

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Supply Chain*

Menurut Supply Chain Council (1997), *supply chain* mencakup seluruh kegiatan dalam perusahaan yang melibatkan berbagai pihak dari pemasok hingga pelanggan. Cooper et al. (1994) menambahkan bahwa struktur *supply chain* terdiri dari kegiatan dasar seperti pembelian, pengelolaan bahan baku, produksi, distribusi, pemasaran, dan penjualan, dari hulu ke hilir. Pengelolaan *supply chain* ini bergantung pada faktor-faktor seperti kompleksitas produk, jumlah pemasok, dan ketersediaan bahan baku. Tingkat kedekatan hubungan dengan mitra tergantung pada kebutuhan komponen vital dan mungkin memerlukan alternatif penanganan saat produksi terhambat. Berbagi informasi dengan kompetitor juga penting dalam menjalin kerjasama yang saling menguntungkan. Oleh karena itu, manajemen *supply chain* diperlukan untuk memastikan keseluruhan proses perusahaan berjalan efektif, kompetitif, dan mendukung pencapaian tujuan perusahaan.

Mentzer (2001) juga mengklasifikasikan cakupan *supply chain* menjadi tiga jenis, yaitu *direct supply chain*, *extended supply chain*, dan *ultimate supply chain*.

2.1.1 *Direct Supply Chain*

Direct supply chain terdiri dari suatu entitas perusahaan yang terlibat dalam aliran produk, jasa, keuangan, dan informasi, yang melibatkan satu pemasok dan satu pelanggan dari hulu ke hilir dalam kegiatan *supply chain*.

2.1.2 *Extended Supply Chain*

Extended supply chain melibatkan beberapa pemasok yang terhubung dengan pemasok penghubung dan beberapa pelanggan yang terhubung dengan pelanggan penghubung, yang semuanya terlibat dalam aliran produk, jasa, keuangan, dan informasi dari hulu ke hilir dalam *supply chain*. Tujuan utama dari pengembangan manajemen *supply chain* yang tradisional adalah mempertimbangkan pengaruh lingkungan secara keseluruhan terhadap produk dan proses, mulai dari pengambilan bahan baku, proses produksi, hingga pembuangan produk.

Dalam extended supply chain yang terintegrasi, terdapat elemen dasar yang mirip dengan manajemen *supply chain* tradisional, namun terdapat perbedaan pada

adanya *semi-closed loop* yang melibatkan operasi remanufaktur atau penggunaan ulang serta daur ulang.

2.1.3 *Ultimate Supply Chain*

Ultimate supply chain mencakup semua organisasi yang terlibat dalam aliran produk, jasa, keuangan, dan informasi dari hulu ke hilir. Kategori *supply chain* ini merupakan kategori yang paling kompleks yang berlaku dalam *supply chain*.

Pada awalnya, fokus desain, model, dan analisis *supply chain* hanya pada pengoptimalan pengadaan bahan baku dari pemasok dan pengiriman produk ke pelanggan akhir. Namun, Beamon (1999) mengungkapkan bahwa ruang lingkup *supply chain* juga melibatkan beberapa elemen seperti:

- Penjadwalan produksi dan distribusi, yaitu penjadwalan proses produksi dan/atau distribusi.
- Penentuan tingkat persediaan, termasuk jumlah dan lokasi bahan baku, *sub-assembly*, dan gudang *final assembly*.
- Penentuan pusat distribusi yang akan melayani pelanggan.
- Penentuan pabrik yang akan melakukan produksi selanjutnya.
- Pengembangan hubungan kritis antara pembeli dan pemasok.
- Penentuan tahap diferensiasi produk dalam proses manufaktur.
- Penentuan jumlah jenis produk yang akan disimpan sebagai *finished good inventory*.

2.2 *Sustainability*

Sebagai tanggapan terhadap tekanan yang semakin meningkat dari peraturan nasional dan internasional, serta tuntutan dari masyarakat secara umum, perusahaan-perusahaan secara perlahan didorong untuk mengadopsi prinsip tanggung jawab sosial dan lingkungan dalam strategi, struktur, dan sistem manajemen mereka (Werbach, 2009). Dalam konteks ini, terdapat kemunculan apa yang disebut "*sustainability rhetoric*" dalam pernyataan misi, kode etik internal, dan pelaporan eksternal. Namun, seperti yang diperdebatkan oleh Gond et al. (2012), dalam beberapa kasus, retorika ini digunakan sebagai upaya untuk memulihkan legitimasi perusahaan yang terkikis, tanpa melibatkan implementasi nyata dari *sustainable development*. Sebaliknya, implementasi dan partisipasi aktif dalam *sustainable development* akan membutuhkan perubahan praktik yang ada

dan mendorong pergeseran strategis konkret menuju *sustainability* (Hopwood, 2009).

