

**PEMILIHAN PEMASOK RAMAH LINGKUNGAN DENGAN PENDEKATAN
FUZZY VIKOR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Hadyan Azhar

No. Mahasiswa : 1452276

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

SURAT KETERANGAN SELESAI

 **UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN : TEKNIK INDUSTRI, TEKNIK KIMIA, TEKNIK INFORMATIKA, TEKNIK ELEKTRO, DAN TEKNIK MESIN
Kampus : Jalan Kalbaring Km. 14.4 Telp. (0274) 895287, 895007 Fax. (0274) 895007 Ext. 148, Kotak Pos 75 Sleman 55581 Yogyakarta
<http://www.uii.ac.id> atau <http://www.fti-uui.org> e-mail : fti@uui.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN
Nomor : 192/A/Ka.Lab SIOP/FTI-UUI/XII/2018

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut :

Nama : Hadyan Azhar
No. Mhs : 14 522 276
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Raden Chairul Saleh, M.Sc., Ph.D.

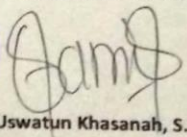
Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul "Pemilihan Pemasok Ramah Lingkungan dengan Pendekatan Fuzzy VIKOR" di Laboratorium Statistik Industri dan Optimasi, Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 3 September 2018 sampai dengan tanggal 28 September 2018.

Demikian surat keterangan kami keluarkan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dikeluarkan : di Yogyakarta
Tanggal : 10 Desember 2018

Mengetahui,
Kepala Lab. Statistik Industri dan Optimasi


Annisa Uswatun Khasanah, S.T., M.Sc.



PERNYATAAN

ii

PERNYATAAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 8 Desember 2018



Hadyan Azhar

NIM : 14522276

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

PEMILIHAN PEMASOK RAMAH LINGKUNGAN DENGAN PENDEKATAN FUZZY VIKOR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh :

Hadyan Azhar

NIM 14 522 276

Yogyakarta, 30 November 2018

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

iv

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMILIHAN PEMASOK RAMAH LINGKUNGAN DENGAN PENDEKATAN FUZZY VIKOR

TUGAS AKHIR

Oleh
 Nama : Hadyan Azhar
 No. Mahasiswa : 14 522 276

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
 memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
 Yogyakarta, 17 Januari 2019

Tim Penguji

Prof. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc., Ph.D.

Ketua

Vembri Noor Helia, ST., MT.

Anggota I

Abdullah 'Azzam, ST., MT.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
 Fakultas Teknologi Industri



Dr. Fathul Immanuel S.T., M.M.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sebagai rasa terimakasih penulis, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada

Orang tua tercinta (Ayahanda Yunasril S.p dan Ibunda Dini Safitri)

Yang telah memberikan doa, semangat, serta dukungan kepada penulis

Semoga Allah senantiasa melindungi dan memberikan kesehatan

Adik tersayang (Nurul Atifah)

Yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis

Semoga Allah selalu memberikan petunjuk dan kekuatan dalam hidup

HALAMAN MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.” (QS. Alam Nasyroh: 5)

فَبِمَا رَحْمَةٍ مِنَ اللَّهِ لِنْتَ لَهُمْ ۖ وَلَوْ كُنْتَ فَظًّا غَلِيظَ الْقَلْبِ لَانْفَضُّوا مِنْ حَوْلِكَ ۚ فَاعْفُ عَنْهُمْ وَاسْتَغْفِرْ لَهُمْ وَشَاوِرْهُمْ فِي الْأَمْرِ ۚ فَإِذَا عَزَمْتَ فَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ ۚ إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُتَوَكِّلِينَ

“Maka disebabkan rahmat dari Allah-lah kamu berlaku lemah lembut terhadap mereka. Sekiranya kamu bersikap keras lagi berhati kasar, tentulah mereka menjauhkan diri dari sekelilingmu. Karena itu maafkanlah mereka, mohonkanlah ampun bagi mereka, dan bermusyawaratlah dengan mereka dalam urusan itu. Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya.”(QS. Ali 'Imran :159)

If my mind can conceive it and my heart can believe it, then I can achieve it

(Muhammad Ali)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur atas karunia Allah SWT yang telah memberikan nikmat keimanan, rahmat, kesehatan, petunjuk dan hidayah-Nya. Shalawat beriring salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang merupakan suritauladan ummat. Atas izi Allah SWT, maka Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada pihak-pihak yang selama ini telah membantu dalam memberikan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., MM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dengan sabar.
4. Keluarga tercinta, Ayahanda Yunasril S.P dan Ibunda Dini Safitri S.Pd yang telah mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir
5. Johan Aiman, Rahmat Safrin Malik, Seradita Mega K, dan Umi Nurkhasanah sebagai *partner* dalam penyelesaian Tugas Akhir.
6. Danang Adi K, Dhimas Alfian N, Gugun Maulana, Hanif Fauzi, Kiki Setyo Wibowo, dan Prasetyo Ardianto sebagai sahabat penulis yang menghiasi dan tempat bertukar pikiran selama perkuliahan
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dan menyemangati penulis.

Penulis sangat menyadari bahwasannya banyak sekali kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik, saran, serta masukan yang membangun dari semua pihak agar penulisan kedepannya dapat lebih baik. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagaimana mestinya dan Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 8 Desember 2018

Penulis

Hadyan Azhar

ABSTRAK

Meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya keberlangsungan lingkungan menjadi tantangan bagi perusahaan untuk berkembang dan menyesuaikan untuk memenuhi permintaan pasar. Salah satu bidang yang berkembang untuk mendukung industri yang berkelanjutan dan ramah lingkungan adalah supply chain management. Semenjak revolusi rantai pasok pada tahun 1990-an, sebuah kerangka kerja mengenai manajemen lingkungan mulai berubah dengan tujuan utama berupa keberlanjutan rantai pasok dan perusahaan menyadari bahwa integrasi manajemen lingkungan perlu dipraktekan di seluruh departemen. Pemilihan pemasok yang ramah lingkungan dapat menjadi strategi keputusan yang krusial untuk menurunkan biaya operasi dan meningkatkan daya saing perusahaan dalam mengembangkan peluang bisnis. Tujuan penelitian ini membandingkan hasil metode VIKOR dengan hasil metode TOPSIS pada model pemilihan pemasok yang ramah lingkungan. Hasil menunjukkan bahwa perbedaan hasil metode VIKOR dan TOPSIS terdapat pada peringkat 3,4, dan 5. Sedangkan peringkat terbaik dan terburuk, kedua metode memberikan hasil yang sama.

Kata Kunci : Green Supply Chain Management, Green supplier selection, fuzzy VIKOR, Compare Method

DAFTAR ISI

SURAT KETERANGAN SELESAI	ii
PERNYATAAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Penelitian Terdahulu	12
2.2.1 <i>Supply Chain Management</i>	12
2.2.2 <i>Green Supply Chain Management</i>	13
2.2.3 <i>Green Operations</i>	14
2.2.4 <i>Green Supplier Development</i>	15
2.2.5 <i>Green Supplier Selection</i>	16
2.2.6 <i>Green Supplier Criteria</i>	18
2.3 Landasan Teori	20
2.3.1 <i>Best Worst Method(BWM)</i>	20
2.3.2 <i>Fuzzy Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje(FVIKOR)</i>	21
2.4 Konseptual Model	23
2.5 Kesimpulan Kajian Literatur	24

BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Rancangan Penelitian.....	25
3.2 Pengumpulan Data.....	26
3.3 Pengolahan Data	27
3.4 Metode Pengolahan Data	27
3.5 <i>Fuzzy Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje(FVIKOR)</i>	27
3.5.1 <i>Fuzzy Set Theory</i>	27
3.5.2 <i>Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje(VIKOR)</i>	29
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	32
4.1 Pengumpulan Data.....	32
4.1.1 Kriteria <i>Green Supplier Selection</i>	32
4.1.2 Rekapitulasi Data.....	34
4.2 Pengolahan Data	37
4.2.1 <i>Defuzzification</i>	37
4.2.2 VIKOR.....	38
BAB V PEMBAHASAN	41
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	44
6.1 Kesimpulan.....	44
6.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Dimensi dan kriteria evaluasi pemilihan pemasok(sumber : Lo et al., 2018)	19
Tabel 3. 1 linguistic terms and <i>fuzzy</i> number.....	29
Tabel 4. 1 Dimensi dan kriteria Green Supplier	32
Tabel 4. 2 Bobot dimensi dan kriteria(sumber : Lo et al., 2018).....	34
Tabel 4. 3 Normalisasi <i>Fuzzy</i> Matrix.....	35
Tabel 4. 4 Hasil Akhir <i>Fuzzy</i> Topsis(sumber: Lo et al., 2018).....	36
Tabel 4. 5 Defuzzification	37
Tabel 4. 6 Nilai F^* dan F^-	38
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan nilai S dan R	39
Tabel 4. 8 Perhitungan nilai $Q_j(v=0.5)$	39
Tabel 4. 9 perbandingan Nilai Q	40
Tabel 4. 10 Perbandingan hasil TOPSIS dan VIKOR	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 C – Chart Planning and Tools	11
Gambar 2. 3 Konseptual model green supplier selection	23
Gambar 3. 1 Kerangka penelitian	26
Gambar 3. 2 Trapezoidal fuzzy number $\tilde{n}$	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya keberlangsungan lingkungan menjadi tantangan bagi perusahaan untuk berkembang dan menyesuaikan untuk memenuhi permintaan pasar. Secara perlahan – lahan, tekanan dari masyarakat mengenai masalah lingkungan membuat pemerintah ikut andil dalam kebijakan lingkungan sehingga menambah tekanan kepada perusahaan agar lebih memperhatikan aspek ekologi(Fang dan Zhang, 2018). Salah satu bidang yang berkembang untuk mendukung industri yang berkelanjutan dan ramah lingkungan adalah *supply chain management*. Semenjak revolusi rantai pasok pada tahun 1990-an, sebuah kerangka kerja mengenai manajemen lingkungan mulai berubah dengan tujuan utama berupa keberlanjutan rantai pasok dan perusahaan menyadari bahwa integrasi manajemen lingkungan perlu dipraktekan di seluruh departemen(Maditati et al., 2018). Konsep *green supply chain management*(GSCM) menjadi sebuah topik yang menantang bagi perusahaan dan tumbuh dengan pesat pada saat ini(de Oliveira et al, 2018) .

Tujuan dari GSCM adalah integrasi yang menyeluruh mengenai informasi logistik dan keuangan untuk meningkatkan daya saing produk atau layanan unit *supply chain*, yang menghasilkan pengembangan usaha yang berkelanjutan dan meningkatnya perlindungan lingkungan (Lo et al., 2018). Penelitian GSCM saat ini secara garis besar terbagi 2 yaitu *importance of GSCM* dan *green operations*, dimana *importance of GSCM* membahas mengenai implementasi, hambatan, manfaat, dampak keuangan dan ekonomi serta perbandingan GSCM dengan SSCM, sedangkan *green operations* membahas

integrasi kegiatan operasional dengan faktor ramah lingkungan(de Oliveira et al., 2018). Kajian literatur yang telah dilakukan oleh de Oliveira et al., (2018), sebanyak 45% meneliti mengenai topik *green operations*, hal ini menandakan bahwa topik tersebut merupakan sebuah tren pada GSCM. Pemilihan pemasok yang ramah lingkungan merupakan bagian dari *green operations* yang mana mendapatkan posisi ketiga terbanyak dalam area penelitian utama menurut de Oliveira et al., (2018).

