

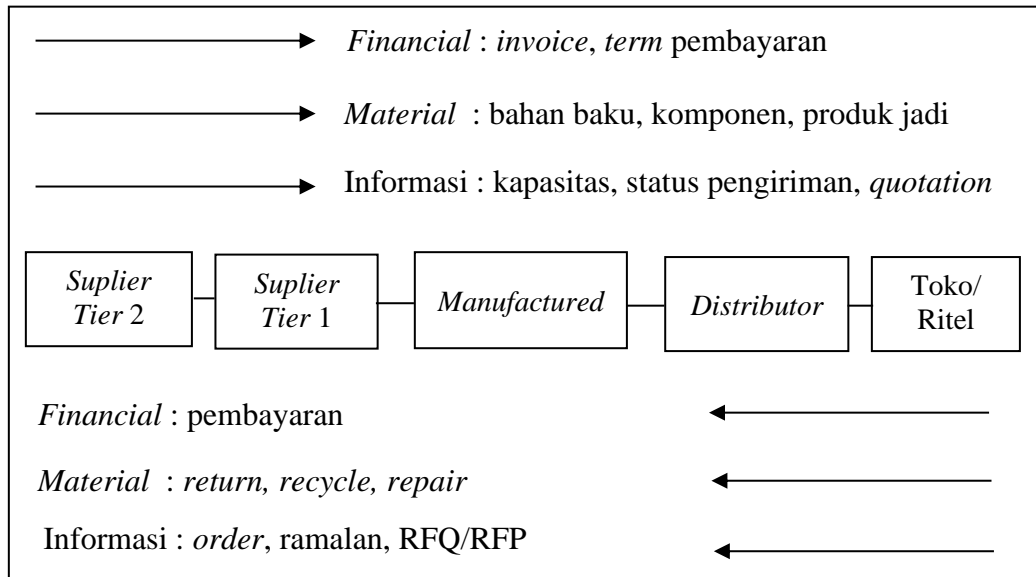
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Supply Chain dan Supply Chain Management*

Supply chain adalah jaringan perusahaan yang saling bekerja sama dalam menciptakan produk kemudian mendistribusikannya kepada konsumen. Pada umumnya, rantai pasok terdiri dari beberapa bagian yaitu *supplier*, pabrik, *distributor*, toko atau pengecer, dan perusahaan pendukung lainnya seperti perusahaan jasa logistik. Suatu *supply chain* terdiri dari tiga macam aliran yang harus dikelola dengan baik. Aliran pertama adalah aliran kargo dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*). Seperti material yang dikirim ke perusahaan oleh pemasok. Apabila produk akhir yang diinginkan konsumen selesai diproduksi maka akan didistribusikan ke *distributor*, kemudian dikirim ke ritel atau toko pengecer agar sampai ke tangan pelanggan. Aliran kedua adalah aliran uang dan sejenisnya. Aliran tersebut mengalir dari hilir ke hulu, kebalikan dari aliran pertama. Aliran ketiga adalah aliran informasi yang terjadi baik dari hilir ke hulu maupun dari hulu ke hilir. Informasi tersebut dapat berupa informasi mengenai ketersediaan kapasitas produksi yang dimiliki *supplier* dan juga yang sering dibutuhkan oleh pabrik, serta informasi mengenai status pengiriman bahan baku yang dibutuhkan oleh perusahaan baik yang mengirim maupun yang dikirim (Pujawan dan Mahendrawathi, 2010).

Berikut ini merupakan gambar yang memberikan ilustrasi konseptual sebuah rantai pasok



Gambar 2. 1 Penyederhanaan Rantai Pasok dan 3 Macam Aliran

Sumber: Pujawan dan Mahendrawathi (2010)

Gambar 2.1 menjelaskan aliran *financial* berupa *invoice* dan *term* pembayaran; aliran *material* berupa bahan baku, komponen, dan produk jadi; aliran informasi berupa kapasitas, status pengiriman, dan *quotation* mengalir dari hulu ke hilir yaitu dari *supplier tier 2* hingga toko/ritel. Sedangkan aliran *financial* berupa pembayaran; aliran *material* berupa *return, recycle, dan repair*; aliran informasi berupa *order, ramalan, dan RFQ/RFP* mengalir dari hilir ke hulu yaitu dari toko/ritel ke *supplier tier 2*, kebalikan dari aliran yang sebelumnya (Pujawan dan Mahendrawathi, 2010).

Supply chain management menggambarkan koordinasi semua rantai pasokan, dimulai dengan bahan mentah dan diakhiri dengan kepuasan pelanggan. Dengan demikian, *supply chain* mencakup pemasok, produsen atau penyedia jasa,

distributor, dan grosir atau pengecer yang akan menyerahkan produk kepada pelanggan akhir. Tujuan dari *supply chain management* adalah untuk mengkoordinasikan kegiatan dalam rantai pasok untuk memaksimalkan keunggulan yang kompetitif dan bermanfaat bagi pelanggan akhir (Heizer dan Barry, 2014).

2.1.1 Area Cakupan *Supply Chain Management*

Berdasarkan definisi *supply chain management* maka dapat dijelaskan bahwa semua kegiatan yang berkaitan dengan aliran material, informasi, dan uang dalam lintasan *supply chain* adalah kegiatan yang termasuk dalam cakupan *supply chain management*. Jika terpusat pada suatu perusahaan manufaktur, kegiatan utama yang termasuk dalam klasifikasi *supply chain management* yaitu kegiatan merancang produk baru (*product development*), kegiatan mendapatkan bahan baku (*procurement, purchasing, and supply*), kegiatan perencanaan produksi dan persediaan (*planning and control*), kegiatan melakukan produksi (*production*), kegiatan melakukan pengiriman atau distribusi (*distribution*), dan kegiatan pengelolaan pengembalian produk/barang (*return*). Keenam klasifikasi tersebut diwujudkan dalam bentuk pembagian kerja departemen atau divisi di sebuah perusahaan manufaktur yang disebut pembagian fungsional. Berikut ini beberapa contoh kegiatan yang biasa dilakukan oleh setiap departemen, yaitu.

1. Bagian Pengembangan Produk

Bagian ini melaksanakan tugas analisis pasar kemudian membuat rancangan produk baru, dan bekerjasama dengan *supplier* untuk membuat rancangan produk baru tersebut.

2. Bagian Pengadaan

Bagian ini melaksanakan tugas *supplier selection*, melakukan evaluasi kinerja *supplier*, dan memantau resiko *supply chain*, serta menjaga hubungan baik dengan *supplier*.

3. Bagian Perencanaan dan Pengendalian Persediaan

Bagian ini melaksanakan tugas merencanakan permintaan, melakukan peramalan atas permintaan, merencanakan kapasitas, merencanakan produksi dan persediaan.

4. Bagian Operasi atau Produksi

Bagian ini melaksanakan tugas proses produksi dan pengendalian terhadap kualitas produk.

5. Bagian Pengiriman atau Distribusi

Bagian ini melaksanakan tugas berupa merencanakan jalur distribusi, membuat jadwal pengiriman, menjaga hubungan baik dengan perusahaan jasa pengiriman, dan memantau *service level* setiap pusat distribusi (Pujawan dan Mahendrawathi, 2010).