Untuk melampaui *sustainability rhetoric* dan mengupayakan pencapaian nyata dalam *sustainable development*, penting untuk memiliki definisi yang jelas tentang konsep ini beserta dimensi utamanya, serta mengadopsi pendekatan terpadu terhadap gagasan *sustainability*. Kebutuhan ini telah didukung oleh para akademisi (Gray, 2010) dan inisiatif lintas negara untuk mengatasi pembatasan yang timbul akibat pemisahan masalah sosial, lingkungan, dan ekonomi, serta pendekatan individualistik terhadap *sustainability*. Sebenarnya, *sustainable development* tidak dapat dicapai melalui inisiatif terisolasi, tetapi memerlukan upaya terpadu di berbagai tingkatan yang mencakup aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi. Seperti yang dibahas dalam studi terbaru tentang sifat *sustainability*, "setiap keadaan *sustainability* yang dapat diprediksi akan menjadi hasil dari interaksi antara organisasi, individu, masyarakat, dan negara" (Gray, 2010). Dalam pandangan ini, pendekatan terpadu terhadap *sustainability* akan membutuhkan pengenalan dimensi utama (ekonomi, sosial, dan lingkungan) secara bersamaan, serta pengelolaan ketegangan, kompromi, dan sinergi antara dimensi-dimensi tersebut. Lebih penting lagi, dalam mengelola ketegangan dalam *sustainability*, peran yang krusial dapat dimainkan oleh struktur tata kelola khusus, model bisnis, manajemen, sistem pengukuran, dan pelaporan, yang dapat dirancang secara sengaja sesuai dengan pendekatan terpadu. Dalam konteks ini, perdebatan terkini mengenai pelaporan terpadu kemungkinan akan memiliki peran yang signifikan.

2.3 *Sustainable Supply Chain Management*

Carter & Rogers (2008) menggunakan pendekatan pengembangan teori konseptual untuk menyintesis literatur pada saat itu dan menggabungkan dasar-dasar teoritis yang saling melengkapi guna memperkenalkan kerangka teoritis tentang *sustainability* yang diterapkan pada *supply chain*. Pada inti konseptualisasi ini terdapat konsep *triple bottom line* yang diperkenalkan oleh Elkington (1998), yang mencakup kinerja lingkungan, sosial, dan ekonomi. Konsep ini merupakan cara yang sederhana namun sangat efektif untuk menyampaikan makna *sustainability* bagi suatu organisasi. Daripada hanya menyarankan agar perusahaan mengidentifikasi dan terlibat dalam kegiatan sosial dan lingkungan yang diharapkan dapat membantu atau setidaknya tidak merugikan kinerja ekonomi. Carter & Rogers (2008) menyatakan bahwa terlibat dalam *sustainability*, terutama

dalam konteks *sustainable supply chain management* (SSCM), bukanlah pilihan tetapi merupakan suatu keharusan.

Carter dan Rogers (2008) mengidentifikasi empat faktor pendukung SSCM:

1. Strategi, secara komprehensif dan dengan sengaja mengidentifikasi inisiatif-individu SSCM yang sejalan dengan dan mendukung strategi *sustainability* keseluruhan organisasi.
2. Manajemen risiko, termasuk perencanaan kontingensi untuk rantai pasokan hulu dan hilir.
3. Budaya organisasi yang kuat dan mencakup nilai-nilai organisasi serta standar etika yang tinggi dan harapan (sebagai dasar SSCM), termasuk rasa hormat terhadap masyarakat baik di dalam maupun di luar organisasi, dan lingkungan alam.
4. Transparansi dalam melibatkan dan berkomunikasi secara proaktif dengan pemangku kepentingan utama serta memiliki kemampuan untuk melacak dan melihat operasi rantai pasokan hulu dan hilir.