Pemilihan pemasok yang ramah lingkungan dapat menjadi strategi keputusan yang krusial untuk menurunkan biaya operasi dan meningkatkan daya saing perusahaan dalam mengembangkan peluang bisnis(Yazdani et al., 2017). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencari sistem pendukung keputusan mengenai pemilihan pemasok yang lebih baik dan sesuai dengan kebutuhan perusahaan, seperti penelitian Dobos dan Vörösmarty (2018) menggunakan metode *data envelopment analysis*(DEA), lalu riset Kannan et al., (2015) yang mengembangkan metode MCDM yang bernama *fuzzy axiomatic design*(FAD) atau menerapkan metode *hybrid* dalam memilih pemasok seperti (Chatterjee et al, 2018; Lo et al., 2018). Studi yang dilakukan Lo et al., (2018) memilih pemasok yang ramah lingkungan dengan metode *fuzzy TOPSIS* serta mencari alokasi pemesanan optimum pemasok menggunakan *fuzzy multi – objective linear programming* pada perusahaan elektronik di Taiwan. Kriteria yang diajukan untuk menjadi standar penilaian pemasok terdiri dari 3 dimensi yaitu performa pemasok, perlindungan lingkungan serta risiko pemasok dengan pembobotan kriteria menerapkan *best worst method*.

Keuntungan terbesar dari penelitian Lo et al.,(2018) adalah penyediaan sistem pendukung keputusan pengadaan yang dapat mengurangi kesalahan pengambilan keputusan dan biaya manajemen jangka panjang. Namun, penelitian tersebut perlu diperluas dengan menggunakan metode *multi attribute decision making*(MADM) lainnya dalam pemilihan pemasok atau mengaplikasikan metode *heuristic* yang berbeda untuk mencari alokasi pemesanan optimum agar dapat dibandingkan dengan hasil model saat ini. Penelitian tersebut membuat model baru dalam memilih pemasok yang ramah lingkungan dimana metode TOPSIS yang dimodifikasi sebagai pengambil keputusan.

Oleh karena itu, Lo et al., (2018) menetapkan penelitian masa depan berupa membandingkan hasil metode penelitian tersebut dengan hasil metode MADM lainnya.

Untuk mengisi peluang penelitian tersebut, maka penelitian ini mengajukan metode MADM yang berbeda sebagai pembanding dengan metode saat ini. MADM merupakan salah satu bagian dalam MCDM, bagian MCDM yang lainnya adalah konsep *multi objective decision makin*(MODM). Salah satu metode MADM menarik untuk mengembangkan riset tersebut adalah *Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje*(VIKOR) Metode ini adalah kesepakatan solusi dengan mempertimbangkan berbagai kriteria beserta alternatif pilihan yang ada.. Berdasarkan studi Opricovic dan Tzeng (2004), metode TOPSIS dan VIKOR memiliki 2 perbedaan yaitu prinsip dalam mencari solusi ideal dan normalisasi data. Berdasarkan perbedaan tersebut, penelitian ini akan menerapkan *fuzzy* VIKOR yang hasilnya akan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, maka rumusan pertanyaan penelitian sebagai berikut “Bagaimana hasil penerapan metode *fuzzy* VIKOR terhadap model pemilihan pemasok ramah lingkungan pada penelitian sebelumnya?”

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian sebagai berikut “Untuk mengetahui hasil penggunaan metode *fuzzy* VIKOR terhadap model pemilihan pemasok ramah lingkungan pada penelitian sebelumnya”.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan / ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Data yang digunakan berdasarkan kajian literatur

2. Berfokus hanya pada metode *fuzzy* VIKOR.
3. Hasil dari penelitian sebelumnya akan dibandingkan dengan hasil metode yang diusulkan

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada perkembangan *Green Supply Chain Management* khususnya sistem pendukung keputusan dalam pemilihan pemasok yang ramah lingkungan bagi praktikal. Untuk akademisi penelitian ini diharapkan dapat membuka jalur penelitian lainnya dalam bidang *green supplier development*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan penelitian ini penulis membagi kedalam enam bab. Adapun keenam bab tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dipaparkan pendahuluan dari penelitian yang akan diuraikan menjadi 6 sub bab yaitu latar belakang yang mendasari permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penelitian.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini akan dipaparkan tentang kajian literatur induktif dan kajian literatur deduktif yang berisi tentang teori yang berhubungan dengan penelitian, konseptual model, penelitian terdahulu yang menjadi dasar dalam menentukan metode penelitian, dan kesimpulan dari kajian literatur.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dipaparkan tentang metodologi penelitian yang diuraikan menjadi 6 sub bab yaitu rancangan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, metode pengolahan data, dan *fuzzy* VIKOR.

BAB IV PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dipaparkan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan pengolahan data. Pada bab ini juga diuraikan cara dan proses analisis data

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dipaparkan tentang pembahasan dari pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan membahas tentang kesimpulan dan saran, yang diuraikan menjadi 2 sub bab yaitu kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pendahuluan

Kajian pustaka induktif dan deduktif akan diuraikan pada bab ini. Kajian induktif akan mengupas artikel – artikel penelitian yang dimuat dalam indeks *Scopus*. Paper yang dikaji adalah yang telah dipublikasikan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (2013 - 2018). Kajian deduktif mengkaji pustaka yang diperoleh dari buku majalah, teks, koran, dan lain sebagainya. Kajian literatur disusun menggunakan metode *Systematic Literatur Review* (SLR). Metode SLR dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengintepretasi seluruh temuan pada topik penelitian. Disamping itu dengan SLR dapat menjawab penelitian yang akan dilakukan (Kitchenham dan Charters, 2007). *Paper* yang diulas dari penerbit Elsevier dan Emerald Insight. Dari total 75 *paper* yang telah di SLR, 82.67% berasal dari penerbit Elsevier dan 17.3% dimuat dari penerbit Emerald Insight. Dibawah ini akan dipaparkan tabel ringkasan mengenai MCDM pemilihan pemasok dan CK *chart planning and tools*. Pengertian CK – *chart planning and tools* merupakan sebuah alat untuk mengatur penelitian secara sistematis yang berbentuk diagram pohon. *K-Chart* terdiri dari 5 lapisan yaitu General Title berisi tentang masalah yang akan diselesaikan. Scope of Issues berisi tentang ruang lingkup isu yang berkaitan dengan masalah. Methodology berisi tentang metode spesifik yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah. Result berisi tentang parameter yang akan digunakan dalam metodologi yang telah ditentukan. Sedangkan Timeline yang berisi tentang batasan dan aturan masalah yang akan diteliti.

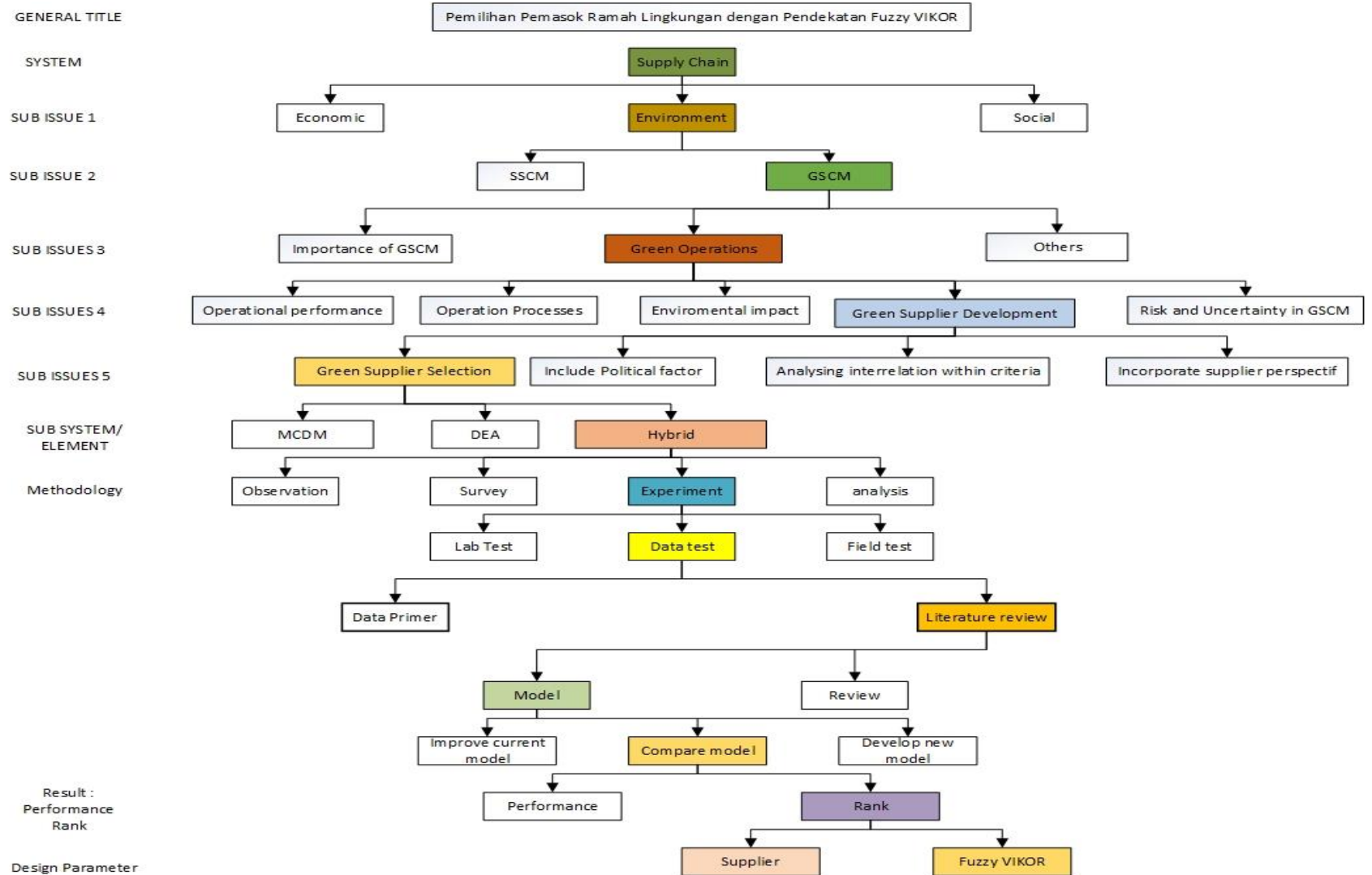
Tabel 2. 1 Ringkasan SLR metode pemilihan pemasok pada SCM

No	Title	Author	Method	Year	Publisher	Index
1	Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using <i>fuzzy</i> TOPSIS applied to a Brazilian electronics company	Kannan, Devika Jabbour, Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour, Charbel José Chiappetta	<i>Fuzzy</i> TOPSIS	2014	North-Holland	Q1
2	<i>Fuzzy</i> axiomatic design approach based green supplier selection: A case study from Singapore	Kannan, Devika Govindan, Kannan Rajendran, Sivakumar	<i>Fuzzy</i> axiomatic design	2015	Elsevier	Q1
3	An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis	Hashemi, Seyed Hamid Karimi, Amir Tavana, Madjid	ANP and GRA	2015	Elsevier	Q1

No	Title	Author	Method	Year	Publisher	Index
4	Green supplier selection using <i>fuzzy</i> group decision making methods: A case study from the agri-food industry	Banaeian, Narges Mobli, Hossein Fahimnia, Behnam Nielsen, Izabela Ewa Omid, Mahmoud	TOPSIS, VIKOR, GRA	2016	Pergamon	Q1
5	Supplier selection and order allocation with green criteria: An MCDM and multi-objective optimization approach	Hamdan, Sadeque Cheaitou, Ali	AHP and <i>Fuzzy</i> TOPSIS	2017	Pergamon	Q1
6	Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and <i>fuzzy</i> TOPSIS	Gupta, Himanshu Barua, Mukesh K.	BWM and <i>fuzzy</i> TOPSIS	2017	Elsevier	Q1
7	A resilience approach for supplier selection: Using <i>Fuzzy</i> Analytic Network Process and grey VIKOR techniques	Valipour Parkouhi, Sahar Safaei Ghadikolaie, Abdolhamid	<i>Fuzzy</i> ANP and Grey VIKOR	2017	Elsevier	Q1
8	Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection	Yazdani, Morteza Chatterjee, Prasenjit Zavadskas, Edmundas Kazimieras	QFD-MCDM	2017	Elsevier	Q1