2.1.2 Tujuan *Supply Chain Management*

Tujuan dari *supply chain management* yaitu untuk memenuhi permintaan konsumen dengan menggunakan sumber daya yang paling efisien seperti persediaan, kapasitas distribusi, dan sumber daya manusia. Sedangkan tujuan utama SCM untuk memperpendek siklus rantai pasok, menciptakan *service*, meminimalkan biaya dan harga. Dalam memahami SCM maka harus mengetahui strategi operasi yang dapat memudahkan strategi SCM, yang terdiri dari strategi

make to stock, configure to order, engineer to order. Tujuan lain dari SCM yaitu mengefektifkan dan mengefisienkan *supplier*, perusahaan, *warehouse*, dan *store*. Dengan adanya koordinasi yang baik dapat meminimalkan kerugian yang besar dan dapat menghindarkan *bullwhip effect* (Arif, 2018).

2.1.3 Operasi dan Strategi Supply Chain

Operasi dan strategi *supply chain* berkaitan dengan penetapan kebijakan dan rencana dalam sumber daya perusahaan dan harus diintegrasikan dengan strategi perusahaan. Jika strategi perusahaan mencakup tujuan yang berkaitan dengan lingkungan dan tanggung jawab sosial maka strategi operasi dan *supply chain* harus mempertimbangkan tujuan tersebut. Fokus utama untuk operasi dan strategi *supply chain* adalah efektivitas operasi. Efektivitas operasi berkaitan dengan proses bisnis inti yang diperlukan untuk menjalankan bisnis. Proses tersebut mencakup semua fungsi bisnis, mulai dari menerima pesanan pelanggan, menangani pengembalian, membuat, dan mengelola pembaruan situs *website*, hingga pengiriman produk. Efektivitas operasional tercermin langsung dalam biaya yang terkait dengan proses bisnis. Strategi yang terkait dengan efektivitas operasional, seperti jaminan kualitas dan inisiatif kontrol, proses desain ulang, sistem perencanaan dan kontrol, serta investasi teknologi, dapat menunjukkan hasil dengan cepat. Strategi yang perlu diperhatikan yaitu.

1. Biaya atau Harga

Dalam setiap industri, terdapat segmen pasar yang membeli hanya berdasarkan biaya rendah. Agar dapat bersaing, perusahaan harus mengeluarkan produk dengan biaya yang rendah.

2. Kualitas

Ada dua karakteristik produk atau jasa yang menentukan kualitas yaitu kualitas desain dan kualitas proses. Kualitas desain berkaitan dengan serangkaian fitur yang terdapat pada produk atau layanan. Hal ini berhubungan langsung dengan desain produk atau layanan. Kualitas proses, karakteristik kualitas kedua, sangat penting karena berhubungan langsung dengan keandalan produk atau layanan. Dengan demikian, tujuan kualitas proses adalah untuk menghasilkan produk dan layanan yang bebas cacat. Spesifikasi produk dan layanan yang diberikan dalam toleransi dimensi atau tingkat kesalahan layanan, menentukan bagaimana produk atau layanan akan dibuat.

3. Kecepatan Pengiriman

Perusahaan yang mampu memberikan layanan lebih cepat daripada pesaingnya merupakan hal yang sangat penting. Perusahaan yang memberikan layanan perbaikan di tempat hanya dalam satu atau dua jam memiliki keunggulan dibandingkan perusahaan pesaing lainnya.

4. Keandalan Pengiriman

Dimensi ini berkaitan dengan kesanggupan perusahaan untuk mensuplai barang atau layanan pada saat atau sebelum waktu pengiriman yang telah disepakati.

5. Fleksibilitas dan Kecepatan Pengenalan produk Baru

Kemampuan perusahaan untuk menawarkan berbagai macam produk kepada pelanggannya. Elemen penting dari kemampuan untuk menawarkan produk

adalah waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk melakukan inovasi produk baru dan proses pengenalan produk baru.

6. Kriteria Spesifik Produk

Dimensi lain sering berhubungan dengan produk tertentu. Sebagian besar dimensi yang tercantum pada dasarnya adalah layanan. Seringkali, layanan khusus diberikan untuk meningkatkan penjualan produk manufaktur. Dimensi lain mengenai kriteria produk berkaitan dengan penghubung dan dukungan teknik, memenuhi tanggal *launching*, dukungan purna jual *supplier*, dampak lingkungan, dan dimensi lain seperti warna, ukuran, dan berat (Jacobs dan Richard, 2018).

2.2 *Green Supply Chain Management*

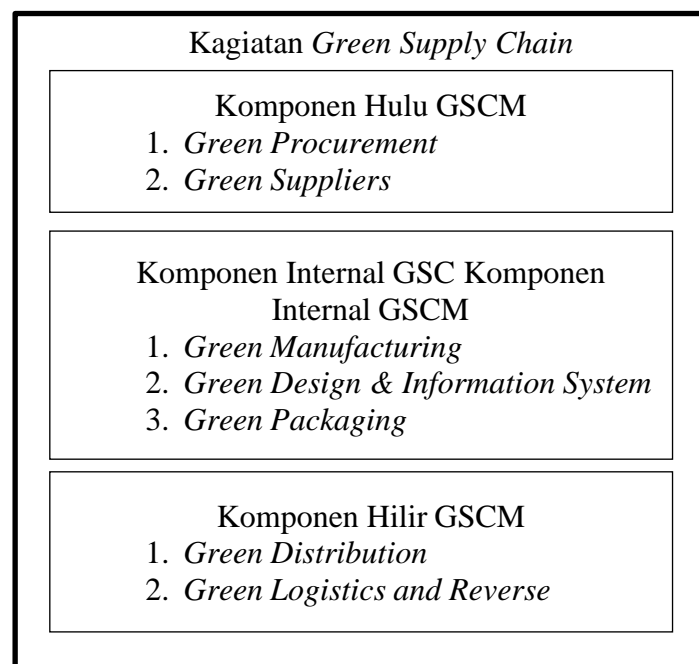
Ahi dan Searcy (2013) dalam Mafini dan Muposhi (2017), mengemukakan bahwa *Green Supply Chain Management* adalah kerjasama perusahaan dari proses rantai nilai dengan menggabungkan beberapa aspek seperti *environment*, *economic*, dan *social* untuk meningkatkan kinerja perusahaan. *Green Supply Chain Management* telah berkembang menjadi konsep berfokus untuk meningkatkan kepedulian lingkungan dan kinerja organisasi. Sedangkan menurut Seuring dan Gold (2013) dalam Mafini dan Muposhi (2017), *Green Supply Chain Management* merupakan suatu pemikiran yang dimulai dengan konsep *green marketing* dengan tujuan menjaga pembangunan berkelanjutan dan kelestarian lingkungan.