Carter & Rogers (2008, hal 368) mendefinisikan konseptualisasi *sustainability* ini sebagai "integrasi strategis dan transparan serta pencapaian tujuan sosial, lingkungan, dan ekonomi organisasi dalam koordinasi sistemik dari proses bisnis antar-organisasi kunci untuk meningkatkan kinerja ekonomi jangka panjang perusahaan individual dan rantai pasokannya".

2.4 Manajemen Risiko

Menurut Darmawi (2022), manajemen risiko merupakan upaya yang dilakukan untuk menganalisis, mengidentifikasi, dan mengendalikan risiko dalam setiap aktivitas perusahaan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas. Sementara itu, menurut Arifudin et al. (2020), manajemen risiko memiliki peran yang penting dalam operasi perusahaan karena dapat mengurangi dampak kerugian yang terjadi. Salah satu tujuan dari manajemen risiko adalah untuk

meminimalisir potensi risiko dan membatasi dampak kerugian yang mungkin terjadi akibat risiko (de Araújo Lima et al., 2020). Menurut Smith & Merritt (2020), manajemen risiko sering terkait dengan ketidakpastian karena tidak dapat dipastikan apakah risiko tersebut akan terjadi atau tidak. Walaupun manajemen risiko telah dijalankan secara baik, beberapa risiko tetap dapat terjadi karena

ketidakpastian hanya dapat diminimalkan, tetapi tidak dapat dihilangkan. Untuk mengurangi ketidakpastian, dapat dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Memperjelas kemungkinan risiko yang mungkin terjadi;
2. Memperhatikan dampak atau konsekuensi yang mungkin timbul dari terjadinya risiko;
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada kemungkinan terjadinya risiko.

Menurut de Oliveira et al. (2017), ada empat tahapan dalam proses manajemen risiko, yaitu mengidentifikasi risiko, mengevaluasi risiko, menerapkan tindakan untuk mengurangi risiko dan dampaknya, serta memantau risiko.

2.4.1 Penilaian Risiko

Risiko merujuk pada potensi yang memiliki dampak negatif dan kemunculannya tidak dapat diharapkan dalam suatu aktivitas. Risiko dapat dianggap sebagai perkiraan kerugian yang semakin besar seiring dengan semakin besar risiko (Prakash et al., 2017). Dalam pengertian lain, risiko dapat diartikan sebagai ketidakpastian yang mutlak sehingga dampaknya tidak bisa dipastikan karena informasi yang tersedia tidak lengkap (Vasvári, 2015). Manajemen risiko memiliki dua fokus utama, yaitu penilaian risiko dan manajemen risiko pada suatu aktivitas, sehingga risiko yang terjadi dapat diminimalisir (Aven, 2016). Penilaian risiko terkait dengan kemungkinan terjadinya suatu peristiwa dan konsekuensi yang mungkin terjadi (Ho et al., 2015). Dalam melakukan penilaian risiko, akan diperhatikan beberapa kriteria, termasuk konsekuensi kerugian, identifikasi potensi risiko, menetapkan risiko yang perlu ditindaklanjuti, dan melakukan penilaian risiko secara menyeluruh (Ceryno et al., 2013).

2.5 *Fuzzy Delphi Method (FDM)*

Metode Delphi tradisional dalam teknik survei yang efektif mampu membantu mencapai kesepakatan bersama dengan menggabungkan pendapat ahli anonim mengenai topik tertentu. Tetapi metode Delphi tersebut tidak memungkinkan nilai menyatu dengan mudah dalam waktu yang singkat dan biaya yang rendah. Sehingga untuk mengatasi kekurangan tersebut digunakan untuk menangkap kejelasan, memastikan sifat yang tidak tepat yang sering muncul pada pendapat subjektif para ahli. Oleh karena itu *Fuzzy Delphi* digunakan untuk mengumpulkan pendapat ahli dalam menentukan kriteria terpenting yang diperlukan dalam masalah *sustainable supplier selection* pada studi kasus industri ban motor (Kannan, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bui, Tsai, Tseng, and Ali (2020) menggabungkan teori himpunan *fuzzy* dengan metode Delphi bertujuan untuk mencapai keputusan dengan mengurangi ketidakjelasan penilaian ahli untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas kuisisioner. Sehingga kombinasi tersebut memiliki keuntungan dalam mengurangi jumlah wawancara. Metode *Fuzzy Delphi* dapat digunakan untuk mengubah pendapat para ahli untuk menjadi angka yang tepat untuk memenuhi permintaan dan menghasilkan manfaat tambahan mengenai waktu dan biaya pengambilan keputusan. Pada tabel 2.5 disajikan variabel linguistik dan TFN untuk pemilihan kriteria Sultana, Ahmed, and Azeem (2015) :