No	Title	Author	Method	Year	Publisher	Index
		Hashemkhani Zolfani, Sarfaraz				
9	Evaluating the performance of suppliers based on using the R'AMATEL-MAIRCA method for green supply chain implementation in electronics industry	Chatterjee, Kajal Pamucar, Dragan Zavadskas, Edmundas Kazimieras	R'AMATEL-MAIRCA	2018	Elsevier	Q1
10	Construction of capital procurement decision making model to optimize supplier selection using <i>Fuzzy Delphi</i> and AHP-DEMATEL	Kumar, Anil Pal, Amit Vohra, Ashwani Gupta, Sachin Manchanda, Suryakant Dash, Manoj Kumar	<i>Fuzzy Delphi</i> and AHP-DEMATEL	2018	Emerald insight	Q3
11	A green supplier evaluation system based on a new multi-criteria sorting method: VIKORSORT	Demir, Leyla Akpınar, Muhammet Enes Araz, Ceyhun İlgin, Mehmet Ali	VIKORSORT	2018	Pergamon	Q1
12	Inventory-related costs in green supplier selection problems with Data Envelopment Analysis (DEA)	Dobos, Imre Vörösmarty, Gyöngyi	DEA	2018	Elsevier	Q1

No	Title	Author	Method	Year	Publisher	Index
13	Multi-tier sustainable global supplier selection using a <i>fuzzy</i> AHP-VIKOR based approach	Awasthi, Anjali Govindan, Kannan Gold, Stefan	<i>Fuzzy</i> AHP-VIKOR	2018	Elsevier	Q1
14	An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation	Lo, Huai-Wei Liou, James J.H. Wang, Her-Shing Tsai, Yi-Song	BWM and Modified <i>fuzzy</i> TOPSIS	2018	Elsevier	Q1



Gambar 2. 1 CK – Chart Planning and Tools

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 *Supply Chain Management*

Menurut Refke dan Sundaran (dalam Bastas dan Liyanage, 2018) *Supply chain management* memfasilitasi integrasi antara pelanggan, jaringan distribusi, aktivitas internal dalam perusahaan dan pemasok, sehingga penerapan SCM sangat berpengaruh terhadap performa suatu organisasi. Dalam tren global saat ini dan meningkatnya kompetisi, strategi manajemen yang digunakan baik dari internal maupun eksternal *stakeholder* fokus dalam rantai pasok yang dimulai dari bahan baku mentah sampai pengguna akhir dari produk. Bagi perusahaan dan peneliti terdapat 3 aspek dasar rantai pasok, yaitu ekonomi, lingkungan dan sosial atau dikenal juga sebagai *triple bottom line* (TBL), ketiga aspek ini menjadi pilar utama untuk mencapai rantai pasok yang berkelanjutan. Penelitian mengenai kajian literatur rantai pasok yang dilakukan Bastas dan Liyanage (2018) mengemukakan dari 93 artikel sebanyak 43% membahas tentang TBL, hasil tersebut membuktikan penelitian dimensi ekonomi, lingkungan dan sosial sudah mendapat banyak perhatian.

Penelitian Chatzikontidou et al., (2017) meneliti dimensi ekonomi dari rantai pasok dengan tujuan memberikan rancangan jaringan *supply chain* dengan biaya rendah untuk memuaskan permintaan konsumen yang tidak pasti. Model yang diajukan berupa *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) dan studi kasus dilaksanakan di salah satu perusahaan EROPA. Hasil yang diperoleh dari rancangan model tersebut tidak hanya dapat diaplikasikan pada perusahaan namun juga memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya dan sistem pendukung keputusan seperti penentuan lokasi fasilitas dengan akurasi lebih baik. Selanjutnya untuk meningkatkan performa rantai pasok perusahaan dalam hal QCD(*quality, cost* dan *lead time*) yang dikombinasikan dengan dimensi sosial serta lingkungan melalui pendekatan metode GRAI dan GRAIMOD. Namun fokus utama lebih mengarah kriteria *lead-time* agar dapat diimplementasikan. Kesimpulan penelitian tersebut metode GRAI dan GRAIMOD sesuai dengan integrasi industri 4.0 dimana terdiri dari

internet, traceability, robot, cobot, software tools, dan cloud computing (Dossou dan Nachidi, 2017).

Dimensi sosial dalam rantai pasok juga mulai mendapat momentum dan perhatian dalam perusahaan, menurut mani et al., (dalam Jia et al 2018) menjelaskan bahwa sosial yang berkelanjutan terbagi dalam beberapa hal utama yaitu kondisi pekerja, kesejahteraan, kualitas hidup, kesetaraan, keterhubungan dengan internal komunitas dan diluar perusahaan. Kesadaran akan tanggung jawab perusahaan terhadap karyawan mulai memunculkan berbagai penelitian mengenai penilaian rantai pasok sosial yang berkelanjutan. Kauppi dan Hannibal (2017) menilai *social sustainability* dengan cara menginvestigasi bagaimana tekanan dari institusi atau lembaga mendesak *supply chain actor* dengan penilaian dilakukan oleh pihak ketiga untuk memperkuat keberlanjutan sosial.

2.2.2 *Green Supply Chain Management*

Definisi GSCM menurut Srivastava (dalam de Oliveira et al., 2018) adalah integrasi konsep lingkungan ke dalam manajemen rantai pasok, termasuk desain produk, pengadaan dan pemilihan bahan, proses pembuatan, pengiriman produk akhir kepada konsumen serta manajemen akhir masa pakai produk setelah manfaatnya. Konsep manajemen rantai pasok ramah lingkungan berubah dengan cepat dan mendapatkan popularitas di kalangan akademisi (Mishra et al, 2017). Menurut riset Bastas dan Liyanage (2018) dari 37 artikel yang diperoleh perihal *sustainable supply chain management*(SSCM) sebanyak 33% membahas GSCM, sedangkan secara keseluruhan studi dimensi lingkungan sebesar 40%, perolehan kuantitatif tersebut menunjukkan studi dimensi lingkungan di kalangan cendekiawan mendapat perhatian yang signifikan. Konteks Studi GSCM secara garis besar menurut de Oliveira et al (2018) terbagi 2 yaitu *Importance of GSCM* dan *Green Operations*. Riset yang tergabung *Importance of GSCM* meliputi implementasi, motivasi penerapan, dampak keuangan dan lingkungan, sedangkan *Green Operations* membahas performa operasional, proses, pemilihan pemasok dan pengembangan, risiko serta ketidakpastian dalam GSCM.

Ruang lingkup riset GSCM saat ini tidak terpaut pada sektor industri namun sudah menginjak sektor konstruksi seperti penelitian Balasubramanian dan Shukla (2017) mencoba mengembangkan, memvalidasi serta menerapkan kerangka kerja GSCM untuk sektor konstruksi, sedangkan di sektor industri penerapan konsep GSCM menjadi tantangan baru bagi perusahaan disebabkan bermunculannya tekanan dari berbagai pihak agar mementingkan aspek lingkungan dengan tidak mengabaikan strategi kompetitif. Menurut Laari et al., (2017) perusahaan yang mengikuti *hybrid strategies* cenderung menggunakan strategi GSCM lebih maju untuk mengatur performa lingkungan dari pemasok, seperti kombinasi antara kolaborasi dan pengawasan lingkungan. Pengukuran kinerja diperlukan untuk mengetahui kondisi perusahaan, penelitian Vanalle et al (2017) membahas adopsi GSCM yang disebabkan tekanan dari lembaga tertentu terhadap performa perusahaan otomotif di brazil, hasil memperlihatkan bahwa kinerja ekonomi dan lingkungan memberikan efek positif akan praktek GSCM, lalu tekanan dari institusi mempengaruhi pemasok perusahaan otomotif perusahaan tersebut untuk mengikuti praktek GSCM.

2.2.3 *Green Operations*

Tuntutan untuk mengadopsi prinsip GSCM kian meningkat seiring waktu melihat kesadaran masyarakat akan perubahan iklim dan keberlanjutan lingkungan. Meningkatnya tekanan tersebut baik dari konsumen maupun pemerintah membuat perusahaan melakukan perubahan dalam mengatur kegiatan sehari – hari dengan perspektif ekologi (Fang dan Zhang, 2018). Sehubungan aktivitas / kegiatan operasional dalam perusahaan beserta aspek lingkungan, riset literatur de Oliveira et al. (2018) menunjukkan sebanyak 45% dari total *paper* yang diperoleh menyelidiki tentang *green operations*. Pembagian *green operations* menurut de Oliveira et al. (2018) adalah performa operasional, proses operasi, dampak lingkungan, pengembangan pemasok yang ramah lingkungan, dan risiko serta ketidakpastian dalam GSCM.

Kazancoglu et al. (2018) mempelajari penilaian performa GSCM pada perusahaan dengan mengajukan model. Kontribusi utama dari penelitian tersebut dapat membedakan dimensi GSCM seperti lingkungan, keuangan/ekonomi, operasional, logistik, organisasi dan performa pemasaran. Selanjutnya, Sari dan Suslu (2018) mengkaji pengembangan *tool* untuk mengevaluasi dan membandingkan *green performance* dari rantai pasok hotel, 15 *green criteria* ditentukan sebagai indikator *green performance* dengan komposisi berupa 7 dari kriteria tersebut mengenai *basic green practices* dan sisanya kriteria *advanced green practices*. Hasil analisa memperlihatkan bahwa *basic green practices* memiliki pembobotan yang lebih besar dibandingkan *advanced green practices* karena lebih mudah dirasakan oleh pelanggan. Sedangkan Zaid et al. (2018) meneliti pengaruh *green human resource management*(GHRM) dan penerapan GSCM pada kinerja berkelanjutan, performa lingkungan positif dapat dicapai jika diterapkan GHRM.

Fernando et al. (2018) membahas hal yang berbeda yaitu memberikan bukti apakah *project risk management*(PRM) dan GSCM memiliki hubungan yang positif satu sama lain dalam kinerja manajemen dan kesuksesan suatu proyek. Menurut Mitra dan Datta (dalam de Oliveira et al., 2018) menyatakan kerjasama pemasok salah satu topik yang banyak diangkat dalam penerapan GSCM karena memiliki peran penting untuk efisiensi *green practices*. Berdasarkan alasan ini, beberapa model dikembangkan untuk membantu manajer memilih *supplier* (Chatterjee et al., 2018; Hashemi et al., 2015; Kannan et al., 2015; Thakker dan Rane, 2018)

2.2.4 *Green Supplier Development*

Dilihat dari segi ekonomi, pengembangan pemasok yang ramah lingkungan sama untungnya dengan kolaborasi dengan pemasok, karena alasan tersebut kinerja operasional dan lingkungan mendapat perhatian yang cukup tinggi. Beberapa penelitian masa depan mengenai *Green Supplier Development* (Meditati et al., 2018) adalah :

- 1) *Green supplier selection(Extend the works to other industries, regions and analysis methods, and to compare results)*
- 2) *Include political factors in GSS criteria*
- 3) *Expand scope by analysing interrelationships within criteria*
- 4) *Incorporate supplier perspective so suppliers can identify attributes to become preferred suppliers*

Model yang diajukan oleh Hashemi et al. (2015) untuk pemilihan *green supplier* menggunakan kriteria ekonomi dan lingkungan. Dari hasil yang didapatkan, pembaharuan metode *Grey Relational Analysis*(GRA) mampu menjadi alat pembuat keputusan yang kuat terhadap ketidakpastian. Penelitian tersebut dapat diperluas dengan memasukkan faktor politik dan menganalisa keterkaitan antar kriteria menggunakan metode DEMATEL. Di sisi lain Wu dan Barnes (2016) berpendapat bahwa perlunya menggabungkan sudut pandang dari pemasok dalam model. Hal ini dapat memberikan wawasan untuk mengidentifikasi atribut apa yang dibutuhkan pemasok agar menjadi acuan bagi *supplier* lainnya.