Menurut Eltayeb dkk (2011) dalam Mafini dan Loury-Okomba (2018), Tujuan utama *Green Supply Chain Management*, yaitu untuk menghapuskan atau

mengurangi efek bahaya dari proses produksi seperti ekstraksi dan akuisisi material, dan pembuangan produk. GSCM diciptakan berdasarkan prinsip rantai nilai tradisional dengan menabahkan kegiatan yang peka terhadap lingkungan seperti *green design and manufacturing, resource conservation, waste management, re-manufacturing, product recycling, dan re-usage.*

2.2.1 Kegiatan *Green Supply Chain Management*

Dalam penelitian Verma dkk (2018), kegiatan *Green Supply Chain Management* terdiri dari tiga bagian, yaitu komponen hulu, komponen internal, dan komponen hilir yang dikelompokkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Komponen Praktik *Green Supply Chain*

Sumber: Verma, dkk (2018)

Gambar 2.2 menggambarkan pengelompokkan kegiatan setiap komponen *green supply chain*, dimana setiap kegiatan tersebut memiliki tujuan dan pelaksanaan yang berbeda-beda, yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Komponen Hulu GSCM (*Upstream Components of GSCM*)

Komponen hulu GSCM terdiri dari *green procurement* dan *green suppliers*. Kahannali dkk (2015) dalam penelitian Verma dkk (2018), berpendapat untuk memperoleh manfaat *environment, social, dan economic*, dibutuhkan kefokuskan terhadap komponen hulu GSCM yaitu *green procurement*, tetapi tetap sesuai dengan sifat perusahaan. Dalam *green procurement, supplier* dipilih berdasarkan kesanggupan untuk menghasilkan produk ramah lingkungan. *Green procurement* merupakan suatu inisiatif pembelian produk dan bahan yang telah memenuhi aspek *environment* yang terdiri dari tiga R, yaitu *reduce, recycle* dan *reuse*. Produsen harus bekerja sama dengan *supplier* untuk melaksanakan kegiatan meminimalkan penggunaan sumber daya baru dengan melaksanakan produksi bersih agar dapat meraih tujuan pelestarian lingkungan. Untuk memastikan bahwa *supplier* mengikuti pelaksanaan, penerapan prosedur, dan proses hijau, perlu dilakukan audit terhadap pemasok (Verma dkk, 2018).

2. Komponen Internal GSCM (*Internal Components of GSCM*)

Komponen internal GSCM terdiri dari *green manufacturing, green design and information system, dan green packaging*. *Green manufacturing* dapat dilaksanakan oleh perusahaan dengan memanfaatkan energi matahari, *biodegradable*, dan sumber energi ramah lingkungan, serta *recycle* bahan baku yang telah selesai digunakan dalam proses produksi. *Green design* dapat didefinisikan sebagai *eco-design* yaitu gambaran yang dibuat untuk meminimalkan dampak lingkungan selama proses pembuatan produk, mulai dari pengadaan material dari *supplier* hingga proses produksi. Istilah *green design* dan *green*

information dapat digunakan untuk pengurangan biaya dan untuk mewujudkan *safety objectives*. *Green packaging* merupakan hal yang sangat penting untuk proses keberlanjutan. Saat ini, para pencipta produk terpusat pada pemanfaatan bahan yang dapat diperbarui yaitu *biopolimer*, kartu, kertas, dll untuk produk kemasan. Proses ini tidak hanya membatasi bahan yang digunakan untuk kemasan, tetapi juga dalam hal meminimalkan biaya material. Pengurangan terhadap kemasan dapat meminimalkan biaya distribusi (Verma dkk, 2018).

3. Komponen Hilir (*Downstream Components of GSCM*)

Komponen hilir GSCM terdiri dari *green distribution* dan *green logistics*, serta *reverse logistics*. Menurut Nimawat dan Namdev (2012) dalam penelitian Verma dkk (2018), *green distribution* dapat tercapai melalui *green packaging*, *green logistics and transportation*. Perbedaan antara *reverse logistics* dan *green logistics* adalah bertujuan untuk pembangunan berkelanjutan dan berfokus pada aliran maju *supply chain* yang biasa disebut sebagai *ecological logistics*. Dalam *green logistics*, produk tidak didistribusikan dalam ukuran yang kecil, tetapi dipesan bersama dan disitribusikan langsung ke lokasi pengguna menggunakan *environmentfriendly vehicles* (Verma dkk, 2018).

2.2.2 Manfaat *Green Supply Chain Management*

Menurut Chin dkk (2015) dalam Mafini dan Muposhi (2017), manfaat dari penerapan GSCM adalah kelestarian lingkungan, efisiensi operasional dan relasional, peningkatan citra perusahaan, dan kinerja keuangan. GSCM dapat meningkatkan efisiensi operasional melalui pengurangan biaya, peningkatan

kualitas produk, dan waktu produksi yang lebih cepat. Selain itu ada beberapa manfaat GSCM yang dapat diperoleh yaitu.

1. Menghasilkan keuntungan lingkungan dan ekonomi

Hubungan kegiatan GSCM di perusahaan manufaktur dengan dampak pada keuangan dan lingkungan memiliki hubungan yang kuat dan positif. Penerapan kegiatan GSCM di perusahaan manufaktur mengarah pada peningkatan kinerja lingkungan dan ekonomi yang pada gilirannya memiliki dampak positif pada kinerja operasional. Sedangkan kinerja operasional pada akhirnya mengarah pada peningkatan perusahaan.

2. Kegiatan *green supply chain management* dapat mengarah pada inovasi teknologi

Membangun kolaborasi strategis dengan pemasok untuk meningkatkan rantai pasokan dan menggabungkan praktik GSCM dalam meningkatkan dampak lingkungan dari proses manufaktur. Penelitian dilakukan pada pabrik perakitan mobil AS dan menemukan bahwa kerjasama yang kuat dengan pemasok, dibantu oleh sistem insentif menghasilkan keberhasilan pelaksanaan teknologi lingkungan yang inovatif.

3. *Green design* yang dapat menghasilkan keuntungan *financial*

Berbagai hal yang dapat mempengaruhi implementasi rantai pasokan hijau dan mengidentifikasi bahwa peraturan dan undang-undang pemerintah adalah pendorong utama yang membantu kolaborasi antara desainer produk dan pemasok untuk mengurangi atau menghilangkan dampak lingkungan yang merugikan. Desain hijau yang mengarah terhadap dampak lingkungan yang

positif tanpa mengorbankan aspek biaya, profitabilitas, dan fungsi lainnya, secara positif mempengaruhi kinerja *green supply chain* (Gajendrum, 2017).

2.3 *Supplier*

Menurut Fauzi (2011) dalam Rinaldo dan Apsari (2017), *supplier* adalah perusahaan yang memiliki kepentingan lebih relevan terhadap kesuksesan manufaktur atau produsen dibandingkan dengan bisnis lainnya. *Supplier* adalah elemen penting bagi perusahaan dan mempunyai pengaruh terhadap kelangsungan hidup perusahaan. Dalam proses pemenuhan kebutuhan, terkadang perusahaan mempunyai lebih dari satu *supplier*. Hal ini dapat menyebabkan konflik sehingga perusahaan harus memiliki kemampuan dalam memilih *supplier* dan menjalin kerjasama yang baik dengan para *supplier*.