Tabel 2. 1 Tabel skala TFN

Linguistic Variables	TFN
Low	0.0, 0.2, 0.4
Average	0.2, 0.4, 0.6
High	0.4, 0.6, 0.8
Very High	0.6, 0.8, 1.0

Sumber : Sultana et al. (2015)

Langkah – langkah pengerjaan *Fuzzy Delphi* adalah :

1. Membuat tinjauan pustaka jurnal akademik daftar subkriteria yang ada pada setiap dimensi *sustainable supplier*
2. Setelah subkriteria diidentifikasi, sejumlah ahli diundang untuk menentukan peringkat subkriteria yang paling penting melalui kuisisioner menggunakan variabel linguistik. Kemudian variabel linguistik tersebut disesuaikan dengan bilangan *Triangular Fuzzy Number* yang digunakan untuk mengevaluasi pentingnya subkriteria tersebut berdasarkan pendapat ahli.

3. Setelah itu bilangan *fuzzy* diubah menjadi bilangan *crisp* menggunakan metode *Centre Of Gravity* (COG), dengan rumus sebagai berikut:

$$S_j = \frac{a_j + b_j + c_j}{3} \quad (1)$$

$$a_j = \text{Min}_i\{a_{ij}\}, \quad b_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ij}, \quad c_j = \text{Max}_i\{c_{ij}\}$$

Langkah terakhir dalam *Fuzzy Delphi* adalah dengan mengidentifikasi subkriteria yang penting di tiap dimensi dari *sustainable supplier* yang dilakukan dengan membandingkan bobot setiap kriteria dengan ambang batas.

2.6 *Fuzzy Best Worst MCDM Method*

2.6.1 *Triangular Fuzzy Numbers*

Himpunan *fuzzy* digunakan untuk merepresentasikan penilaian manusia dalam konteks pengambilan keputusan. Ini merupakan alat yang berguna dalam menghadapi situasi-situasi yang tidak jelas, ambigu, dan penuh ketidakpastian. Dalam pengambilan keputusan menggunakan himpunan *fuzzy*, dapat digunakan keputusan linguistik (Moslem, dkk., 2020). Bilangan *fuzzy* dikenal sebagai *Triangular Fuzzy Number* (TFN) yang terdiri dari tiga nilai, yaitu *lower* (l), *medium* (m), dan *upper* (u). Menurut Guo dan Zhao (2017), suatu bilangan *fuzzy* \tilde{a} dalam himpunan bilangan real (\mathbb{R}) dapat dianggap sebagai TFN jika fungsi keanggotaannya $\mu_{\tilde{a}}(x): \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari *Triangular Fuzzy Number* (TFN),

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x \geq u \end{cases} \quad (2,2)$$

Dimana $\tilde{a} = (l_i, m_i, u_i)$ representasi rata-rata GMIR $R(\tilde{a})$ dari TFN \tilde{a}_i bisa dihitung menggunakan rumus berikut,

$$R(\tilde{a}) = \frac{l_i + 4m_i + u_i}{6} \quad (2,3)$$

2.6.2 *Fuzzy Best Worst Method*

Metode *Best Worth Method* (BWM) yang diusulkan oleh Rezaei (2015) memungkinkan penggunaannya dalam mendapatkan bobot kriteria dan alternatif terkait dengan kriteria yang berbeda dengan menggunakan perbandingan berpasangan yang membutuhkan sedikit informasi. Dalam metode BWM, hanya dilakukan perbandingan preferensi untuk menentukan kriteria terbaik dengan menggunakan skala 1-9. Metode BWM kemudian dikembangkan oleh Guo & Zhao

