi manajer pembelian. Sehingga sampai saat ini kriteria biaya digunakan sebagai indikator untuk seleksi supplier dalam konteks supply chain maupun seleksi supplier mempertimbangkan keberlanjutan dan *circular economic*. Sedangkan untuk kriteria Desain produk merupakan kriteria penting karena dalam

merancang produk lebih memperhatikan kemampuan daur ulang (Govindan et al. 2020). Begitu juga dengan criteria Menggunakan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk kemasan lebih fokus sebagai kriteria pada penentuan seleksi supplier *circular economic* and keberlanjutan. Hal ini dikarenakan kriteria tersebut dapat memanfaatkan bahan baku yang dapat didaur ulang dalam memproduksi. Kriteria lainnya dalam *circular economic* and keberlanjutan criteria yang memiliki tingkat kepentingan terendah adalah kemampuan keuangan dengan nilai 12.54297. Kriteria ini tidak memiliki hubungan keterkaitan kuat terhadap kriteria lainnya dimana kemampuan keuangan menunjukkan kondisi dan stabilitas keuangan (Khan et al. 2018)

Tabel 9 Rangking Hasil perhitungan (R+D)

Rangking	Criteria	(R+D)
1	A1	15.78416
2	A20	15.48019
3	A19	15.4503
4	A18	15.41055
5	A2	14.94618
6	A16	14.9132
7	A10	14.75457
8	A8	14.46666
9	A4	14.41693
10	A17	14.32866
11	A13	13.86605
12	A7	13.81618
13	A3	13.77867
14	A5	13.76819
15	A9	13.57838
16	A11	13.57254
17	A12	13.36126
18	A15	13.24761
19	A14	12.86081
20	A6	12.54297

Hubungan yang lemah antara kriteria kemampuan keuangan dan kriteria lainnya dalam konteks kriteria CE and keberlanjutan dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, mungkin dalam penelitian ini, fokus lebih ditekankan pada aspek-aspek seperti keberlanjutan lingkungan dan sosial, sehingga kriteria keuangan mungkin tidak memiliki dampak langsung yang signifikan pada pertimbangan CE and keberlanjutan.

Kedua, dalam beberapa kasus, aspek keuangan dianggap sebagai faktor yang penting tetapi tidak memiliki pengaruh yang kuat terhadap aspek khusus seperti penggunaan bahan baku daur ulang atau desain produk yang ramah lingkungan. Kriteria finansial bisa lebih berkaitan dengan daya tahan ekonomi suatu perusahaan daripada dengan prinsip-prinsip lingkungan dan sirkular. Dengan demikian, meskipun "*financial capability*" mungkin penting dalam konteks bisnis secara umum, dalam kasus khusus seleksi pemasok yang berfokus pada CE and keberlanjutan, faktor-faktor lain seperti penggunaan bahan baku daur ulang atau dampak lingkungan dan sosial mungkin dianggap lebih relevan dan memiliki pengaruh yang lebih kuat.

Tabel 10 Kluster Dispatcher

Rangking	Criteria- penyebab	Grup (R-D)
1	A3	1.095914
2	A1	0.860839
3	A20	0.542277
4	A19	0.512393
5	A6	0.49504
6	A15	0.494478
7	A18	0.472639
8	A10	0.13263
9	A13	0.084835
10	A16	0.010229

Tabel 10 dan Tabel 11 menggambarkan pengelompokan indikator *criteria Circular Economic* dan *Keberlanjutan* ke dalam *dispatcher* dan *receiver*, dimana pemberi pengaruh (*dispatcher*) dan penerima pengaruh (*receiver*). Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai relation (D-R). Indikator dengan nilai D-R positif memberikan pengaruh lebih besar dari pada indikator lainnya dan diasumsikan sebagai prioritas utama yang biasa disebut *dispatcher*.