Setiap perusahaan baik perusahaan jasa maupun manufaktur dapat menentukan jumlah *supplier* yang dibutuhkan untuk mensuplai bahan baku maupun komponen pendukung dalam proses produksi. Pengambilan keputusan dalam penentuan jumlah *supplier* harus sesuai dengan kebutuhan dan biaya untuk pengadaan bahan baku. Penentuan jumlah *supplier* juga perlu memperhatikan aspek keuntungan dan kerugian apabila keputusan tersebut telah disepakati (Tampubolon, 2014).

2.3.1 Pemilihan *Supplier*

Proses pemilihan *supplier* memiliki 3 tahapan dasar yaitu dijelaskan sebagai berikut.

1. Tahap pertama, pra-seleksi, dimana bagian manajemen pengadaan di setiap perusahaan mencari *supplier* yang dapat memenuhi kebutuhan perusahaan.
2. Tahap kedua adalah evaluasi masing-masing *supplier* untuk menemukan *supplier* yang profesional dengan kemampuan khusus dan meminimalkan daftar serta membatasinya dengan sejumlah *supplier* tertentu.
3. Tahap ketiga adalah tahap negosiasi dilakukan setelah keputusan dibuat oleh departemen pembelian dan departemen lainnya yang terkait dalam penentuan *supplier* pada evaluasi dan proses seleksi sebelumnya (Firdaus dkk, 2021).

Menurut beberapa pendapat para ahli, faktor utama yang perlu diperhatikan oleh suatu perusahaan apabila melakukan pemilihan *supplier* yaitu sebagai berikut.

1. Stenvenson menyebutkan terdiri dari 6 kriteria, yaitu.
 - a. Harga: faktor harga merupakan faktor utama, misalnya terdapat potongan harga.
 - b. Kualitas: suatu perusahaan akan membeli dengan harga yang lebih besar untuk mendapatkan kualitas bahan baku yang baik.
 - c. Pelayanan: pelayanan yang khusus dapat menjadi hal yang penting dalam pemilihan *supplier*. penukaran atas barang yang *reject*, panduan untuk tata cara penggunaan, perbaikan peralatan, dan pelayanan yang baik dapat menjadi hal penting dalam pemilihan suatu *supplier*.
 - d. Lokasi: lokasi *supplier* memiliki dampak pada waktu pengiriman, biaya

transportasi, dan waktu respon saat terdapat pesanan yang mendadak atau bersifat *urgent*. Pembelian pada daerah setempat dapat menciptakan *googwill* (pengaruh baik) dalam suatu hubungan dan dapat membantu perekonomian daerah sekitar.

- e. Kebijakan persediaan *supplier*: jika *supplier* dapat menjaga kebijakan persediaannya dan menjaga *spare part* yang dimilikinya, hal ini dapat membantu permasalahan mengenai kebutuhan bahan baku yang mendadak.
 - f. Fleksibilitas: kemampuan *supplier* dalam menanggapi perubahan permintaan dan dapat memenuhi perubahan desain pesanan dapat menjadi faktor yang penting dalam pemilihan *supplier* (Pujotomo dkk, 2018).
2. Penelitian yang dilakukan oleh Dickson selama hampir 40 tahun yang lalu membuktikan bahwa kriteria pemilihan *supplier* sangat bermacam-macam.

Tabel 2.1 menunjukkan 23 kriteria yang diidentifikasi oleh *Dickson*.

Tabel 2. 1 Kriteria Pemilihan/Evaluasi *Supplier*

Kriteria	Skor
Kualitas	3.5
Delivery	3.4
<i>Performance History</i>	3.0
<i>Warranties and claim policies</i>	2.8
<i>Price</i>	2.8
<i>Technical Capability</i>	2.8
<i>Financial Position</i>	2.5
<i>Procedural Compliance</i>	2.5
<i>Communication System</i>	2.5

Kriteria	Skor
<i>Reputation and Position in Industry</i>	2.4
<i>Desire of business</i>	2.4
<i>Management and Organization</i>	2.3
<i>Operating Controls</i>	2.2
<i>Repair Service</i>	2.2
<i>Attidute</i>	2.1
<i>Impression</i>	2.1
<i>Packaging Ability</i>	2.0
<i>Labor Relation Records</i>	2.0
<i>Geographical Location</i>	1.9
<i>Amount of past business</i>	1.6
<i>Training aids</i>	1.5
<i>Reciprocal arrangements</i>	0.6

Sumber: Pujawan dan Mahendrawathi (2010)

Tebel 2.1 menyebutkan beberapa kriteria dalam pemilihan *supplier* dengan masing-masing kriteria memiliki skor yang berbeda. Dalam setiap perusahaan harus menentukan sendiri kriteria yang akan digunakan dalam pemilihan *supplier* (Pujawan dan Mahendrawathi, 2010).

2.4 *Green Supplier*

Karena GSCM mencakup fase yang berbeda dari bahan baku pembelian hingga pengiriman produk akhir, seharusnya perusahaan tidak hanya berfokus pada proses *green supply chain* intraorganisasi saja tetapi juga berfokus pada aspek antarorganisasi. *Supplier* sebagai mitra rantai pasokan hulu, memiliki peran penting dalam pencapaian tujuan keberlanjutan dari sebuah perusahaan. Perusahaan memilih *green supplier* paling berkualitas di rantai pasokan adalah keputusan

strategis yang penting untuk mempertahankan posisi kompetitif suatu perusahaan secara internasional. Tujuan kualitas tinggi dan standar lingkungan pada berbagai aspek dan kriteria perlu dipertimbangkan dalam pemilihan *green supplier*. Sehingga pemilihan *green supplier* dapat dilihat sebagai masalah pengambilan keputusan yang berkaitan dengan tujuan memastikan kinerja yang lebih baik dari *supplier* perusahaan (Zhang dkk, 2020).

2.4.1 Green Supplier Selection

Pendekatan tradisional yang terbatas pada aspek ekonomi, tetapi tidak mencantumkan kebijakan lingkungan, teknologi ramah lingkungan, dan globalisasi bisnis memaksakan perusahaan untuk menambahkan aspek lingkungan dalam proses rantai pasok mereka, berikut ini beberapa kriteria dalam *green supplier selection*.

1. *Resource Consumption*

Konsumsi sumber daya berupa bahan baku, air, dan energi selama proses pemilihan.

2. *Staff Environment Training*

Pelatihan staff berdasarkan aspek lingkungan.

3. *Service Level*

Pengiriman tepat waktu, layanan purna jual, dan kapasitas pasokan.

4. *Eco-design*

Desain produk untuk mengurangi konsumsi energi/material, sedain produk untuk penggunaan kembali.

5. *Green Image*

Rasio *green customer* terhadap total pelanggan.

6. *Environmental Management System*

Sertifikasi lingkungan seperti ISO 14000, kebijakan lingkungan, tujuan lingkungan, dan pemeriksaan dan pengendalian kegiatan lingkungan.

7. *Price/cost*

Harga produk/jasa dan kekuatan finansial.

8. *Pollution Control*

Tindakan pengendalian polusi untuk mengurangi emisi polutan udara, air limbah, bahan berbahaya, dan limbah padat.

9. *Quality*

Kualitas material, keahlian tenaga kerja, dan keunggulan operasional (Gupta dkk, 2019).