2.2.5 *Green Supplier Selection*

Pemilihan pemasok menjadi salah satu topik teratas dalam lingkup penelitian *Green Supply Chain Managament* menurut de Oliveira et al., (2018). Lalu menurut Yazdani et al., (2017) evaluasi dan seleksi pemasok menjadi strategi keputusan penting untuk menurunkan biaya operasi dan meningkatkan daya saing organisasi untuk mengembangkan peluang bisnis. Pendapat Lo et al., (2018) mengatakan konsep *green purchasing* tidak hanya meningkatkan performa bisnis suatu perusahaan namun juga menguatkan akan praktik perlindungan terhadap lingkungan.

Studi Dobos dan Vörösmarty (2018) menggunakan metode *data envelopment analysis*(DEA) untuk mengevaluasi pemilihan pemasok yang ramah lingkungan. Karena metode DEA mudah digunakan dan begitu praktis dalam *purchasing management* maka dapat dilakukan penyelidikan dalam penerapannya. Namun keterbatasan utama dalam

metode DEA adalah pembobotan atribut kinerja dari berbagai pemasok dilakukan secara acak.

Demir et al., (2018) melakukan riset evaluasi pemasok ramah lingkungan dengan pendekatan metode baru dalam penyortiran multikriteria : VIKORSORT. Studi mengenai evaluasi *green supplier* sudah banyak dilakukan guna membantu perusahaan meningkatkan *environmental performance* dari pemasok namun pengurutan pemasok berdasarkan kriteria lingkungan masih minim, oleh karena itu Demir et al. (2018) mengajukan metode VIKORSORT.

Kannan et al., (2015) mengajukan metode *fuzzy axiomatic design*(FAD) pada studi kasus perusahaan plastik di Singapore. Walaupun terdapat ketidakjelasan pendapat dari ahli, model yang diajukan ternyata memberikan hasil pilihan pemasok yang sesuai bagi perusahaan dan mudah diterapkan. Berdasarkan studi literatur, metode TOPSIS cukup banyak dipakai oleh peneliti dalam pemilihan pemasok yang ramah lingkungan. Kannan et al., (2014) dalam tulisannya menggunakan 3 tipe *fuzzy TOPSIS* – metode yang diusulkan berdasarkan Govindan et al. (2013) beserta Wang dan Lee (2007), metode *geometric mean*, dan metode *graded mean*. Hamdan dan Cheaitou (2017) menggunakan *fuzzy TOPSIS* dan AHP dalam pemilihan pemasok beserta alokasi pemesanan. Perbandingan beberapa metode *fuzzy* seperti VIKOR, TOPSIS dan GRA diteliti oleh Banaeian et al., (2016), dari analisa perbandingan ketiga metode tersebut memberikan hasil yang identik peringkat pemasok namun *fuzzy GRA* ternyata lebih mudah dan tidak terlalu kompleks dibandingkan metode lainnya.

Metode *hybrid* juga diaplikasikan dalam pemilihan pemasok yang ramah lingkungan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Chatterjee et al. (2018) yang menggabungkan metode *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Model*(DEMATEL) dan *Analytical Network Process*(ANP) agar mengetahui struktur hubungan antar kriteria yang memiliki dimensi yang berbeda. Lalu metode *Rough Multi-attribute Ideal-Real Comparative Analysis*(R'MAIRCA) sebagai evaluasi performa lingkungan dari setiap pemasok

perusahaan. Yazdani et al. (2017) mengintegrasikan metode *Quality Function Deployment*(QFD) dan *Multi Criteria Decision Making*(MCDM). Tak jauh berbeda, penelitian tersebut juga menggunakan DEMATEL untuk membangun struktur hubungan timbal balik antara kriteria kebutuhan konsumen, QFD digunakan sebagai matriks hubungan pusat yang bertujuan mengidentifikasi seberapa besar hubungan antara *green supplier criteria* dan *costumer requirements*(CRs). Terakhir, peringkat atau prioritas dari beberapa pilihan pemasok ditentukan melalui metode *complex proportional assessment*(COPRAS). Lo et al., (2018) mengajukan model baru yang mengintegrasikan BWM, TOPSIS dan FMOLP. Hasil mengindikasikan bahwa model yang diajukan secara efektif mengevaluasi performa dari *green suppliers* dan mengoptimalkan alokasi pemesanan dari kualifikasi pemasok. Selanjutnya, Gupta dan Barua (2017) meneliti pemilihan *green supplier* di perusahaan SMEs(*small medium enterprises*) yang disesuaikan dengan kemampuan *green innovation* perusahaan tersebut, selain TOPSIS metode yang dipakai adalah *best worst method*(BWM).

2.2.6 Green Supplier Criteria

Penentuan kriteria diperlukan sebagai acuan atau standar untuk menilai pemasok. Dalam Lo et al., (2018) kriteria yang ditetapkan mempertimbangkan beberapa faktor yaitu produk, budaya, latar belakang, keuntungan dari persaingan pasar, strategi yang digunakan saat ini. Faktor – faktor tersebut untuk menentukan kriteria yang paling sesuai dalam mengevaluasi pemasok. Kriteria yang diajukan oleh Lo et al., (2018) terbagi menjadi 3 dimensi utama yaitu performa pemasok(D_1), perlindungan lingkungan(D_2) dan risiko pemasok(D_3). Berikut ini dimensi beserta kriteria evaluasi pemasok yang ramah lingkungan :

Tabel 2. 2 Dimensi dan kriteria evaluasi pemilihan pemasok(sumber : Lo et al., 2018)

Dimensi	Kriteria	Definisi
Performa	Kualitas	Produk memiliki sertifikasi kualitas seperti ISO
Pemasok(D ₁)	Produk(C ₁₁)	9000, QS9000, dll.
	Pabrik ramah lingkungan(C ₁₂)	Produksi yang ramah lingkungan dan menekankan daur ulang
	Fleksibilitas pelayanan(C ₁₃)	Tingkat pelayanan yang sesuai dengan permintaan pelanggan dan apabila ada perubahan pemesanan dapat mengirim dengan cepat
Perlindungan lingkungan(D ₂)	Performa lingkungan(C ₂₁)	Mematuhi peraturan lingkungan terhadap produk dan mengurangi limbah sebanyak mungkin. Pemasok mengambil pendekatan pro-aktif untuk melindungi lingkungan
	Kemampuan inovasi(C ₂₂)	Desin produk inovatif dalam daur ulang
	Logistik ramah lingkungan(C ₂₃)	Meningkatkan perencanaan transportasi dan logistik yang efektif menurunkan polusi
Risiko	Tenaga kerja	Ketergantungan pemasok akan tenaga kerja
Pemasok(D ₃)	intensif(C ₃₁)	untuk memenuhi aktivitas produksi, mempertimbangkan produktivitas staf dan tingkat pergantian.

Dimensi	Kriteria	Definisi
	Stabilitas keuangan(C ₃₂)	Stabilitas keuangan pemasok
	Reputasi pemasok(C ₃₃)	Reputasi pemasok di perindustrian dan pengalaman kerja sama sebelumnya
	Keamanan informasi(C ₃₄)	Kemampuan komunikasi dan informasi pemasok yang berhubungan dengan GSCM, kerahasiaan yang dapat dipercaya

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Best Worst Method(BWM)

Metode BWM pertama kali diperkenalkan oleh Rezaei (2015) untuk memecahkan masalah *multi criteria decision-making*. Pada masalah MCDM, beberapa alternatif akan dievaluasi dengan kriteria – kriteria yang berhubungan untuk memilih alternative yang terbaik. Berdasarkan metode BWM, pilihan kriteria yang terbaik(contoh : sangat diinginkan, sangat penting) dan pilihan kriteria terburuk(contoh : sangat sedikit diinginkan, sangat sedikit penting) akan ditentukan pertama kali oleh pembuat keputusan. Selanjutnya dilakukan perbandingan perpasangan antara kriteria terbaik dan kriteria terburuk beserta kriteria lainnya.

Penelitian Rezaei (2015) juga menjelaskan bahwa metode BWM memiliki keunggulan berupa nilai pembobotan akhir dapat lebih dipercaya karena memberikan perbandingan yang lebih konsisten apabila dibandingkan dengan metode AHP. Sementara kebanyakan metode MCDM lainnya (mis. AHP), rasio konsistensi adalah ukuran untuk memeriksa apakah perbandingan dapat diandalkan atau tidak, sedangkan BWM rasio konsistensi digunakan untuk melihat tingkat *reliability* karena *output* BWM selalu konsisten.

2.3.2 Fuzzy Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje(FVIKOR)

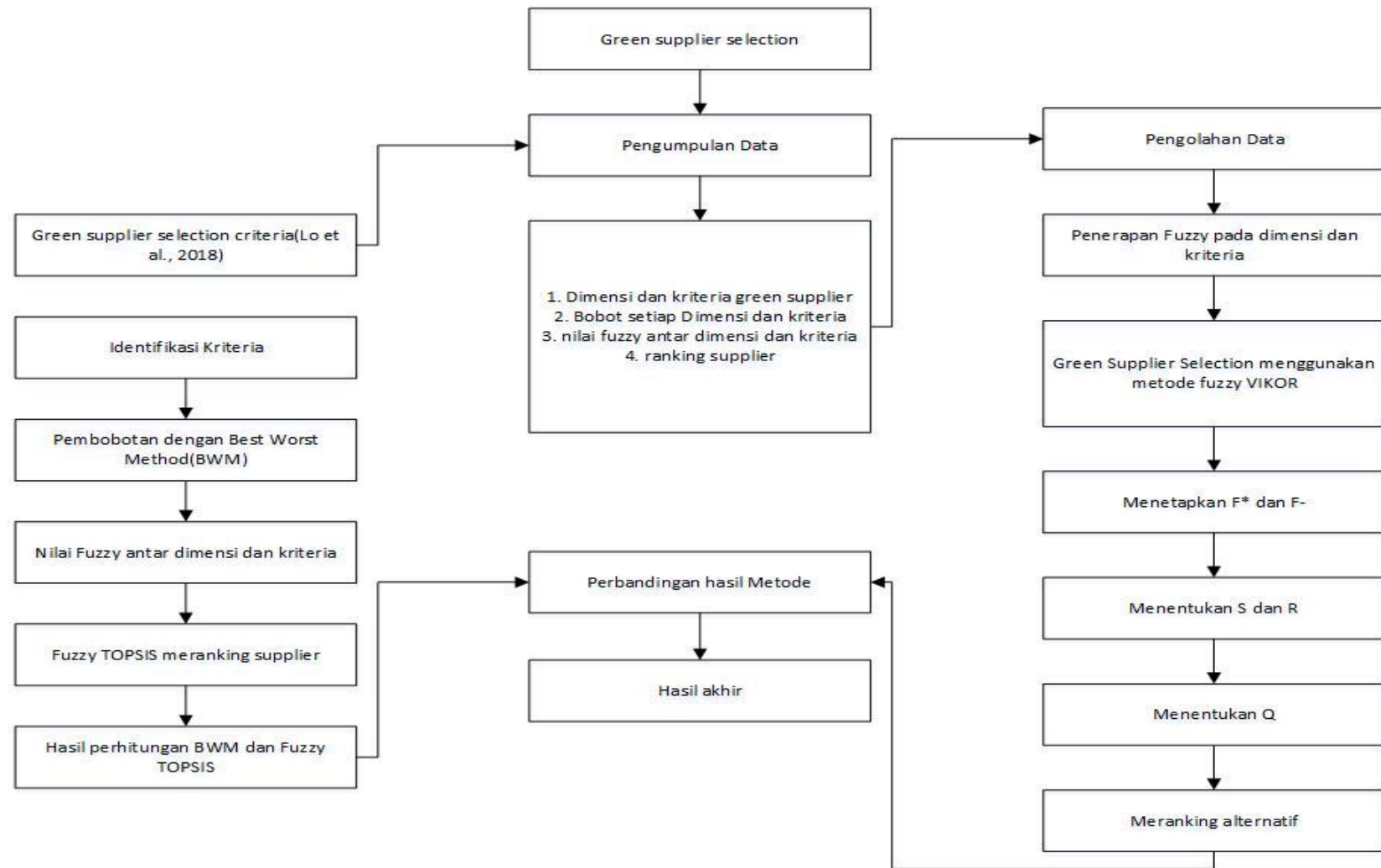
Konsep *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965, semenjak saat itu konsep *fuzzy* telah berkembang dengan berbagai cara dan banyak diterapkan di berbagai macam disiplin ilmu seperti kecerdasan buatan, ilmu komputer, kedokteran, *expert system*, logika, teknik control, ilmu manajemen, riset operasi, pengenalan pola, robotika dan teori keputusan dalam Zimmermann (2010). Konsep *fuzzy* dibuat untuk menyelesaikan ketidakpastian dan ketidakjelasan kognitif dari penilaian manusia, dengan memanfaatkan ilmu matematika maka ketidakpastian pemikiran dan penalaran manusia dapat diatasi (Kannan et al. 2014). Konsep *fuzzy* sendiri merupakan perpanjangan dari *crisp set theory* yang menggunakan istilah linguistik untuk mewakili pilihan pembuat keputusan. Pada kasus *fuzzy* MCDM, dimana rating dan pembobotan diperkirakan terdapat ketidakjelasan, ketidaktepatan, subjektivitas penilaian dinyatakan dalam istilah linguistik dan kemudian dikonversikan ke bilangan *fuzzy* (Kannan et al., 2014). *Triangular fuzzy numbers* (TFN) merupakan salah satu cara untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy* yang digunakan untuk meninjau preferensi dari pembuat keputusan agar memberikan kontribusi yang lebih mudah dan perhitungan yang sederhana.