(2017) menjadi *fuzzy* BWM karena adanya penilaian kualitatif yang cenderung ambigu dan informasi mengenai kriteria yang memiliki kelemahan dan ketidakpastian. Oleh karena itu, dalam preferensi BWM, digunakan bilangan *fuzzy* untuk mengklarifikasi beberapa masalah dan menghasilkan peringkat yang lebih dapat dipercaya. Kelebihan penggunaan metode *fuzzy* BWM termasuk membutuhkan sedikit perbandingan, memiliki perbandingan berpasangan yang terstruktur, dan mampu memberikan bobot yang lebih dapat diandalkan karena memiliki perbandingan faktor yang konsisten (Khan et al., 2021). Terdapat langkah-langkah dalam penerapan *fuzzy* BWM seperti yang dijelaskan oleh Guo & Zhao (2017):

1. Membuat sistem kriteria keputusan;
2. Menentukan kriteria terbaik dan kriteria terburuk;
3. Melakukan perbandingan preferensi *fuzzy* untuk faktor terbaik;
4. Melakukan perbandingan preferensi *fuzzy* untuk faktor terburuk;
5. Menentukan bobot optimal;
6. Menentukan rasio konsistensi.

Penggunaan metode *fuzzy* BWM memperjelas nilai dalam beberapa masalah dan lebih cocok dengan kondisi aktual untuk mendapatkan peringkat yang lebih pasti (Guo & Zhao, 2017).

Langkah-langkah Fuzzy Best Worst Method (BWM) (Guo & Zhao, 2017) dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Identifikasi himpunan faktor keputusan
Identifikasi sejumlah ('n' kriteria $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$) yang signifikan dalam pengambilan keputusan untuk masalah yang teridentifikasi melalui telaah literatur atau masukan dari para pakar atau teknik serupa.
2. Penetapan faktor terbaik dan terburuk
Pakar atau pengambil keputusan menentukan faktor terbaik (paling penting/diinginkan) dan faktor terburuk (paling tidak penting/tidak diinginkan) dari seluruh faktor keputusan. Faktor terbaik direpresentasikan sebagai C_B , sementara C_W melambangkan faktor terburuk.
3. Perbandingan referensi *fuzzy* untuk faktor terbaik
Preferensi kabur terhadap faktor terbaik diukur terhadap semua faktor lainnya dengan menggunakan skala linguistik (berdasarkan masukan dari para pakar) dan dikonversi ke dalam (TFN) sesuai dengan tabel 2.1.

Preferensi *fuzzy* terhadap faktor terbaik direpresentasikan sebagai vektor dan dinyatakan sebagai:

$$\tilde{A}_B = \tilde{a}_{B1}, \tilde{a}_{B2}, \dots, \tilde{a}_{Bn} \quad (1)$$

\tilde{A}_B merupakan vektor Preferensi *fuzzy Best-to-Others* (BO), dengan \tilde{a}_{Bj} mencerminkan preferensi *fuzzy* dari kriteria terbaik B terhadap kriteria j, dan $\tilde{a}_{BB} = (1,1,1)$.

4. Lakukan perbandingan referensi *fuzzy* untuk faktor terburuk.

Preferensi *fuzzy* dari semua faktor diukur terhadap kriteria terburuk dengan menggunakan skala linguistik (berdasarkan masukan pakar) dan diubah menjadi Fungsi Keanggotaan Tertutup (TFN) sesuai dengan tabel 2.1. Preferensi *fuzzy* dari *Others-to-Worst* direpresentasikan dalam bentuk vektor dan dinyatakan sebagai:

$$\tilde{A}_W = \tilde{a}_{1W}, \tilde{a}_{2W}, \dots, \tilde{a}_{nW} \quad (2)$$

\tilde{A}_W merupakan vektor Preferensi *fuzzy Others-to-Worst*, dengan \tilde{a}_{jW} mencerminkan preferensi *fuzzy* dari kriteria terbaik W terhadap kriteria j, dan $\tilde{a}_{WW} = (1,1,1)$.