Evaluasi terhadap *supplier* umum dengan *green supplier* memiliki perbedaan. Menurut Imeri dkk (2014) dalam Cakra dan Imam (2020), evaluasi terhadap *supplier* dilakukan dengan mengkombinasikan antara indikator kuantitatif dan indikator kualitatif terkait *supplier*. Keuangan, kualitas, dan pengiriman merupakan hal yang paling umum digunakan dalam melakukan penilaian *supplier*. Sedangkan penilaian *green supplier* terpusat pada faktor *supplier* yang umum seperti biaya rendah, kualitas yang baik, *lead time* pendek, dan tetap memperhatikan aspek lingkungan seperti membuat desain produk ramah lingkungan yang efisien dan melakukan pengelolaan limbah ada beberapa kriteria lain dalam pemilihan *green supplier* yaitu sebagai berikut.

1. *Quality*

a. *product qualification rate*

- b. *reject rate*
 - c. *defect rate*
 - d. *quality management system.*
2. *Cost*
- a. *product price*
 - b. *transportation cost.*
3. *Delivery*
- a. *on time delivery rate*
 - b. *order fulfilment rate*
 - c. *lead time.*
4. *Technology*
- a. *capability of green R&D*
 - b. *cleaner production technology.*
5. *Financial performance: quick ratio.*
6. *Cooperation ability*
- a. *payment flexibility*
 - b. *information level*
 - c. *service rate*
 - d. *green image*
 - e. *strategic objective compatability*
 - f. *experience.*
7. *Environmental competency*
- a. *waste management*

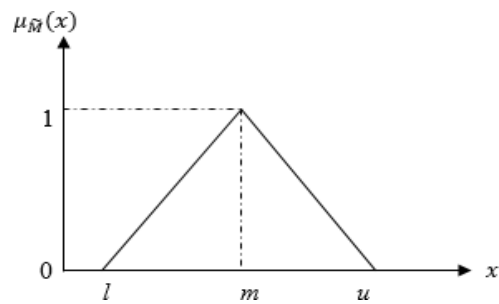
- b. *environmental management system*
- c. *green material selection*
- d. *environmental certification* (Cakra dan Imam, 2020).

2.5 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan suatu cara yang digunakan untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam ruang *output*. Logika *fuzzy* dihitung menggunakan derajat keanggotaan dari suatu nilai. Beberapa alasan menggunakan logika *fuzzy* sebagai berikut.

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dipahami. Konsep matematis logika *fuzzy* sangat sederhana sehingga dapat mudah dipahami.
2. Bersifat fleksibel.
3. Mempunyai toleransi terhadap data yang bersifat samaar.
4. Dapat membuat fungsi nonlinear.
5. Dapat digunakan sesuai pengalaman para ahli tanpa melalui proses pelatihan.
6. Dapat digunakan pada sistem kendali secara konvensional.
7. Berdasarkan pada bahasa alami.

Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi segitiga seperti yang tertampil pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *Triangular Fuzzy Number*

Sumber: Suci, dkk (2020)

Gambar tersebut menunjukkan fungsi segitiga dengan bentuk sederhana dimana fungsi tersebut menggabungkan 2 garis (*linear*). Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$\mu_{\tilde{M}}(x) \begin{cases} 0 & \text{jika } x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & \text{jika } l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & \text{jika } m \leq x \leq u \\ 0 & \text{jika } x > u \dots\dots\dots (2.1) \end{cases}$$

dimana,

l : nilai terkecil

m : nilai tengah

u : nilai terbesar (Suci dkk, 2020).

2.6 Geometric Mean

Geometric mean mendefinisikan apabila n *expert* yang memberikan perbandingan berpasangan maka akan muncul n jawaban pada masing-masing pasangan. Untuk memperoleh hasil tertentu dari semua nilai, setiap nilai harus dilakukan perkalian satu dengan yang lain lalu hasil tersebut dipangkatkan $1/n$.

$$\tilde{g}_i = \left[\prod_{j=1}^n (a_{ij}) \right]^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (2.2)$$

keterangan:

\tilde{g}_i = Rata-rata *geometric*

n = banyak *experti*

a_{ij} = nilai TFN ke- i (Sona dkk, 2018).

2.7 Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Fuzzy Analytical Hierarchy Process yang dikembangkan pada tahun 1996 adalah pengembangan lebih lanjut dari metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Namun metode AHP memiliki kekurangan yaitu kurang akurat dalam meminimalkan ketidakpastian. Penggunaan metode *fuzzy* AHP merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kelemahan metode AHP konvensional tersebut (Talangas dan Farida, 2021). *Fuzzy* AHP adalah persamaan sistematis yang berguna untuk menyeleksi alternatif dan menilai suatu rekomendasi dengan mengintegrasikan logika *fuzzy* dengan metode AHP. Integrasi ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan dengan kriteria yang memiliki sifat subjektif lebih banyak pada metode AHP (Fajri dkk, 2018). *Fuzzy* AHP dapat menyederhanakan

kompleksitas dan menerjemahkan pendapat manusia yang memiliki sifat ketidakpastian dalam melakukan pembobotan nilai. Sehingga, penggabungan *fuzzy* dan AHP dianggap lebih baik dalam menyelesaikan keputusan yang samar (*fuzzy*) dibandingkan dengan metode AHP sendiri (Hadiwijaya dan Hakim, 2016).

2.7.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*

Kelebihan model *Fuzzy* AHP dalam pengambilan keputusan adalah terletak pada kemampuannya dalam memecahkan permasalahan yang multi objektives dengan multi kriteria dan bersifat fleksibel dan mampu menangkap tujuan dan beberapa kriteria dalam sebuah hierarki, kurang lengkapnya data tertulis dan data kuantitatif mengenai permasalahan tidak mempengaruhi kelancaran dalam proses pengambilan keputusan karena penilaian merupakan sintesis pemikiran berbagai sudut pandang responden. *Fuzzy* AHP dapat digunakan pada elemen sistem yang independen dan tidak memerlukan hubungan linier. Metode tersebut dapat memperhitungkan kekokohan keluaran analisis sensitivitas dalam pengambilan keputusan dan mampu menghasilkan hasil yang lebih konsisten dibandingkan metode lainnya. Selain itu, metode AHP memiliki kelebihan dalam hal dari itu proses pengambilan keputusan itu mengakomodasi kuantitatif dan kualitatif atribut (Sharma dkk, 2020).