Opricovic dan Tzeng (2004) merupakan peneliti yang mengajukan metode VIKOR. Tujuan utama dari metode ini untuk menemukan kesepakatan solusi dengan mempertimbangkan berbagai kriteria beserta alternatif pilihan yang ada. Selanjutnya Opricovic dan Tzeng (2007) membandingkan metode VIKOR dengan metode PROMETHEE, ELECTRE, dan TOPSIS dan disimpulkan bahwa metode VIKOR

memberikan hasil yang sama dengan PROMETHEE. Sebagai tambahan, metode VIKOR menyajikan hasil yang lebih realistis dan mudah diaplikasikan strategi pembuat keputusan. Di studi lainnya, Opricovic (2011) mulai menggabungkan konsep *fuzzy* pada metode VIKOR yang diaplikasikan untuk perencanaan sumber daya air.

Penelitian metode VIKOR saat ini banyak diintegrasikan dengan metode lainnya, seperti AHP dan ANP yang juga menerapkan konsep *fuzzy*. Studi Awasthi et al. (2018) mencoba pendekatan integrasi antara *fuzzy* AHP dan *fuzzy* VIKOR dalam memilih *multi-tier global sustainable supplier*. Riset menjelaskan bahwa risiko global belum menjadi kriteria utama dalam pemilihan pemasok. Sedangkan pada riset Valipour Parkouhi dan Safaei Ghadikolaie (2017) mengajukan metode *fuzzy* ANP dan teknik *grey* VIKOR, tingkat kepentingan elemen yang efektif dalam pemilihan pemasok *resilient* ditentukan melalui *fuzzy* ANP. Berdasarkan elemen – elemen tersebut, tingkat *resiliency* pemasok perusahaan ditentukan dengan metode *grey* VIKOR. Penelitian ini mengajukan metode *fuzzy* VIKOR dalam pemilihan pemasok yang ramah lingkungan.

2.4 Konseptual Model



Gambar 2. 2 Konseptual model *green supplier selection*

Penelitian ini membandingkan metode sebelumnya dengan metode yang diajukan berdasarkan penelitian lanjutan dari Lo et al., (2018). Data yang dibutuhkan berupa bobot masing – masing kriteria, nilai *fuzzy* antara kriteria dan pemasok dan yang terakhir adalah hasil dari perhitungan peringkat penelitian sebelumnya. Data – data tersebut akan diolah menggunakan metode VIKOR sebagai pembanding dengan metode TOPSIS. Hasil peringkat yang diperoleh metode VIKOR dibandingkan dengan TOPSIS dan dianalisa secara kualitatif.

2.5 Kesimpulan Kajian Literatur

Berdasarkan *study literatur review* (SLR) yang telah dilakukan, konsep *fuzzy set theory* dan integrasi MADM dalam memilih *green supplier* banyak digunakan oleh kalangan peneliti karena mempertimbangkan ketidakpastian dan ketidakjelasan kognitif dari penilaian manusia, dengan memanfaatkan ilmu matematika maka ketidakpastian pemikiran dan penalaran manusia dapat diatasi. Kebanyakan fokus penentuan kriteria berdasarkan faktor ekonomi dan lingkungan, namun dari kajian yang ditelaah *gap* berupa faktor politis belum menjadi kriteria yang dipertimbangkan dalam pemilihan *green supplier*. Celah selanjutnya, penelitian ke depan dapat menggabungkan pandangan dari pihak perusahaan dan pemasok agar pemasok dapat mengidentifikasi atribut yang diperlukan perusahaan Maditati et al., (2018).

Lo et al., (2018) menyatakan bahwa penelitiannya dapat diperluas dengan mengaplikasikan metode MADM berbeda seperti VIKOR, PROMETHEE, ELECTRE, atau GRI untuk membandingkan dengan model saat ini. Oleh karena itu, penelitian ini memakai *fuzzy VIKOR* yang hasilnya akan dibandingkan dengan penelitian Lo et al., (2018) yang menggunakan metode *fuzzy TOPSIS*.

BAB III

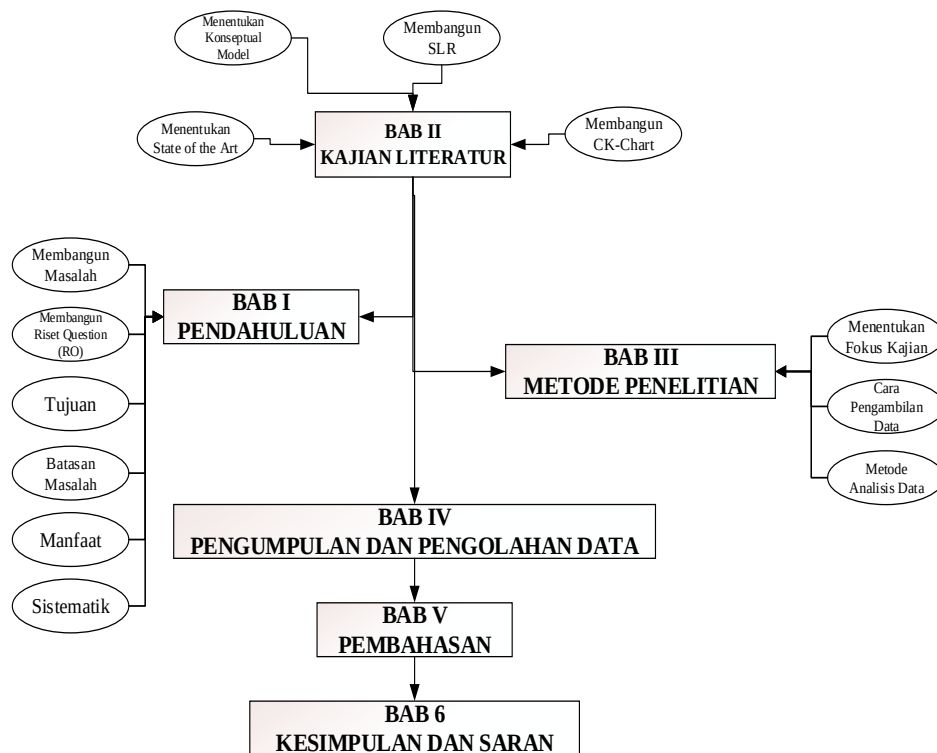
METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Pada studi yang dilakukan oleh Lo et al., (2018) yang mengajukan sebuah model yang terintegrasi antara *Best Worst Method*(BWM) dan *fuzzy TOPSIS* dalam pemilihan pemasok yang ramah lingkungan pada perusahaan elektronik di Taiwan. Selain meneliti *green supplier*, Lo et al., (2018) juga mencari alokasi pemesanan yang optimum dengan metode *fuzzy multi-object linear programming*. Penentuan kriteria pemilihan *green supplier* memperhatikan kondisi perusahaan seperti faktor produk, budaya, latar belakang, kompetensi pasar, strategi yang digunakan oleh perusahaan. Dari faktor – faktor tersebut terdapat 3 dimensi utama yang akan dinilai yaitu performa pemasok, perlindungan akan lingkungan dan risiko pemasok.

Dalam pengerjaannya, Lo et al., (2018) menentukan pembobotan kriteria dengan metode BWM yang dibagikan kepada 8 manajer perusahaan agar dapat mengetahui nilai perbandingan berpasangan. Sebagaimana yang dijelaskan oleh Rezaei (2015) bahwa metode BWM lebih unggul dan memberikan hasil yang lebih terpercaya dibandingkan metode AHP dan hasil metode BWM akan selalu konsisten, sedangkan penentuan peringkat pemasok mengaplikasikan metode *fuzzy TOPSIS*. Beberapa manfaat penelitian tersebut kepada kasus perusahaan diantaranya penentuan kriteria *green supplier* sangat cocok untuk evaluasi, dapat dipercaya dan efektif dalam evaluasi performa pemasok, dan membantu staf departemen pengadaan dalam menentuka alokasi pemesanan.

Penelitian lanjutan yang direkomendasikan oleh Lo et al., (2018) menjelaskan dapat diperluas dengan metode MADM berbeda dalam memilih pemasok dan metode *heuristic* yang berbeda menentukan alokasi pemesanan. Dengan memakai metode yang berbeda model yang diajukan dapat dibandingkan untuk mencari yang lebih baik. Metode MADM yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan *fuzzy VIKOR*.



Gambar 3. 1 Kerangka penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh berdasarkan kajian literatur perihal *green supplier selection* yang bersumber dari penelitian Lo et al., (2018)

3.3 Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh akan diolah dengan menggunakan metode yang telah diusulkan, untuk lebih rinci akan dijelaskan pada bagian BAB IV pengolahan data.

3.4 Metode Pengolahan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1) Data Sekunder

Data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu diperoleh melalui data yang telah diteliti dan dikumpulkan oleh pihak lain sebelumnya. Sebagai contohnya data yang diperoleh dari literatur – literatur yang sesuai dengan studi kasus.

2) Kajian Pustaka

Sumber – sumber yang peneliti peroleh berupa : buku, artikel atau jurnal dari internet, dan sumber lainnya yang relevan dengan studi kasus.