5. Tentukan Bobot Optimal ($\tilde{w}_1^*, \tilde{w}_2^*, \dots, \tilde{w}_n^*$)

Bobot optimal untuk masing-masing kriteria tercapai ketika setiap pasangan \tilde{W}_B/\tilde{W}_j dan \tilde{W}_j/\tilde{W}_w , yang seharusnya sama dengan \tilde{a}_{Bj} dan \tilde{a}_{jw} masing-masing. Dalam rangka memenuhi kondisi-kondisi ini untuk semua j, tujuannya adalah meminimalkan perbedaan absolut maksimum dari himpunan $\left\{ \left| \frac{\tilde{W}_B}{\tilde{W}_j} - \tilde{a}_{Bj} \right|, \left| \frac{\tilde{W}_j}{\tilde{W}_w} - \tilde{a}_{jw} \right| \right\}$. Dengan menganggap \tilde{W}_B , \tilde{W}_w , dan \tilde{W}_j sebagai *triangular fuzzy number*, serta menggunakan $\tilde{w}_j^* = (l_j^w, m_j^w, u_j^w)$ untuk merepresentasikan bobot *triangular fuzzy* dari faktor j, maka masalah ini dapat diformulasikan sebagai model berikut:

$$\min \max \left\{ \left| \frac{\tilde{W}_B}{\tilde{W}_j} - \tilde{a}_{Bj} \right|, \left| \frac{\tilde{W}_j}{\tilde{W}_w} - \tilde{a}_{jw} \right| \right\} \text{ s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n R(\tilde{w}_j^*) = 1 \\ l_j^w < m_j^w < u_j^w \\ l_j^w \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (3)$$

$\tilde{W}_B = (l_B^w, m_B^w, u_B^w)$, $\tilde{W}_j = (l_j^w, m_j^w, u_j^w)$, $\tilde{a}_{Bj} = (l_{Bj}, m_{Bj}, u_{Bj})$, $\tilde{a}_{jw} = (l_{jw}, m_{jw}, u_{jw})$, Model (3) dapat diubah menjadi masalah linier berikutnya.

$$\min_{\tilde{\xi}} \text{s. t.} \begin{cases} \left| \frac{\tilde{w}_B}{\tilde{w}_j} - \tilde{a}_{Bj} \right| \leq \tilde{\xi} \text{ for all } j \\ \left| \frac{\tilde{w}_j}{\tilde{w}_W} - \tilde{a}_{jW} \right| \leq \tilde{\xi} \text{ for all } j \\ \sum_{j=1}^n R(\tilde{w}_j^*) = 1 \\ l_j^w < m_j^w < u_j^w \\ l_j^w \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (4)$$

dimana $\tilde{\xi} = \{l^\xi, m^\xi, n^\xi\}$ dengan mempertimbangkan bahwa $l^\xi < m^\xi < n^\xi$ kita asumsikan $\tilde{\xi}^* = (K^*, K^*, K^*), K^* \leq l^\xi$ maka persamaan (4) dapat dipindahan:

$$\min_{\tilde{\xi}} \text{s. t.} \begin{cases} \left| \frac{(l_B^w, m_B^w, u_B^w)}{(l_j^w, m_j^w, u_j^w)} - (l_{Bj}, m_{Bj}, u_{Bj}) \right| \leq (K^*, K^*, K^*) \\ \left| \frac{(l_j^w, m_j^w, u_j^w)}{(l_{jW}^w, m_{jW}^w, u_{jW}^w)} - (l_{jW}, m_{jW}, u_{jW}) \right| \leq (K^*, K^*, K^*) \\ \sum_{j=1}^n R(\tilde{w}_j^*) = 1 \\ l_j^w < m_j^w < u_j^w \\ l_j^w \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (5)$$

Tabel 2.1 Consistency index (CI) untuk fuzzy BWM

	Equally important (EI)	Weekly important (WI)	Fairly important (FI)	Very important (VI)	Extremely important (EX)
\tilde{a}_{BW}	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)
CI	3.0	3.8	5.29	6.69	8.04

Dengan menyelesaikan persamaan (5), bobot *fuzzy* optimal $(\tilde{w}_1^*, \tilde{w}_2^*, \dots, \tilde{w}_n^*)$ dan nilai optimal dari $\tilde{\xi}^*$ diperoleh. Bobot *fuzzy* ini perlu diubah menjadi nilai tegas. Oleh karena itu, untuk tujuan ini, *graded mean integration representation* (GMIR) digunakan. Bobot *fuzzy* $\tilde{w}_i^* = (l_i^*, m_i^*, u_i^*)$ dan GMIR $R(\tilde{w}_i^*)$ dari TFN \tilde{w}_i^* dapat dihitung sebagai berikut:

$$R(\tilde{w}_i^*) = \frac{(l_i^* + 4m_i^* + u_i^*)}{6} \quad (6)$$

6. Menentukan Consistency Ratio (CR)

Selanjutnya, derajat konsistensi dari perbandingan berpasangan diperiksa menggunakan *rasio konsistensi* (CR). Sebuah perbandingan *fuzzy* sepenuhnya konsisten ketika $\tilde{a}_{Bj} \times \tilde{a}_{jW} = \tilde{a}_{BW}$. Ketika $\tilde{a}_{Bj} \times \tilde{a}_{jW} \neq \tilde{a}_{BW}$, ketidaksesuaian telah terjadi, dan menjadi maksimal (nilai $\tilde{\xi}$) ketika \tilde{a}_{Bj} dan \tilde{a}_{jW} sama dengan \tilde{a}_{BW} . Dengan mempertimbangkan terjadinya

ketidaksetaraan terbesar, sesuai dengan hubungan kesetaraan $\frac{\tilde{W}_B}{\tilde{W}_j} \times \frac{\tilde{W}_j}{\tilde{W}_w} = \frac{\tilde{W}_B}{\tilde{W}_w}$

persamaan (7) diperoleh sebagai:

$$(\tilde{a}_{Bj} - \tilde{\xi}) \times (\tilde{a}_{jW} - \tilde{\xi}) = (\tilde{a}_{BW} + \tilde{\xi}) \quad (7)$$

Untuk ketidaksesuaian *fuzzy* maksimum $\tilde{a}_{Bj} = \tilde{a}_{jW} = \tilde{a}_{BW}$, persamaan (7) dapat ditulis:

$$(\tilde{a}_{BW} - \tilde{\xi}) \times (\tilde{a}_{BW} - \tilde{\xi}) = (\tilde{a}_{BW} + \tilde{\xi}) \quad (8)$$

Setelah pengaturan ulang persamaan (8) menjadi

$$\tilde{\xi}^2 + (1 + 2\tilde{a}_{BW}\tilde{\xi} + \tilde{a}_{BW}^2 - \tilde{a}_{BW}) = 0 \quad (9)$$

Dimana $\tilde{\xi} = \{l^{\tilde{\xi}}, m^{\tilde{\xi}}, n^{\tilde{\xi}}\}$, $\tilde{a}_{BW} = (l_{BW}, m_{BW}, u_{BW})$. Nilai *fuzzy* maksimum yang mungkin adalah $(7/2, 4, 9/2)$. Jelas bahwa nilai maksimum l_{BW} , m_{BW} , dan u_{BW} tidak dapat melebihi $9/2$. Dengan menggunakan batas atas u_{BW} dari perhitungan indeks inkonsistensi, semua data yang terkait dengan *triangular fuzzy number*, \tilde{a}_{BW} dapat menggunakan indeks konsistensi ini; sementara itu, $\tilde{\xi}$ diwakili sebagai nilai tegas ξ . Dengan pertimbangan ini, untuk menghitung rasio konsistensi dalam *fuzzy* BWM, kita perlu mengukur persamaan (9) untuk semua u_{BW} .

$$\xi^2 + (1 + 2u_{BW})\xi + (u_{BW}^2 - u_{BW}) = 0 \quad (10)$$

Dimana $u_{BW} = 1, 3/2, 5/2, 7/2$ dan $9/2$, masing-masing.

Dengan menyelesaikan Persamaan (10) untuk berbagai u_{BW} , ξ maksimum yang mungkin dapat ditemukan, yang digunakan sebagai indeks konsistensi untuk *fuzzy* BWM. *Consistency index* (CI) yang diperoleh terkait dengan berbagai istilah linguistik para pengambil keputusan untuk *fuzzy* BWM dicantumkan dalam Tabel 2.1.