Selain mempunyai kelebihan model *fuzzy* AHP juga mempunyai kekurangan yaitu ketergantungan *fuzzy* AHP pada *input* utamanya, metode ini hanya metode matematis tanpa ada pengujian secara statistik, bergantung pada persepsi pada orang yang ahli dalam bidang tersebut yang akan menentukan hasil akhir dari model ini tidak ada apabila seorang ahli tersebut memberikan penilaian yang keliru

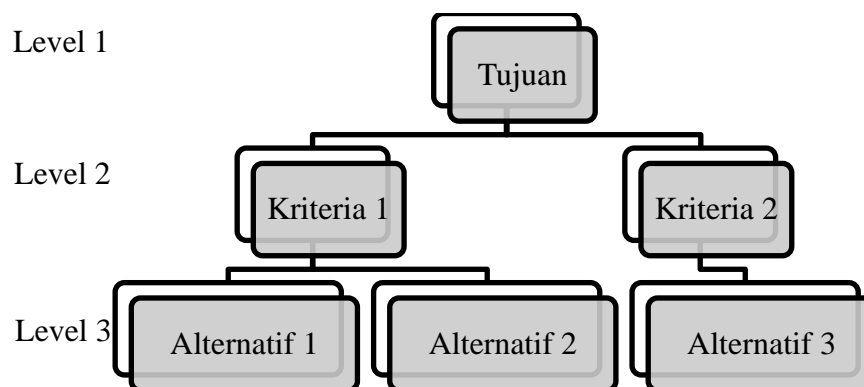
terhadap persepsi tersebut (Supiani, 2018), dan prinsip perbandingan berpasangan dalam metode ini membutuhkan banyak waktu hingga indeks konsistensi terpenuhi (Sharma dkk, 2020).

2.7.2 Langkah-Langkah Metode *Fuzzy AHP*

Berikut ini adalah langkah-langkah pengolahan data dengan menggunakan metode FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*):

1. Penyusunan Hierarki

Hierarki adalah ilustrasi dari permasalahan yang kompleks dalam struktur yang memiliki beberapa tingkat dimana tingkat paling atas adalah tujuan kemudian diikuti tingkat kriteria, subkriteria sampai pada tingkat paling bawah adalah tingkat alternatif. Hierarki memberikan gambaran secara grafis saling ketergantungan elemen-elemen yang relevan, memperlihatkan hubungan antar elemen yang homogen dan hubungan dengan sistem sehingga menjadi satu kesatuan yang utuh.



Gambar 2. 4 Struktur Hierarki

Sumber: Saifulloh dan Kusri (2016)

- a. Tujuan: keputusan yang diambil oleh pihak perusahaan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

- b. Kriteria: elemen-elemen yang menjadi faktor dalam pengambilan keputusan saat menyelesaikan permasalahan.
- c. Alternatif: alternatif pilihan yang akan menyelesaikan permasalahan (Saifulloh dan Kusriani, 2016).

2. Pembobotan Masing-Masing Elemen

Pembobotan merupakan proses pemberian bobot pada setiap elemen dengan cara perbandingan berpasangan. Data yang diperlukan merupakan jawaban para *expert* berupa bilangan numerik yang dikonversikan menjadi bilangan TFN berupa l, m, u seperti yang dijelaskan pada tabel 2.2. Bilangan *triangular fuzzy* (TFN) adalah teori himpunan *fuzzy* yang membantu dalam pengukuran yang berhubungan dengan penilaian subjektif manusia memakai bahasa atau linguistik (Saifulloh dan Kusriani, 2016).

Tabel 2. 2 Skala Numerik dan Skala Linguistik untuk Tingkat Kepentingan

Skala Numerik	Skala TFN	Invers Skala TFN	Definisi Variabel Linguistik
1	(1,1,1)	(1,1,1)	Perbandingan 2 kriteria yang sama (<i>Just Equal</i>).
2	$(\frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2})$	$(\frac{2}{3}, 1, 2)$	<i>Intermediate</i> .
3	$(1, \frac{3}{2}, 2)$	$(\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, 1)$	Kriteria 1 cukup penting dari yang lainnya (<i>moderately important</i>).
4	$(\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2})$	$(\frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3})$	<i>Intermediate</i> .
5	$(2, \frac{5}{2}, 3)$	$(\frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{1}{2})$	Kriteria 1 kuat pentingnya dari yang lain (<i>strongly important</i>).
6	$(\frac{5}{2}, 3, \frac{7}{2})$	$(\frac{2}{7}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5})$	<i>Intermediate</i> .
7	$(3, \frac{7}{2}, 4)$	$(\frac{1}{4}, \frac{2}{7}, \frac{1}{3})$	Kriteria 1 lebih kuat pentingnya dari yang lain (<i>very strong</i>).
8	$(\frac{7}{2}, 3, \frac{9}{2})$	$(\frac{2}{9}, \frac{1}{4}, \frac{2}{7})$	<i>Intermediate</i> .
9	$(4, \frac{9}{2}, \frac{9}{2})$	$(\frac{2}{9}, \frac{2}{9}, \frac{1}{4})$	Kriteria 1 mutlak lebih penting dari yang lain.

Sumber: Hadiwiyanti dan Nugraha (2016)

Hasil matriks perbandingan berpasangan dicari dengan cara mengkonversikan bilangan numerik menjadi bilangan TFN yang tersedia pada tabel 2.2. Dengan cara *geometric mean* dicari bobot masing-masing kriteria sesuai nilai rerata dari penilaian para ahli. Sesuai dengan pendekatan gabungan rerata bilangan *fuzzy* $(\tilde{M}) = (l, m, u)$ dapat diubah menjadi bilangan *crisp* sesuai persamaan (2.3).

$$P(\tilde{M}) = \frac{(l + 4m + u)}{6} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana,

$P(\tilde{M})$: bilangan *crisp*

l : nilai *triangular fuzzy number* terkecil

m : nilai *triangular fuzzy number* tengah

u : nilai *triangular fuzzy number* terbesar

nilai *triangular fuzzy number* (l, m, u) yang diolah merupakan hasil perhitungan dengan persamaan (2.3). Seperti A merupakan matriks rerata perbandingan berpasangan yang telah diubah menjadi bilangan *crisp*. Matriks A diperoleh dengan persamaan (2.4). W adalah matriks normalisasi yang diperoleh dengan menjumlahkan setiap kolom matriks A , lalu dilakukan pembagian pada masing-masing elemen matriks A . Selanjutnya, dihitung rata-rata untuk setiap barisnya.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\begin{aligned}
 W &= \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum_{i=1}^n a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum_{i=1}^n a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum_{i=1}^n a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum_{i=1}^n a_{in}} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.5)
 \end{aligned}$$

dimana,

A : matriks rerata perbandingan berpasangan

a_{nm} : bilangan *crisp* perbandingan berpasangan yang telah ditransformasi

W : matriks normalisasi

n : banyaknya elemen yang dibandingkan

Kemudian menghitung rerata matriks normalisasi AR .

$$AR = \begin{bmatrix} ar_{11} \\ ar_{21} \\ \vdots \\ ar_{n1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{i=1}^n w_{1i}}{n} \\ \frac{\sum_{i=1}^n w_{2i}}{n} \\ \vdots \\ \frac{\sum_{i=1}^n w_{ni}}{n} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana,

AR : rata-rata baris matriks normalisasi

ar_{n1} : elemen dari rata-rata baris matriks normalisasi

n : banyaknya elemen yang dibandingkan.

Setelah mencari nilai AR dilanjutkan dengan mencari nilai *eigen* maksimum (λ_{\max}). Nilai *eigen* maksimum diperoleh dengan membuat matriks B , dimana elemennya adalah hasil perkalian antara elemen kolom pertama matriks rata-

rata perbandingan berpasangan A dengan elemen baris pertama rata-rata matriks normalisasi AR . Dari matriks B lalu menghitung jumlah pada setiap barisnya yang digunakan sebagai elemen dari matriks C .