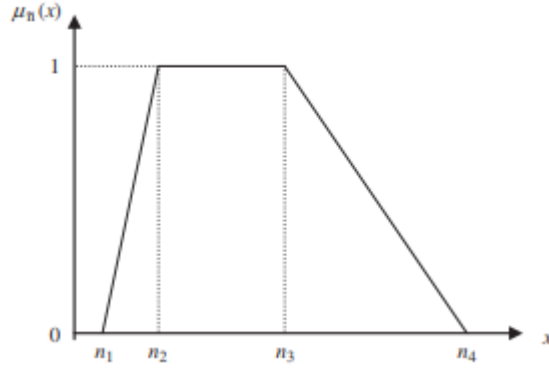
3.5 Fuzzy Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje(FVIKOR)

3.5.1 Fuzzy Set Theory

Berikut beberapa dasar pengertian *trapezoidal fuzzy numbers* menurut Chen et al. (2006) :

- 1) Sebuah *trapezoidal fuzzy numbers* positif ($\tilde{n}$) dapat didefinisikan sebagai (n_1, n_2, n_3, n_4). Fungsi anggota $\mu_{\tilde{n}}(x)$ adalah :

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} 0, & ; \quad x < n_1, \\ \frac{x-n_1}{n_2-n_1}, & ; \quad n_1 \leq x \leq n_2, \\ 1 & ; \quad n_2 \leq x \leq n_3, \\ \frac{x-n_4}{n_3-n_4}, & ; \quad n_3 \leq x \leq n_4, \\ 0 & ; \quad x > n_4, \end{cases} \quad (1)$$



Gambar 3. 2 Trapezoidal fuzzy number $\tilde{n}$

(Sumber : Chen et al., 2006)

- 2) Terdapat 2 *positive trapezoidal fuzzy numbers*(PTFN), yaitu $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$, $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ beberapa persamaan dari bilangan *fuzzy* $\tilde{m}$ dan $\tilde{n}$ dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$\tilde{m} \oplus \tilde{n} = [m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3, m_4 + n_4] \quad (2)$$

$$\tilde{m} \ominus \tilde{n} = [m_1 - n_4, m_2 - n_3, m_3 - n_2, m_4 - n_1] \quad (3)$$

$$\tilde{m} \otimes r = [m_1 r, m_2 r, m_3 r, m_4 r] \quad (4)$$

$$\tilde{m} \otimes \tilde{n} \cong [m_1 n_1, m_2 n_2, m_3 n_3, m_4 n_4] \quad (5)$$

- 3) *Defuzzification of trapezoidal fuzzy number*. Proses defuzzifikasi menggunakan pendekatan distribusi beta merupakan sebuah metode baru dalam mengubah bilangan *fuzzy* menjadi angka real (Rahmani et al., 2016). Misal bilangan *fuzzy* yang digunakan adalah $\tilde{\alpha} = (l, m_1, m_2, u)$, maka persamaan defuzzifikasi dengan pendekatan distribusi beta sebagai berikut :

$$\mu_{\tilde{\alpha}} = \frac{2l + 7m_1 + 7m_2 + 2u}{18} \quad (6)$$

Terdapat 7 klasifikasi yang dipakai Lo et al. (2018) pada variabel linguistik yaitu *very poor*(VP), *poor*(P), *medium – poor*(MP), *fair*(F), *medium – good*(MG), *good*(G) dan *very good*(VG). Berdasarkan klasifikasi tersebut maka istilah linguistik dan bilangan *fuzzy* dapat dilihat pada tabel :

Tabel 3. 1 linguistic terms and fuzzy number

<i>Linguistic terms</i>	<i>Codes</i>	<i>Fuzzy number</i>
<i>Very poor</i>	VP	(0, 0, 1, 2)
<i>Poor</i>	P	(1, 1, 2, 3)
<i>Medium poor</i>	MP	(2, 3, 4, 5)
<i>Fair</i>	F	(4, 5, 5, 6)
<i>Medium good</i>	MG	(5, 6, 7, 8)
<i>Good</i>	G	(7, 8, 8, 9)
<i>Very good</i>	VG	(8, 8, 10, 10)

3.5.2 Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje(VIKOR)

Metode VIKOR dikembangkan untuk optimasi multikriteria sistem yang kompleks. Ini menentukan daftar peringkat kompromi, solusi kompromi, dan interval stabilitas pembobotan. VIKOR berfokus pada pemberian peringkat dan memilih dari seperangkat alternatif, metode ini merupakan alat yang bermanfaat dalam pengambilan keputusan multikriteria, khususnya dalam situasi di mana pembuat keputusan tidak mampu, atau tidak tahu untuk mengekspresikan preferensinya pada awal desain sistem (Opricovic dan Tzeng, 2004). Berikut penjelasan metode VIKOR menurut (Opricovic dan Tzeng, 2004) :

Tahapan 1 : Menentukan kriteria dan bobot kriteria

Tahapan 2 : Menetapkan nilai kriteria

Tahapan 3 : Tentukan nilai F^* terbaik dan nilai F^- terburuk untuk semua fungsi kriteria $j = 1, 2, \dots, m$.

$$F_j^* = \max f_{ij}, F_j^- = \min f_{ij} \quad (7)$$

Tahapan 4 : hitung nilai S_j dan R_j ; $j = 1, 2, \dots, j$, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^- - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (8)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (9)$$

Dimana w_i adalah bobot dari kriteria, mengekspresikan kepentingan relatif. Nilai Q_j ($j = 1, 2, \dots, m$) dihitung untuk alternatif dan membatasi nilai profil dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_j = v \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (10)$$

$$S^* = \min_i S_i, S^- = \max_i S_i \quad (11)$$

$$R^* = \min_i R_i, R^- = \max_i R_i \quad (12)$$

Dimana v merupakan bobot strategi dari “kriteria utama”, yang mana nilai diantara 0 dan 1. Alternatif dan batasan profil akan di ranking dengan urutan naik berdasarkan nilai S , R , dan Q masing – masing kriteria.

Tahapan 5 : alternatif a harus memenuhi 2 persyaratan yaitu :

Acceptable advantage(C_1) : Dalam VIKOR, pernyataan berikut digunakan untuk memeriksa apakah alternatif dengan nilai Q terkecil (P_1) memiliki manfaat yang dapat diterima.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad (13)$$

Dimana $D(Q) = 1/(m-1)$ dan m mendemonstrasikan banyaknya alternatif

Acceptable stability(C_2) : Pada VIKOR, stabilitas yang dapat diterima dapat diperoleh apabila alternatif dengan nilai Q minimum juga mempunyai nilai R dan / atau S minimum. Solusi kompromi ini stabil dalam proses pengambilan keputusan, yang mana “*voting by majority rule*” (ketika nilai $v > 0.5$) dibutuhkan, atau “*by consensus*” (nilai $v \approx 0.5$), atau “*with veto*” ($v < 0.5$).

Jika salah satu kondisi tidak terpenuhi, maka seperangkat solusi kompromi akan akan diusulkan, dimana perangkat tersebut terdiri atas :

- 1) Alternative P_1 dan P_2 jika hanya tidak memenuhi kondisi C_2 , atau
- 2) Alternative $P_1, P_2, \dots, P_{(M)}$ jika kondisi C_1 tidak terpenuhi; dan $P_{(M)}$ ditentukan dengan hubungan $Q(P_{(M)}) - Q(P_1) < D(Q)$ (14)

3.5.3 Perbedaan VIKOR dan TOPSIS

Menurut Opricovic dan Tzeng, (2004) perbedaan antara metode TOPSIS dan VIKOR sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan prinsip dasar, indeks peringkat metode VIKOR diukur melalui paling dekatnya sebuah solusi terhadap solusi ideal. Sedangkan metode TOPSIS memiliki 2 referensi dalam mencari solusi ideal yaitu jarak terdekat solusi dengan solusi ideal dan jarak terjauh solusi terhadap solusi terburuk.
- 2) Kedua metode ini menggunakan normalisasi data yang berbeda, metode VIKOR menggunakan normalisasi linear sedangkan metode TOPSIS memakai normalisasi vektor.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Kriteria *Green Supplier Selection*

Dalam pemilihan pemasok yang ramah lingkungan, Lo et al., (2018) menentukan beberapa dimensi yang terdiri dari beberapa kriteria untuk memilih pemasok yang ramah lingkungan. Terdapat 3 dimensi yang ditetapkan yaitu performa pemasok(D₁), perlindungan lingkungan(D₂), dan risiko pemasok(D₃), berikut tabel dimensi beserta kriteria secara lengkap :

Tabel 4. 1 Dimensi dan kriteria *Green Supplier*(Sumber : Lo et al., 2018)

Dimensi	Kriteria	Definisi
Performa	Kualitas	Produk memiliki sertifikasi kualitas seperti ISO
Pemasok(D ₁)	Produk(C ₁₁)	9000, QS9000, dll.
	Pabrik ramah lingkungan(C ₁₂)	Produksi yang ramah lingkungan dan menekankan daur ulang
	Fleksibilitas pelayanan(C ₁₃)	Tingkat pelayanan yang sesuai dengan permintaan pelanggan dan apabila ada

Dimensi	Kriteria	Definisi
		perubahan pemesanan dapat mengirim dengan cepat
Perlindungan lingkungan(D ₂)	Performa lingkungan(C ₂₁)	Mematuhi peraturan lingkungan terhadap produk dan mengurangi limbah sebanyak mungkin. Pemasok mengambil pendekatan pro-aktif untuk melindungi lingkungan
	Kemampuan inovasi(C ₂₂)	Desin produk inovatif dalam daur ulang
	Logistik ramah lingkungan(C ₂₃)	Meningkatkan perencanaan transportasi dan logistik yang efektif menurunkan polusi
Risiko Pemasok(D ₃)	Tenaga kerja intensif(C ₃₁)	Ketergantungan pemasok akan tenaga kerja untuk memenuhi aktivitas produksi, mempertimbangkan produktivitas staf dan tingkat pergantian.
	Stabilitas keuangan(C ₃₂)	Stabilitas keuangan pemasok
	Reputasi pemasok(C ₃₃)	Reputasi pemasok di perindustrian dan pengalaman kerja sama sebelumnya
	Keamanan informasi(C ₃₄)	Kemampuan komunikasi dan informasi pemasok yang berhubungan dengan GSCM, kerahasiaan yang dapat dipercaya

4.1.2 Rekapitulasi Data

4.1.2.1 Perhitungan bobot berdasarkan BWM

Tabel 4. 2 Bobot dimensi dan kriteria(sumber : Lo et al., 2018)

Dimensi	Bobot	Kriteria	Bobot	Rank
D ₁	0.524	C ₁₁	0.294	1
		C ₁₂	0.109	4
		C ₁₃	0.121	3
D ₂	0.318	C ₂₁	0.084	5
		C ₂₂	0.161	2
		C ₂₃	0.073	6
D ₃	0.158	C ₃₁	0.010	10
		C ₃₂	0.073	7
		C ₃₃	0.036	9
		C ₃₄	0.039	8

4.1.2.1 Normalisasi *Fuzzy Matrix*

Tabel 4. 3 Normalisasi *Fuzzy Matrix*(sumber : Lo et al., 2018)

	S ₁					S ₂				S ₃				S ₄				S ₅				S ₆			
C ₁₁	0.4	0.7	0.75	1	0	0.26	0.29	0.6	0.2	0.44	0.53	0.8	0.5	0.85	0.94	1	0	0.26	0.29	0.6	0.2	0.44	0.53	0.8	
C ₁₂	0.4	0.63	0.68	0.9	0	0.31	0.35	0.8	0.2	0.51	0.56	1	0.5	0.85	0.94	1	0	0.31	0.35	0.8	0	0.31	0.35	0.8	
C ₁₃	0.2	0.58	0.65	0.9	0.2	0.48	0.53	1	0	0.4	0.45	0.9	0.2	0.8	0.88	1	0	0.4	0.45	0.9	0.2	0.58	0.65	0.9	
C ₂₁	0.5	0.7	0.75	0.9	0.7	0.89	0.98	1	0	0.24	0.28	0.6	0.2	0.44	0.53	0.8	0.2	0.44	0.53	0.8	0	0.24	0.28	0.6	
C ₂₂	0.5	0.75	0.78	0.9	0.7	0.89	0.98	1	0	0.31	0.35	0.6	0.2	0.51	0.6	0.8	0	0.31	0.35	0.6	0	0.31	0.35	0.6	
C ₂₃	0.4	0.73	0.76	1	0	0.23	0.29	0.6	0.2	0.44	0.53	0.8	0.5	0.81	0.9	1	0	0.23	0.29	0.6	0.2	0.44	0.53	0.8	
C ₃₁	0.1	0.41	0.48	0.8	0.4	0.83	0.89	1	0	0.23	0.29	0.6	0.2	0.64	0.7	0.9	0	0.23	0.29	0.6	0.2	0.64	0.7	0.9	
C ₃₂	0	0.3	0.36	0.6	0.2	0.51	0.56	0.8	0.5	0.7	0.75	0.9	0.7	0.88	0.95	1	0.2	0.51	0.56	0.8	0	0.3	0.36	0.6	
C ₃₃	0.2	0.61	0.69	0.9	0	0.24	0.31	0.6	0.2	0.5	0.54	0.8	0.7	0.88	0.95	1	0	0.24	0.31	0.6	0.2	0.61	0.69	0.9	
C ₃₄	0.2	0.66	0.71	0.9	0	0.2	0.28	0.5	0.2	0.5	0.54	0.8	0.7	0.89	0.98	1	0	0.2	0.28	0.5	0.2	0.5	0.54	0.8	

Tabel tersebut merupakan data normalisasi *fuzzy matrix*, pemasok dinotasikan dengan huruf “S”. Data tersebut merupakan penilaian ahli terhadap pemasok dengan indikator penilaian berupa kriteria yang dinotasikan dengan huruf “C”.