Hasil dari pengolahan DEMATEL lainnya yaitu hubungan kausal dalam bentuk diagram ditunjukkan pada Gambar 5, Nilai (R +D) sebagai kepentingan atau keunggulan, sedangkan (D-R) didefinisikan sebagai hubungan atau relasi yang menunjukkan prioritas. Pemetaan dalam diagram menggunakan (R +D) sebagai garis horizontal dan (R-D) sebagai garis vertikal. (R+D) menunjukkan keseluruhan tingkatan dari kriteria yang saling mempengaruhi satu sama lain dan (R-D) menunjukkan hubungan yang memiliki arti perbedaan tingkatan dari kriteria akan dipengaruhi

dan berpengaruh pada yang lain. Perhitungan (R-D) pada Gambar 5, mengindikasikan terdapat kekuatan pengaruh antara kriteria. Nilai (R-D) bernilai positif menunjukkan bahwa kriteria tersebut memiliki pengaruh yang lebih besar daripada kriteria lainnya, yang dapat diasumsikan sebagai prioritas utama, dan disebut dispatcher. Nilai (R-D) negatif artinya kriteria tersebut menerima pengaruh lebih besar serta dapat diasumsikan sebagai prioritas terakhir, disebut receiver. Pengelompokan tersebut bertujuan untuk mengetahui kriteria yang termasuk dalam pemberi pengaruh (*dispatcher*) dan penerima (*receiver*), dapat ditunjukkan melalui nilai relation (D-R). Indikator dengan nilai D-R positif memberikan pengaruh yang lebih besar dari pada kriteria yang lainnya dan diasumsikan sebagai prioritas utama, biasa disebut dispatcher. Kriteria yang termasuk dalam kelompok dispatcher sebanyak 10 kriteria. Kluster dispatcher disebut juga sebagai kelompok cause/penyebab.

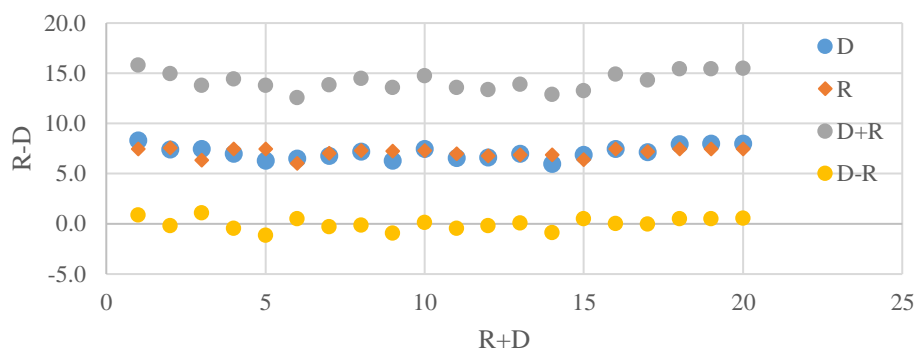
Tabel 11 *Cluster Receive*

Rangking	Criteria - Group akibat	(R-D)
1	A17	-0.01963
2	A8	-0.11879
3	A2	-0.16879
4	A12	-0.19469
5	A7	-0.29503
6	A11	-0.43507
7	A4	-0.46952
8	A14	-0.8733
9	A9	-0.96246
10	A5	-1.16401

Kluster dispatcher terdiri dari kriteria pengiriman, biaya, rancangan produk, penggunaan material daur ulang untuk kemasan, kemampuan finansial, hak karyawan, penggunaan bahan ramah lingkungan dan dapat didaur ulang, Teknologi kemasan yang bersih dan hijau, aktivitas pekerjar, keterbukaan informasi. Terdapat tiga kriteria yang menempati nilai teratas pada (R +D) dan (R-D) Dispatcher yaitu biaya kriteria, menggunakan bahan yang dapat didaur ulang dalam kemasan produk dan desain produk . Hal ini mengindikasikan bahwa kriteria tersebut

merupakan kriteria dengan pengaruh lebih besar serta dapat diasumsikan sebagai prioritas utama yang mempunyai kekuatan hubungan antar kriteria pada CE dan keberlanjutan. Hal ini senada dengan hasil beberapa peneliti seperti Alikhani et al. (2019). Khan et al., (2018) menunjukkan sebagian besar kriteria biaya sebagai kriteria yang menjadikan prioritas dalam melakukan evaluasi supplier. Kriteria biaya pada keberlanjutan masuk dalam dimensi economic yang terdiri dari biaya material pemasok dan biaya transportasi (Jain and Singh 2020). Sedangkan kriteria recyclable materials in packaging products dan Desain produk merupakan kriteria yang masuk dalam urutan ketiga dari dua puluh kriteria yang tersedia. Tingkat kepentingan kriteria ini sejalan hasil Govindan et al. (2020), yang mana dalam merancang produk mempertimbangkan dampak lingkungan paling sedikit dan kemampuan daur ulang paling banyak (Gupta and Barua 2017). Sehingga dalam memproduksi poduk dapat memanfaatkan bahan baku yang dapat didaur ulang.