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a_{11} \cdot ar_{11} & a_{12} \cdot ar_{21} & \dots & a_{1n} \cdot ar_{n1} \\ a_{21} \cdot ar_{11} & a_{22} \cdot ar_{21} & \dots & a_{2n} \cdot ar_{n1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} \cdot ar_{11} & a_{n2} \cdot ar_{21} & \dots & a_{nn} \cdot ar_{n1} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{21} \\ \vdots \\ c_{n1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n b_{1i} \\ \sum_{i=1}^n b_{2i} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n b_{ni} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana,

B : matriks perkalian elemen A dengan AR

C : jumlah baris matriks B

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{c_{i1}}{ar_{i1}}}{n} \dots \dots \dots (2.9)$$

Menghitung nilai CI diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.10).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana,

λ_{max} : *eigen value* maksimal

CI : *Consistency Index*

n : banyaknya elemen yang dibandingkan

dimana,

M_{gi}^j : nilai *triangular fuzzy number* ke-j dengan ($j = 1, 2, \dots, m$)

Langkah 1: Nilai tingkat sintetik (S_i) untuk setiap kriteria dihitung menggunakan persamaan (2.12).

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana,

g_i : himpunan tujuan, $i = 1, 2, \dots, n$

M_{gi}^j : nilai *triangular fuzzy number*, $j = 1, 2, \dots, m$

Agar mendapatkan M_{gi}^j , perlu perhitungan dengan melakukan penjumlahan hasil sintesis *fuzzy m* pada matriks perbandingan berpasangan seperti persamaan (2.13).

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m M_{gi}^j &= (M_{gi}^1 + M_{gi}^2 + \dots + M_{gi}^m) \\ &= ((l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) + \dots + (l_m, m_m, u_m)) \\ &= (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \dots \dots \dots (2.13) \end{aligned}$$

dimana,

l_i : nilai *triangular fuzzy number* terendah ke- i

m_i : nilai *triangular fuzzy number* tengah ke- i

u_i : nilai *triangular fuzzy number* tertinggi ke- i

dimana $i = 1, 2, \dots, n$.

Sedangkan agar mendapatkan $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$, perlu perhitungan dengan melakukan penjumlahan *fuzzy* dari nilai M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) seperti berikut,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i) \dots \dots \dots (2.14)$$

Menghitung nilai *invers* dari persamaan (2.14) yaitu,

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \dots \dots \dots (2.15)$$

Langkah 2:

Menghitung derajat kemungkinan dari $M_2 (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ yang dirumuskan pada persamaan (2.16).

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min (\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \dots \dots \dots (2.16)$$

Terdapat sepasang (x, y) dengan $y \geq x$ dan $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_2}(y)$ serta $V(M_2 \geq M_1) = 1$. Untuk $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ dan $M_1 = (l_2, m_2, u_2)$ merupakan bilangan *fuzzy konveks*, dengan:

$$V(M_2 \geq M_1) \begin{cases} 1 & \text{untuk } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{untuk } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{untuk lainnya (2.17)} \end{cases}$$

Langkah 3:

Apabila derajat kemungkinan bilangan *fuzzy konveks* > bilangan *k fuzzy konveks* $M_i = (i = 1, 2, \dots, k)$, nilai vektor sebagai berikut.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V \left[\begin{matrix} (M \geq M_1) \text{ dan } (M \geq M_2) \text{ dan } \dots \\ \text{dan } (M \geq M_k) \end{matrix} \right] \\ = \min V(M \geq M_i) \dots \dots \dots (2.18)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, k$.

diasumsikan bahwa,

$$d'(A_i) = \min (S_i \geq S_k) \dots\dots\dots (2.19)$$

untuk $k = 1, 2, \dots, n ; k \neq i$

maka diperoleh nilai bobot vektor,

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana $A_i = 1, 2, \dots, n$ adalah n elemen keputusan.

Langkah 4:

Melakukan normalisasi nilai bobot vektor *fuzzy*.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \dots\dots\dots (2.21)$$

dengan W adalah bilangan *non fuzzy* (Ardianti, 2018).

2.8 Metode *Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*

Fuzzy TOPSIS adalah salah satu metode yang mengintegrasikan metode TOPSIS dengan logika *fuzzy*. Metode *fuzzy* TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) berdasarkan pada pemikiran dimana alternatif yang terpilih tidak hanya mempunyai jarak terpendek dari solusi ideal positif (meminimalkan kriteria biaya dan memaksimalkan kriteria manfaat) tetapi juga memiliki jarak terpanjang solusi ideal negatif (meminimalkan kriteria manfaat dan memaksimalkan kriteria biaya) (Hozairi dkk, 2018).

2.8.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode *Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*

Kelebihan metode *fuzzy* TOPSIS yaitu konsepnya sederhana dan mudah dipahami, kesederhanaan ini dilihat dari alur proses metode ini yang tidak begitu rumit karena menggunakan indikator kriteria dan variabel alternatif sebagai pembantu untuk menentukan keputusan, komputasinya efisien, perhitungan komputasinya lebih efisien dan dan cepat, mampu dijadikan sebagai pengukur kinerja alternatif dan juga alternatif keputusan dalam sebuah bentuk *output* komputasi yang sederhana, dan dapat digunakan sebagai metode pengambilan keputusan yang lebih cepat. Selain itu, metode ini memperhitungkan jarak ke solusi ideal positif dan jarak ke solusi ideal negatif secara bersamaan sehingga dapat menghasilkan solusi optimal (Sharma dkk, 2020).

Kekurangan metode ini yaitu belum adanya penentuan bobot prioritas yang menjadi prioritas hitungan terhadap kriteria, yang berguna untuk meningkatkan validitas nilai bobot perhitungan kriteria. Maka dengan alasan tersebut, metode ini dapat dikombinasikan misalnya dengan metode *fuzzy* TOPSIS agar menghasilkan *output* atau keputusan yang lebih maksimal. Pada metode ini, seringkali digunakan asumsi pada tingkat kepentingan relatif masing-masing respon dan digunakan kombinasi dengan metode lain untuk menyelesaikan asumsi tersebut. Contohnya adalah dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) untuk memperoleh nilai bobot yang mewakili tingkat kepentingan relatif masing-masing kriteria (Siburian, 2021).

2.8.2 Langkah-Langkah Metode Fuzzy TOPSIS

Setelah diperoleh nilai bobot pada setiap kriteria, selanjutnya pengolahan dengan metode TOPSIS yang telah di-fuzzy-kan. Fuzzy TOPSIS menggunakan bilangan *triangular fuzzy* untuk mewakili nilai pada masing-masing kriteria dari setiap alternatif yang terpilih.