4.1.2.2 Hasil Perhitungan *Fuzzy* TOPSIS dan Ranking

Tabel 4. 4 Hasil Akhir *Fuzzy* Topsis(sumber: Lo et al., 2018)

	d_i^*	d_i^-	CC_i	RC_i	<i>Ranking</i>
S_1	0.402	0.687	0.037	0.518	2
S_2	0.552	0.550	-0.007	0.497	3
S_3	0.587	0.520	-0.017	0.492	4
S_4	0.335	0.770	0.059	0.530	1
S_5	0.693	0.422	-0.048	0.476	6
S_6	0.611	0.494	-0.024	0.488	5

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Defuzzification

Sebelum diolah menggunakan metode VIKOR, nilai matriks normalisasi *Fuzzy* diubah terlebih dahulu menjadi nilai real melalui proses *defuzzification*. Proses ini diperlukan karena data normalisasi *fuzzy matrix* masih bersifat *vector* sedangkan metode VIKOR data harus bersifat *linear*. Persamaan yang dipakai untuk defuzzification berdasarkan distribusi beta yang diajukan oleh Rahmani et al., (2016). Berikut hasil defuzzification yang telah dilakukan:

Tabel 4. 5 Defuzzification

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
C ₁₁	0.719444	0.280556	0.488333	0.862778	0.280556	0.488333
C ₁₂	0.653889	0.345556	0.549444	0.862778	0.345556	0.345556
C ₁₃	0.600556	0.526111	0.430556	0.786667	0.430556	0.600556
C ₂₁	0.719444	0.916111	0.268889	0.488333	0.488333	0.268889
C ₂₂	0.750556	0.916111	0.323333	0.542778	0.323333	0.323333
C ₂₃	0.735	0.268889	0.488333	0.831667	0.268889	0.488333
C ₃₁	0.446111	0.824444	0.268889	0.643333	0.268889	0.643333
C ₃₂	0.323333	0.527222	0.719444	0.900556	0.527222	0.323333
C ₃₃	0.627778	0.280556	0.515556	0.900556	0.280556	0.627778
C ₃₄	0.655	0.242222	0.515556	0.916111	0.242222	0.515556

4.2.2 VIKOR

4.2.2.1 Menentukan nilai F^* dan nilai F^-

Nilai F^* merupakan nilai *fuzzy* terbaik kriteria sedangkan nilai F^- adalah nilai *fuzzy* terburuk kriteria. Berikut merupakan nilai F^* dan F^- :

Tabel 4. 6 Nilai F^* dan F^-

	F^*	F^-
C_{11}	0.862778	0.280556
C_{12}	0.862778	0.345556
C_{13}	0.786667	0.430556
C_{21}	0.916111	0.268889
C_{22}	0.916111	0.323333
C_{23}	0.831667	0.268889
C_{31}	0.824444	0.268889
C_{32}	0.900556	0.323333
C_{33}	0.900556	0.280556
C_{34}	0.916111	0.242222

4.2.2.2 Menentukan nilai S_j dan R_j

Tahap selanjutnya dari metode Vikor adalah mencari nilai S_j dan R_j yang tertera pada persamaan (8) dan (9). Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Hasil perhitungan nilai S dan R

	S_j	R_j
S ₁	0.373425	0.073
S ₂	0.686747	0.294
S ₃	0.744088	0.18908
S ₄	0.160178	0.101398
S ₅	0.945734	0.294
S ₆	0.766132	0.18908

4.2.2.3 Menghitung nilai Q_j

Langkah terakhir dari metode VIKOR adalah menghitung nilai Q_j yang mana diperoleh melalui persamaan (10), urutan peringkat pemasok berdasarkan besar nilai Q, semakin kecil nilai Q maka semakin baik pilihan tersebut. Hasil perhitungan nilai Q_j adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Perhitungan nilai Q_j(v=0.5)

	Q	Rank
S ₁	0.13573	2
S ₂	0.835157	5
S ₃	0.634279	3
S ₄	0.06425	1
S ₅	1	6
S ₆	0.64831	4

Setelah memperoleh nilai Q_j yang memakai nilai v sebesar 0.5 maka langkah terakhir adalah menemukan solusi kompromi dengan memenuhi syarat berupa *acceptable advantage*(C1) dan *acceptable stability*(C2). Penentuan C1 mengikuti persamaan (13) dengan nilai DQ = 0.2, hasil perhitungan $Q(S_1) - Q(S_4) \geq D(Q)$ tidak memenuhi persamaan

tersebut karena bernilai 0.07, maka persyaratan *acceptable advantage*(C1) tidak terpenuhi. Lalu untuk persyaratan *acceptable stability*(C2) yaitu alternatif diterima apabila nilai v diganti $v > 0.5$ dan $v < 0.5$ memberikan hasil peringkat yang sama atau tidak jauh berbeda dengan nilai $v = 0.5$. Tabel peringkat dengan nilai v berbeda dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4. 9 perbandingan Nilai Q

Alternatif	Q(v=0.4)	Rank	Q(v=0.6)	rank
S ₁	0.108584	2	0.162876	2
S ₂	0.868125	5	0.802188	5
S ₃	0.612473	3	0.656085	3
S ₄	0.077099	1	0.0514	1
S ₅	1	6	1	6
S ₆	0.623698	4	0.672922	4

Penggunaan $v > 0.5$ dan $v < 0.5$ dengan nilai sebesar $v = 0.6$ dan $v = 0.4$ memperlihatkan hasil peringkat yang sama, hal ini memenuhi syarat *acceptable stability*(C2) bahwa peringkat alternatif dianggap stabil. Dari kedua persyaratan, hanya C2 yang memenuhi dan C1 tidak terpenuhi, maka solusi kompromi alternatif menggunakan persamaan (14) adalah S₄ dan S₁.

Berbeda dengan TOPSIS, penentuan peringkat pemasok yang terbaik ditentukan berdasarkan nilai yang terbesar. Berikut perbandingan hasil peringkat antara *fuzzy* TOPSIS dengan *fuzzy* VIKOR :

Tabel 4. 10 Perbandingan hasil TOPSIS dan VIKOR

Pemasok	TOPSIS		VIKOR	
	Bobot	Ranking	Bobot	Ranking
S ₁	0.518	2	0.13573	2
S ₂	0.497	3	0.835157	5
S ₃	0.492	4	0.634279	3
S ₄	0.53	1	0.06425	1
S ₅	0.476	6	1	6
S ₆	0.488	5	0.64831	4

BAB V

PEMBAHASAN

Penentuan pemasok yang ramah lingkungan menjadi salah satu topik yang mendapat banyak perhatian untuk diteliti dan memiliki dampak yang berarti terhadap performa dan imej perusahaan, tuntutan masyarakat yang menginginkan industri sehat bagi lingkungan membuat pemerintah memberlakukan berbagai regulasi untuk melindungi lingkungan. Pada penelitian yang telah dilakukan Lo et al., (2018) merancang sebuah model untuk memilih pemasok yang ramah lingkungan dengan menggunakan metode BWM dan *fuzzy* TOPSIS. Metode BWM diperlukan untuk menghitung bobot masing – masing dimensi dan kriteria penilaian pemasok, BWM lebih unggul dibandingkan dengan metode AHP karena lebih dapat dipercaya dan hasilnya pasti konsisten. Lalu metode untuk menentukan peringkat pemasok adalah *fuzzy* TOPSIS, penerapan konsep *fuzzy* dapat mengurangi ketidakpastian akan penilaian dari narasumber dan TOPSIS sebagai alat pendukung pembuat keputusan. Penelitian ini diperluas dengan menerapkan metode pendukung keputusan lainnya seperti VIKOR agar dapat dibandingkan dengan metode saat ini (Lo et al., 2018).

Data yang dibutuhkan dari penelitian sebelumnya berupa bilangan *fuzzy* dan bobot masing – masing kriteria yang telah diolah menggunakan metode BWM. Pada tahap awal pengerjaan, bilangan *fuzzy* tidak dapat diolah langsung oleh metode VIKOR karena pada VIKOR data harus bersifat real, oleh karena itu dibutuhkan proses defuzzification untuk mengubah bilangan trapezoidal *fuzzy* number menjadi bilangan real. Proses *defuzzification trapezoidal fuzzy number* menerapkan sebuah metode baru hasil penelitian dari Rahmani et al., (2016) dengan pendekatan distribusi beta. Tabel 4.5 merupakan nilai real dari bilangan *fuzzy* pada tabel 4.3 dengan menggunakan persamaan (6). Setelah diperoleh bilangan real, tahap awal dari metode VIKOR adalah menentukan nilai F^+ dan F^- dengan F^+ merupakan nilai

kriteria yang terbaik sedangkan F^- merupakan nilai yang terburuk. Tahapan selanjutnya adalah menentukan nilai S_j dan R_j melalui persamaan (8) dan (9) yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.7. Nilai S_j merupakan pendekatan dengan titik solusi terjauh dengan solusi ideal sedangkan nilai R_j adalah pendekatan dengan solusi terdekat dengan solusi ideal. Setelah diperoleh nilai tersebut maka menentukan nilai indeks VIKOR yaitu Q_j melalui persamaan (10), (11) dan (12) yang hasilnya terdapat pada tabel 4.8. Nilai indeks VIKOR ini akan menentukan solusi kompromi dari berbagai alternatif. Solusi kompromi merupakan suatu penyelesaian yang mendekati terhadap solusi ideal. Penentuan solusi kompromi berdasarkan 2 persyaratan yaitu *acceptable advantage*(C1) dan *acceptable stability*(C2), nilai Q_j yang diperoleh memenuhi syarat *acceptable stability*(C2) namun tidak memenuhi *acceptable advantage*(C1). Jika salah satu kondisi yang terpenuhi seperti kondisi tersebut maka menurut Opricovic dan Tzeng, (2004) solusi kompromi dapat ditentukan dengan persamaan (14) dengan hasil berupa S_4 dan S_1 .

Hasil peringkat metode TOPSIS dan VIKOR terlihat pada tabel 4.10, dimana hasil peringkat terdapat beberapa perbedaan. Seperti pada pemasok dengan kode S_2 , S_3 dan S_6 memperlihatkan adanya perubahan peringkat. Secara prinsip, pencarian solusi ideal dari kedua metode berbeda yang mana metode VIKOR mencari solusi dengan jarak paling dekat dengan solusi ideal sedangkan TOPSIS mencari solusi dengan memperhatikan kedekatan dengan solusi ideal dan letak jauhnya solusi terhadap solusi terburuk(Opricovic dan Tzeng, 2004). Perbedaan prinsip pengerjaan menjadi salah satu sebab mengapa terdapat perbedaan hasil peringkat TOPSIS dan VIKOR.