Kluster receiver menerima pengaruh lebih besar serta dapat diasumsikan sebagai prioritas terakhir. Adapun kriteria katagori *receiver* terdiri dari 10 kriteria yaitu komitmen sosial, emisi, kualitas, kebijakan hijau, udara/air/tanah, kemasan hijau, keandalan layanan, kesehatan dan keselamatan, penggunaan material ramah lingkungan, fleksibilitas. Dengan demikian dalam menentukan kriteria supplier CE dan keberlanjutan, kriteria yang memiliki tingkat pengaruh sangat besar serta di imbangi dengan nilai tingkat hubungan yang kuat berasal dari aspek CE yang terdiri dari kriteria kriteria biaya, Menggunakan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk kemasan dan design of products. Hal ini sejalan dengan pencapain iklim netralitas pada tahun 2050 (Muerza et al. 2023), CE memberikan peluang yang cukup besar dalam mencapai rantai pasokan yang berkelanjutan. Dimana semua produk dituntut untuk memberikan layanan ramah lingkungan sebagai eco-inovasi yang dapat mengurangi degradasi lingkungan dan biaya berantai Govindan et al. (2020)



Gambar 5 Diagram Kausal untuk circular economic and Keberlanjutan Criteria in Supplier Selection

Penelitian ini menyajikan kriteria keberlanjutan CE untuk membantu manajer dalam melakukan evaluasi pemasok pada sektor industri yang sedang mengalami transisi menuju economic circular. Sebagaimana penelitian sebelumnya Kannan et al. (2020) dalam melakukan seleksi dan evaluasi pemasok keberlanjutan CE hanya mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial dan sirkular, sebanyak 19 kriteria. Adapun kriteria yang memiliki bobot tertinggi pada masing-masing aspek ekonomi yaitu biaya, aspek sosial yaitu Occupational Kesehatan dan keselamatan systems, aspek sirkular yaitu kriteria Desain produk dan penggunaan bahan ramah lingkungan dan dapat didaur ulang. Nasr et al., (2021) melakukan penelitian yang sama namun terdapat perbedaan pada aspek ekonomi terletak pada kriteria Kualitas sebagai kriteria penting dari aspek ekonomi. Pada dasarnya kualitas dan biaya merupakan kriteria yang sangat penting dalam evaluasi supplier (Mohammed et al. 2019). Hal serupa diungkapkan oleh Fallahpour et al. (2021) menyatakan bahwa kriteria biaya dan kualitas adalah atribut yang menonjol untuk penilaian kinerja supplier. Dalam penelitian ini biaya masuk dalam katagori Kluster *dispatcher* sedangkan Kualitas katagori *receiver* yang artinya biaya sebagai prioritas utama mempunyai pengaruh lebih besar dan mempunyai hubungan kuat dengan *Quality*.

Aspek social kriteria yang menonjol dalam penelitian ini yaitu Occupational Kesehatan dan keselamatan systems, kriteria ini digunakan sebagai praktik kondisi kesehatan, keselamatan dan kesejahteraan bagi pekerja yang terlibat di tempat kerja pemasok (Memari et al. 2019). Dengan demikian penerapan sistem kesehatan dan keselamatan kerja merupakan kriteria penting dalam aspek social yang berhubungan dengan kepentingan and hak karyawan. Oleh karena itu

beberapa penelitian menggunakan kriteria ini sebagai indikator dalam melakukan evaluasi pemasok. Sedangkan aspek CE yaitu kriteria rancangan produk, bagaimana mendesain produk yang dapat digunakan kembali dengan mengadopsi sistem 3R (*reduce, reuse, dan recycle*) (Ripanti and Tjahjono 2019). Oleh karena itu dalam mewujudkan aspek CE tidak cukup hanya kriteria desain produk saja akan tetapi kriteria penggunaan bahan ramah lingkungan dan dapat didaur ulang memiliki karakteristik dalam memproduksi produk dapat memanfaatkan bahan baku yang dapat didaur ulang dan ramah lingkungan (Mina et al. 2021). Pada prinsipnya, pendekatan CE bertujuan untuk memanifestasikan sumber daya baru yang ramah lingkungan hal itu sebagai kekuatan pendorong utama CE (Saavedra et al. 2018). Namun dalam penelitian ini tidak hanya memandang Aspek circular saja akan tetapi juga mengkaji aspek Environmental yang lebih fokus pada kriteria yang muncul yaitu emisi, *Green packaging, air/water/land, Green policy*, dan penggunaan bahan ramah lingkungan .

## KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis 20 kriteria dari empat aspek: ekonomi, lingkungan, sosial, dan sirkular, untuk seleksi supplier dalam konteks ekonomi sirkular dan keberlanjutan. Metode fuzzy Dematel digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antar kriteria. Hasilnya menunjukkan bahwa kriteria biaya, desain produk, dan penggunaan bahan daur ulang dalam kemasan merupakan yang paling penting dalam seleksi ini, dengan pengaruh kuat dan positif yang signifikan, ditempatkan dalam kelompok kluster *dispatcher*. Sementara itu, kriteria lain seperti komitmen sosial, emisi, kualitas, kebijakan hijau, pengelolaan udara/air/tanah, kemasan ramah lingkungan, keandalan layanan, kesehatan dan keselamatan,

penggunaan bahan ramah lingkungan, serta fleksibilitas, ditempatkan dalam kluster kluster receiver dengan pengaruh yang lebih rendah dan dianggap sebagai prioritas lebih rendah. Penelitian ini menyajikan kriteria penting dalam seleksi supplier untuk ekonomi sirkular dan keberlanjutan, namun belum menerapkan kriteria tersebut. Oleh karena itu, saran untuk penelitian mendatang adalah menerapkan kriteria ini sebagai indikator dalam proses seleksi supplier dalam konteks ekonomi sirkular dan keberlanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, L., and Zulkifli, N. 2015. Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management. *Expert Systems with Applications*, 42(9), 4397–4409. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.021>
- Akyuz, E., and Celik, E. 2015. A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 38, 243–253. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.10.006>
- Alavi, B., Tavana, M., and Mina, H. 2021. A Dynamic Decision Support System for Sustainable Supplier Selection in Circular Economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 905–920. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.015>
- Alikhani, R., Torabi, S. A., and Altay, N. 2019. Strategic supplier selection under keberlanjutan and risk criteria. *International Journal of Production Economics*, 208, 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.018>
- Bai, C., Zhu, Q., and Sarkis, J. 2022. Circular economy and circularity supplier selection: a fuzzy group decision approach. *International Journal of Production Research*, 62(7), 2307–2330. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2037779>
- Chang, B., Chang, C.-W., and Wu, C.-H. 2011. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1850–1858. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.114>
- Fallahpour, A., Wong, K. Y., Rajoo, S., Fathollahi-Fard, A. M., Antucheviciene, J., and Nayeri, S. 2021. An integrated approach for a sustainable supplier selection based on Industry 4.0 concept. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17445-y>
- Farooque, M., Zhang, A., Thüerer, M., Qu, T., and Huisingh, D. (2019). Circular supply chain management: A definition and structured literature review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 882–900. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.303>
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., and Koh, S. C. L. 2017. Sustainable supply chain management and the transition towards a CE: Evidence and some applications. *Omega*, 66, 344–357. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>
- Ghayebloo, S., Tarokh, M. J., Venkatadri, U., and Diallo, C. 2015. Developing a bi-objective model of the closed-loop supply chain network with green supplier selection and disassembly of products: The impact of parts reliability and product greenness on the recovery network. *Journal of Manufacturing Systems*, 36, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.02.011>
- Giannakis, M., Dubey, R., Vlachos, I., and Ju, Y. 2020. Supplier keberlanjutan performance evaluation using the analytic network process. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119439. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119439>
- Govindan, K., Mina, H., Esmaeili, A., and Gholami-Zanjani, S. M. 2020. An Integrated Hybrid Approach for Circular supplier selection and Closed loop Supply Chain Network Design under Uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118317>
- Gupta, H., and Barua, M. K. 2017. Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, 152, 242–258. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.125>
- Jain, N., and Singh, A. R. 2020. Sustainable supplier selection under must-be criteria