Tabel 2. 4 *Triangular Fuzzy Number* TOPSIS

<i>Linguistic Variables</i>	<i>Triangular Fuzzy Number</i>	<i>Trapezoidal Fuzzy Number</i>
<i>Very Poor</i> (VP)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1, 2)
<i>Poor</i> (P)	(0, 1, 3)	(1, 2, 2, 3)
<i>Medium Poor</i> (MP)	(1, 3, 5)	(2, 3, 4, 5)
<i>Fair</i> (F)	(3, 5, 7)	(4, 5, 5, 6)
<i>Medium Good</i> (MG)	(5, 7, 9)	(5, 6, 7, 8)
<i>Good</i> (G)	(7, 9, 10)	(7, 8, 8, 9)
<i>Very Good</i> (VG)	(9, 10, 10)	(8, 9, 10, 10)

Sumber: Kacprzak (2016)

Tabel diatas menunjukkan nilai konversi *linguistic variables* berupa kode menjadi nilai *triangular fuzzy number* TOPSIS yang digunakan untuk pengolahan data. Setelah setiap kriteria pada alternatif diberi nilai, selanjutnya dilakukan perhitungan matriks keputusan ternormalisasi menggunakan persamaan (2.22).

$$p_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (s(\tilde{x}_{ij}, 0))^2}} \dots \dots \dots (2.22)$$

dengan,

$$s(\tilde{x}_{ij}, 0) = \frac{x_{ij}^l + 2x_{ij}^m + x_{ij}^u}{4} \dots \dots \dots (2.23)$$

keterangan,

s: jarak diantara 2 bilangan *fuzzy*

\tilde{n}_{ij} : elemen *fuzzy* dari matriks keputusan yang ternormalisasi (Ardianti, 2018).

Langkah berikutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot melalui persamaan (2.24).

$$v_{ij} = W_{ij} \times p_{ij} \dots \dots \dots (2.24)$$

Kemudian menghitung matriks solusi ideal (+) dan nilai solusi ideal (-) dengan persamaan (2.25).

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \dots \dots \dots (2.25)$$

Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Jarak alternatif dengan solusi ideal positif dihitung dengan persamaan (2.26).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \dots \dots \dots (2.26)$$

Sedangkan jarak alternatif dengan solusi ideal negatif dihitung dengan persamaan (2.27).

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \dots \dots \dots (2.27)$$

Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif (2.28).

$$CC_1 = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \dots \dots \dots (2.28)$$

Nilai CC adalah nilai akhir untuk menentukan peringkat alternatif yang akan dipilih dengan nilai urutan pertama adalah nilai CC yang terbesar (Sabiq, 2013).

2.9 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa dasar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu sebagai berikut.

1. Budianto (2016), Pemilihan *Green Supplier* Berdasarkan *Fuzzy AHP* dengan Metode *Fuzzy TOPSIS*.

Penelitian ini dilakukan di PT Petrokimia Gresik. PT petrokimia Gresik melakukan seleksi calon *supplier* yang hanya menggunakan 3 kriteria yaitu mutu produk, *delivery*, dan harga. Namun, perusahaan juga mempunyai misi terhadap lingkungan yaitu sesuai dengan regulasi pemerintahan mengenai kebijakan industri nasional. Sehingga, perusahaan mewujudkan misi tersebut dengan cara integrasi *green supply chain* melalui penerapan *green supplier* menggunakan metode *fuzzy AHP* dan *fuzzy TOPSIS*. Hasil yang didapatkan untuk pemilihan *green supplier* berdasarkan *fuzzy AHP* yaitu kualitas 0.216, sistem manajemen lingkungan 0.158, fleksibilitas 0.135, *delivery* 0.132, *green image* 0.128, dan biaya 0.126. Dihasilkan performansi dari *green supplier* berdasarkan metode *Fuzzy TOPSIS* yaitu *supplier* 1 dengan nilai koefisien kedekatan sebesar 0.666, *supplier* 2 dengan nilai koefisien kedekatan sebesar 0.582, *supplier* 3 dengan nilai koefisien kedekatan sebesar 0.558 dan *supplier* 4 dengan nilai koefisien kedekatan sebesar 0.529. Nilai koefisien kedekatan terbesar menunjukkan hasil solusi alternatif terbaik dan pada penelitian ini, *supplier* 1 merupakan *green supplier* terbaik dengan nilai koefisien kedekatan 0,666.

2. Luthvina dkk (2019), Model Penilaian Pemasok Bahan Olah Karet (Bokar)

Penelitian mengenai proses pemilihan pemasok menggunakan metode FAHP. Berdasarkan hasil observasi terhadap beberapa pabrik *crumb rubber* di wilayah Sumatera Barat hanya mempertimbangkan jumlah dan frekuensi pasokan dalam memilih pemasok Bahan Olah Karet (Bokar). Kesalahan kriteria yang dipergunakan dalam memilih pemasok akan mengakibatkan banyak terjadinya penyusutan dari bahan baku yang dibeli perusahaan. Sehingga dilakukan penyelesaian masalah menggunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP) dan *Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (FTOPSIS). Hasil yang didapatkan adalah 18 subkriteria yang relevan untuk penilaian pemasok bokar. Namun, pada akhir proses berupa pengujian model, didapatkan 11 kriteria yaitu tebal bongkahan/dimensi bokar, kebersihan bokar, kadar air (KKK), konsistensi kualitas, ketepatan waktu pengiriman, jumlah pasokan, frekuensi pengiriman, ketersediaan bokar, kinerja masa lalu, responsif, dan layanan pengaduan. Dengan metode FAHP didapatkan hasil perhitungan bobot subkriteria yaitu kriteria kadar air (KKK) memperoleh bobot tertinggi yaitu 0,18, diikuti kebersihan bokar (0,15), dan konsistensi kualitas (0,10). Sedangkan kinerja pada masa lalu hanya didapatkan bobot 0,05. Untuk hasil dari tahapan FTOPSIS diperoleh *ranking* pemasok yaitu pemasok AMS menduduki peringkat 1, dilanjutkan dengan Fafadiandri, Aseng, Kodir, dan Ati.

3. Memari dkk (2019), *Sustainable Supplier Selection: A Multi-Criteria Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Method*

Penelitian ini membahas mengenai S.S *Company* yang beroperasi di bawah misi dan standar Valeo *Company* diwajibkan untuk beroperasi di bawah pedoman *sustainable manufacture* dan inisiatif. Sehingga, S.S *Company* perlu mengambil tindakan awal dalam hal pemilihan pemasok terbaik untuk suku cadang besi cor yaitu dengan menerapkan *sustainable supplier selection* menggunakan metode *a multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS*. Hasil yang didapatkan berupa 3 kriteria yaitu ekonomis, ketahanan lingkungan, dan keberlanjutan sosial dengan jumlah subkriteria sebanyak 9. Hasil peringkat kriteria bilangan *fuzzy intuitif* didapatkan kualitas produk, kinerja layanan, kinerja lingkungan, *green image*, kesehatan dan keselamatan, dan praktik ketenagakerjaan adalah termasuk kriteria manfaat $J1=\{C2, C3, C4, C5, C7, C8, C9\}$, sementara harga dan pengendalian polusi adalah kriteria biaya $J2=\{C1, C6\}$. Hasil dari metode *fuzzy TOPSIS* menunjukkan *supplier AA > MF > RFA*. Oleh karena itu, AA dipilih sebagai alternatif yang paling berkelanjutan di antara pemasok.