Solusi kompromi yang telah diperoleh dapat diterima bagi pembuat keputusan karena memberikan sekelompok manfaat maksimal untuk "majority", dan sesedikit mungkin memberikan penyesalan kepada "opponent". Solusi kompromi yang ideal menurut metode VIKOR adalah S_4 dan S_1 . Hasil pemasok yang ideal menurut metode TOPSIS juga memberikan hasil yang sama yaitu S_4 dan S_1 . Perbedaan ditunjukkan pada peringkat 3, 4 dan 5. Walaupun terdapat perbedaan hasil peringkat antara TOPSIS dan VIKOR namun perbedaan tersebut tidaklah terlalu besar seperti S_2 (3 ke 5), S_3 (4 ke 3), dan S_6 (5 ke 4). Pada metode VIKOR selisih bobot antara peringkat 1(S_4) dan peringkat 2(S_1) tidak terlalu besar

dengan nilai 0.07, namun jarak antara peringkat 2(S_1) dan peringkat 3(S_3) terpaut sangat besar yaitu 0.5, sedangkan metode TOPSIS tidak memberikan hasil yang serupa. Selisih peringkat pada metode TOPSIS yaitu peringkat 2(S_1) dan peringkat 3(S_2) sebesar 0.021.

Pada hasil metode VIKOR pemasok setelah peringkat peringkat 1(S_4) dan peringkat 2(S_1) menunjukkan bahwa pemasok terpaut jauh dari kedekatan terhadap solusi ideal sedangkan hasil metode TOPSIS cukup sulit menentukan sejauh mana pemasok atau alternatif dapat dikatakan ideal. Terlepas dari hal tersebut, baik metode TOPSIS dan metode VIKOR sama – sama memberikan hasil berupa 2 solusi teratas yaitu S_4 dan S_1 dan menetapkan S_5 sebagai pemasok yang terburuk dari keenam alternatif pemasok.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data, analisis, dan pembahasan pada bab sebelumnya maka kesimpulan dari penelitian ini adalah penerapan metode *fuzzy* VIKOR pada model pemilihan pemasok ramah lingkungan memberikan hasil berupa : $S_4 > S_1 > S_3 > S_6 > S_2 > S_5$ dimana nilai indeks VIKOR terbaik adalah S_4 sebesar 0.06425 dan nilai indeks VIKOR terburuk sebesar 1 diperoleh oleh S_5 . Solusi kompromi yang terpilih adalah S_4 dan S_1 , maka kedua pemasok tersebut yang mendekati solusi ideal atau pilihan terbaik perusahaan.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini dapat diperluas dan menjadi lebih baik dengan saran berupa penelitian ini dapat menggunakan metode MADM lainnya seperti PROMETHEE, ELECTRE, MAUT atau grey relational analysis untuk memperluas penelitian pemilihan pemasok.

DAFTAR PUSTAKA

- Awasthi, A., Govindan, K., & Gold, S. (2018). Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *International Journal of Production Economics*, 195, 106–117.
- Balasubramanian, S., & Shukla, V. (2017). Green supply chain management: an empirical investigation on the construction sector. *Supply Chain Management: An International Journal*, 22(1), 58–81.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., & Omid, M. (2016). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers and Operations Research*, 89, 337–347.
- Bastas, A., & Liyanage, K. (2018). Sustainable supply chain quality management: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 181, 726–744.
- Chatterjee, K., Pamucar, D., & Zavadskas, E. K. (2018). Evaluating the performance of suppliers based on using the R'AMATEL-MAIRCA method for green supply chain implementation in electronics industry. *Journal of Cleaner Production*, 184, 101–129.
- Chatzikontidou, A., Longinidis, P., Tsiakis, P., & Georgiadis, M. C. (2017). Flexible supply chain network design under uncertainty. *Chemical Engineering Research and Design*, 128, 290–305.
- Chen, C.-T., Lin, C.-T., & Huang, S.-F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289–301.
- de Oliveira, U. R., Espindola, L. S., da Silva, I. R., da Silva, I. N., & Rocha, H. M. (2018). A systematic literature review on green supply chain management: Research implications and future perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 187, 537–561.

- Demir, L., Akpınar, M. E., Araz, C., & Ilgın, M. A. (2018). A green supplier evaluation system based on a new multi-criteria sorting method: VIKORSORT. *Expert Systems with Applications*, 114, 479–487.
- Dobos, I., & Vörösmarty, G. (2018). Inventory-related costs in green supplier selection problems with Data Envelopment Analysis (DEA). *International Journal of Production Economics*.
- Dossou, P. E., & Nachidi, M. (2017). Modeling Supply Chain Performance. *Procedia Manufacturing*, 11, 838–845.
- Fang, C., & Zhang, J. (2018). Performance of green supply chain management: A systematic review and meta analysis. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1064–1081.
- Fernando, Y., Walters, T., Ismail, M. N., Seo, Y. W., & Kaimasu, M. (2018). Managing project success using project risk and green supply chain management. *International Journal of Managing Projects in Business*, 11(2), 332–365.
- Gupta, H., & 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.
- Hamdan, S., & Cheaitou, A. (2017). Supplier selection and order allocation with green criteria: An MCDM and multi-objective optimization approach. *Computers & Operations Research*, 81, 282–304.
- Hashemi, S. H., Karimi, A., & Tavana, M. (2015). An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. *International Journal of Production Economics*, 159, 178–191.
- Jia, F., Zuluaga-Cardona, L., Bailey, A., & Rueda, X. (2018). Sustainable supply chain management in developing countries: An analysis of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 189, 263–278.
- Kannan, D., Govindan, K., & Rajendran, S. (2015). Fuzzy axiomatic design approach based green supplier selection: A case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 96, 194–208.

- Kannan, D., Jabbour, A. B. L. de S., & Jabbour, C. J. C. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 432–447.
- Kauppi, K., & Hannibal, C. (2017). Institutional pressures and sustainability assessment in supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 22(5), 458–472.
- Kazancoglu, Y., Kazancoglu, I., & Sagnak, M. (2018). Fuzzy DEMATEL-based green supply chain management performance. *Industrial Management & Data Systems*, 118(2), 412–431.
- Laari, S., Töyli, J., & Ojala, L. (2017). Supply chain perspective on competitive strategies and green supply chain management strategies. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1303–1315.
- Lo, H.-W., Liou, J. J. H., Wang, H.-S., & Tsai, Y.-S. (2018). An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation. *Journal of Cleaner Production*, 190, 339–352.
- Maditati, D. R., Munim, Z. H., Schramm, H.-J., & Kummer, S. (2018). A review of green supply chain management: From bibliometric analysis to a conceptual framework and future research directions. *Resources, Conservation and Recycling*, 139, 150–162.
- Mishra, D., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., & Hazen, B. (2017). Green supply chain performance measures: A review and bibliometric analysis. *Sustainable Production and Consumption*, 10, 85–99.
- Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12983–12990.
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455.
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514–529.

- Rahmani, A., Hosseinzadeh Lotfi, F., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Allahviranloo, T. (2016). A New Method for Defuzzification and Ranking of Fuzzy Numbers Based on the Statistical Beta Distribution. *Advances in Fuzzy Systems*, 2016, 1–8.
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2014.11.009>
- Sari, K., & Suslu, M. (2018). A modeling approach for evaluating green performance of a hotel supply chain. *Technological Forecasting and Social Change*.
- Thakker, S. V., & Rane, S. B. (2018). Implementation of green supplier development process model in Indian automobile industry. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 29(5), 938–960.
- Valipour Parkouhi, S., & Safaei Ghadikolaei, A. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, 161, 431–451.
- Vanalle, R. M., Ganga, G. M. D., Godinho Filho, M., & Lucato, W. C. (2017). Green supply chain management: An investigation of pressures, practices, and performance within the Brazilian automotive supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 151, 250–259.
- Wu, C., & Barnes, D. (2016). An integrated model for green partner selection and supply chain construction. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2114–2132.
- Yazdani, M., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K., & Hashemkhani Zolfani, S. (2017). Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3728–3740.
- Zaid, A. A., Jaaron, A. A. M., & Talib Bon, A. (2018). The impact of green human resource management and green supply chain management practices on sustainable performance: An empirical study. *Journal of Cleaner Production*, 204, 965–979.
- Zimmermann, H.-J. (2010). Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 317–332.

LAMPIRAN

Data Penilaian Kriteria oleh Manager(sumber : Lo et al., 2018)

Criteria	Manager no.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C_{11}	G	MG	G	MG	MG	VG	G	F
C_{12}	G	MG	G	MG	MG	F	F	MG
C_{13}	F	MG	G	MG	MP	MG	MG	MG
C_{21}	G	MG	G	MG	MG	G	G	MG
C_{22}	G	MG	G	MG	G	G	G	G
C_{23}	G	MG	G	VG	G	G	F	MG
C_{31}	MG	F	F	MP	MP	MG	P	MP
C_{32}	P	MP	MP	VP	MP	F	F	MP
C_{33}	MP	VP	G	MG	MG	G	MG	MG
C_{34}	MP	VP	G	MG	G	G	G	MG

Data nilai fuzzy awal (sumber : Lo et al., 2018)

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C_{11}	(4, 7, 7.5, 10)	(0, 2.63, 2.88, 6)	(2, 4.38, 5.25, 8)	(5, 8.5, 9.38, 10)	(0, 2.63, 2.88, 6)	(2, 4.38, 5.25, 8)
C_{12}	(4, 6.25, 6.75, 9)	(0, 3.13, 3.5, 8)	(2, 5.13, 5.63, 10)	(5, 8.5, 9.38, 10)	(0, 3.13, 3.5, 8)	(0, 3.13, 3.5, 8)
C_{13}	(2, 5.75, 6.5, 9)	(2, 4.75, 5.25, 1)	(0, 4, 4.5, 9)	(2, 8, 8.75, 1)	(0, 4, 4.5, 9)	(2, 5.75, 6.5, 9)
C_{21}	(5, 7, 7.5, 9)	(7, 8.88, 9.75, 1)	(0, 2.38, 2.75, 6)	(2, 4.38, 5.25, 8)	(2, 4.38, 5.25, 8)	(0, 2.38, 2.75, 6)
C_{22}	(5, 7.5, 7.75, 9)	(7, 8.88, 9.75, 1)	(0, 3.13, 3.5, 6)	(2, 5.13, 6, 8)	(0, 3.13, 3.5, 6)	(0, 3.13, 3.5, 6)
C_{23}	(4, 7.25, 7.63, 10)	(0, 2.25, 2.88, 6)	(2, 4.38, 5.25, 8)	(5, 8.13, 9, 1)	(0, 2.25, 2.88, 6)	(2, 4.38, 5.25, 8)
C_{31}	(1, 4.13, 4.75, 8)	(4, 8.25, 8.88, 1)	(0, 2.25, 2.88, 6)	(2, 6.38, 7, 9)	(0, 2.25, 2.88, 6)	(2, 6.38, 7, 9)
C_{32}	(0, 3, 3.63, 6)	(2, 5.13, 5.63, 8)	(5, 7, 7.5, 9)	(7, 8.75, 9.5, 1)	(2, 5.13, 5.63, 8)	(0, 3, 3.63, 6)
C_{33}	(2, 6.13, 6.88, 9)	(0, 2.38, 3.13, 6)	(2, 5, 5.38, 8)	(7, 8.75, 9.5, 1)	(0, 2.38, 3.13, 6)	(2, 6.13, 6.88, 9)
C_{34}	(2, 6.63, 7.13, 9)	(0, 2, 2.75, 5)	(2, 5, 5.38, 8)	(7, 8.88, 9.75, 1)	(0, 2, 2.75, 5)	(2, 5, 5.38, 8)