Menurut Amoozad et al. (2020), ada beberapa kelebihan dari *fuzzy* BWM sebagai berikut:

1. Dapat diterapkan pada berbagai masalah MCDM dengan kriteria kualitatif dan kuantitatif yang berbeda;
2. Perbandingan yang lebih konsisten menghasilkan bobot yang lebih akurat;
3. Memiliki perbandingan yang terstruktur;
4. Metode ini mudah diimplementasikan dan dipahami.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penyusunan skripsi ini mengambil referensi penelitian sebelumnya termasuk jurnal ataupun artikel yang berhubungan dengan penelitian ini. Penelitian terdahulu ini berfungsi sebagai pijakan untuk merancang, dan menjalankan penelitian ini, dan juga membantu dalam membangun landasan yang kuat. Pada tabel 2.1 disajikan data penelitian terdahulu mengenai *sustainable supply chain* seperti; Khan et al. (2020) meneliti tentang penilaian risiko yang memfokuskan faktor ekonomi dan sosial dengan metode *fuzzy Delphi & Dematel*. Hartanti et al. (2022) juga meneliti tentang penilaian risiko yang memfokuskan faktor ekonomi dan sosial dengan metode *FMEA* dan *fuzzy FMEA*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sabila (2019), peneliti memfokuskan ke faktor ekonomi dan lingkungan dengan menggunakan metode *fuzzy FMEA & FTA*. Begitu pula dengan Hidayat et al. (2023) yang memfokuskan ke faktor ekonomi dan lingkungan dengan menggunakan metode *fuzzy AHP*. Jaderi (2012) menerapkan konsep *sustainability* dimana menerapkan keseluruhan faktor yakni, ekonomi, sosial, dan lingkungan dengan menggunakan metode *fuzzy delphi*. Pada penelitian ini juga menerapkan konsep *sustainability* dengan menggunakan metode *fuzzy Delphi & fuzzy BWM*. Dengan merujuk kepada penelitian ini, penelitian ini mempertimbangkan indikator penilaian yang relevan terkait faktor ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Tabel 2.1 Daftar penelitian terdahulu

No	Peneliti	Ekonomi	Sosial	Lingkungan	Metode	Aplikasi
1	Khan et al. (2020)	√	√	-	<i>Fuzzy Delphi & Dematel</i>	<i>Food</i>
2	Hartanti et al. (2022)	√	√	-	<i>FMEA & Fuzzy FMEA</i>	<i>Manufacturing</i>
3	Nillasari (2018)	√	√	-	<i>Fuzzy FMEA & AHP</i>	<i>Food</i>
4	Puspitaloka & Ekawati (2022)	√	√	-	<i>Fuzzy FMEA</i>	<i>Food</i>
5	Sarwar et al. (2021)	√	√	-	<i>Fuzzy BWM</i>	<i>Food</i>
6	Yang & Li (2010)	√	-	√	<i>Fuzzy AHP</i>	<i>Food</i>
7	Sabila (2019)	√	-	√	<i>Fuzzy FMEA & FTA</i>	<i>Manufacturing</i>
8	Handayani et al. (2018)	√	-	√	<i>Fuzzy AHP & PDSA</i>	<i>Beverage</i>
9	Pranata (2022)	√	-	√	<i>HOR & FAHP</i>	<i>Briket</i>
10	Sriwana & No (2014)	√	-	√	<i>Fuzzy AHP</i>	<i>Food</i>

11	Hidayat et al. (2023)	√	-	√	<i>Fuzzy AHP</i>	<i>Food</i>
12	Khoiriah (2018)	√	-	√	<i>Fuzzy FMEA & FTA</i>	<i>Food</i>
13	Devalian et al. (2023)	√	-	√	<i>Fuzzy AHP, FMEA, & Fuzzy MOORA</i>	<i>Manufacturing</i>
14	Ferdinant et al. (2021)	-	√	√	<i>Fuzzy AHP & Fuzzy TOPSIS</i>	Barang dan Jasa
15	Ariyni (2018)	-	√	√	<i>Fuzzy HOR & FARP</i>	<i>Manufacturing</i>
16	Khan et al. (2021)	√	√	√	<i>Fuzzy BWM</i>	<i>Food</i>
17	Dzakirizq & Nugroho (2023)	√	√	√	<i>FAHP & TOPSIS</i>	<i>Manufacturing</i>
18	Hartono et al. (2016)	√	√	√	<i>AHP</i>	<i>Manufacturing</i>
19	Jaderi (2012)	√	√	√	<i>Fuzzy Delphi</i>	<i>Oil and Petrochemical</i>
20	Penelitian ini	√	√	√	<i>Fuzzy Delphi & Fuzzy BWM</i>	<i>Food</i>