- through Fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119275>
- Kannan, D., Mina, H., Nosrati-Abarghoee, S., and Khosrojerdi, G. 2020. Sustainable circular supplier selection: A novel hybrid approach. *Science of The Total Environment*, 722, 137936. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137936>
- Nasr, A.K., Tavana, M., Alavi, B., and Mina, H. 2021. A novel fuzzy multi-objective circular supplier selection and order allocation model for sustainable closed-loop supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 287, 124994. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124994>
- Khan, A. U., and Ali, Y. 2021. Sustainable supplier selection for the cold supply chain (CSC) in the context of a developing country. *Environment, Development and Keberlanjutan*, 23(9), 13135–13164. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01203-0>
- Khan, S. A., Kusi-Sarpong, S., Arhin, F. K., and Kusi-Sarpong, H. 2018. Supplier sustainability performance evaluation and selection: A framework and methodology. *Journal of Cleaner Production*, 205, 964–979. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.144>
- Kusumadewi, S. 2006. Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM). Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., and Purnomo, H. 2004. Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan. Graha ilmu.
- Li, C.-W., and Tzeng, G.-H. 2009. Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 9891–9898. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.073>
- Li, Y., and Dong, S. 2015. Study on Supplier Selection of Manufacturing in Lean Closed-Loop Supply Chain. In J. Xu, S. Nickel, V. C. Machado, and A. Hajiyev (Eds.), *Proceedings of the Ninth International Conference on Management Science and Engineering Management* (Vol. 362, pp. 275–282). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-47241-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-662-47241-5_23)
- Mani, V., Gunasekaran, A., and Delgado, C. 2018. Enhancing supply chain performance through supplier social keberlanjutan: An emerging economy perspective. *International Journal of Production Economics*, 195, 259–272. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.025>
- Memari, A., Dargi, A., Akbari Jokar, M. R., Ahmad, R., and Abdul Rahim, Abd. R. 2019. Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 9–24. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.11.002>
- Menon, R. R., and Ravi, V. 2022. Using AHP-TOPSIS methodologies in the selection of sustainable suppliers in an electronics supply chain. *Cleaner Materials*, 5, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100130>
- Mina, H., Kannan, D., Gholami-Zanjani, S. M., and Biuki, M. 2021. Transition towards circular supplier selection in petrochemical industry: A hybrid approach to achieve sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125273>
- Mohammed, A., Harris, I., and Govindan, K. 2019. A hybrid MCDM-FMOO approach for sustainable supplier selection and order allocation. *International Journal of Production Economics*, 217, 171–184. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.02.003>
- Muerza, V., Urciuoli, L., and Zapata Habas, S. 2023. Enabling the CE of bio-supply chains employing integrated biomass logistics centers—A multi-stage approach integrating supply and production activities. *Journal of Cleaner Production*, 384, 135628. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135628>
- Muhammad, M. N., and Cavus, N. 2017. Fuzzy DEMATEL method for identifying LMS evaluation criteria. *Procedia Computer Science*, 120, 742–749. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.304>

- Nasir, M. H. A., Genovese, A., Acquaye, A. A., Koh, S. C. L., and Yamoah, F. (2017). Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry. *International Journal of Production Economics*, 183, 443–457. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.06.008>
- Opricovic, S., and Tzeng, G.-H. 2003. Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11(05), 635–652. <https://doi.org/10.1142/S0218488503002387>
- Ripanti, E. F., and Tjahjono, B. (2019). Unveiling the potentials of CE values in logistics and supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 30(3), 723–742. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2018-0109>
- Saavedra, Y. M. B., Iritani, D. R., Pavan, A. L. R., and Ometto, A. R. 2018. Theoretical contribution of industrial ecology to CE. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1514–1522. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.260>
- Winter, S., and Lasch, R. (2016). Environmental and social criteria in supplier evaluation – Lessons from the fashion and apparel industry. *Journal of Cleaner Production*, 139, 175–190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.201>
- Yang, L. 2022. Data acquisition and transmission of laboratory local area network based on fuzzy DEMATEL algorithm. *Wireless Networks*, 28(6), 2795–2804. <https://doi.org/10.1007/s11276-021-02709-9>
- Yazdani, M., Pamucar, D., Chatterjee, P., and Torkayesh, A. E. 2022. “A multi-tier sustainable food supplier selection model under uncertainty.” *Operations Management Research*, 15(1–2), 116–145. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00186-z>
- Zhou, Q., Huang, W., and Zhang, Y. 2011. Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. *Safety Science*, 49(2), 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.08.005>
- Zhu, Q., Liu, A., Li, Z., Yang, Y., and Miao, J. 2022. Sustainable Supplier Selection and Evaluation for the Effective Supply Chain Management System. *Systems*, 10(5), 166. <https://doi.org/10.3390/systems10050166>