

**ANALISIS *GREEN MANUFACTURING* DAN  
PELAKSANAANNYA UNTUK MENGATASI PENCEMARAN  
DENGAN PERSPEKTIF EKONOMI, SOSIAL, DAN  
LINGKUNGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TOPSIS**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU  
SYARAT MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1)  
PADA PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS  
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN  
AGUNG SEMARANG



**DISUSUN OLEH  
AMANDA ELA WIJAYA  
NIM 31602000018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
MEI 2024**

**FINAL PROJECT**

**ANALYSIS OF GREEN MANUFACTURING AND ITS  
IMPLEMENTATION TO OVERCOME POLLUTION WITH  
ECONOMIC, SOCIAL, AND ENVIRONMENTAL  
PERSPECTIVES USING FUZZY TOPSIS METHOD**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1)  
at Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial  
Technology, Universitas Islam Sultan Agung*



**Arranged By:**

**AMANDA ELA WIJAYA**

**NIM 31602000018**

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
MEI 2024**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS *GREEN MANUFACTURING* DAN PELAKSANAANNYA UNTUK MENGATASI PENCEMARAN DENGAN PERSPEKTIF EKONOMI, SOSIAL, DAN LINGKUNGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TOPSIS” ini disusun oleh:

Nama : Amanda Ela Wijaya

NIM : 31602000018

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Dr. Nurwidiana, ST.,MT

NIDN 0604027901

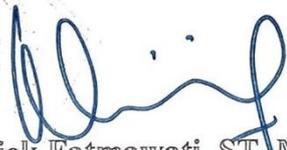


Wiwiek Fatmawati, ST.,M.Eng

NIDN 0622107401

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri



Wiwiek Fatmawati, ST.,M.Eng

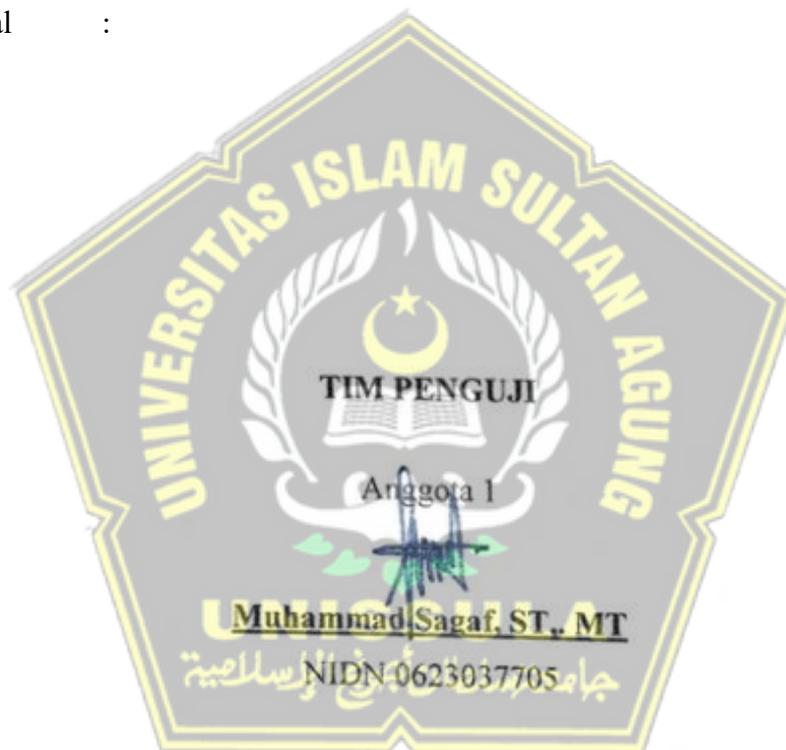
NIK 210600021

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS *GREEN MANUFACTURING* DAN PELAKSANAANNYA UNTUK MENGATASI PENCEMARAN DENGAN PERSPEKTIF EKONOMI, SOSIAL, DAN LINGKUNGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TOPSIS” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :



Ketua Penguji

Dr. Ir. Sukarno Budi Utomo, M.T

NIDN 0619076401

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

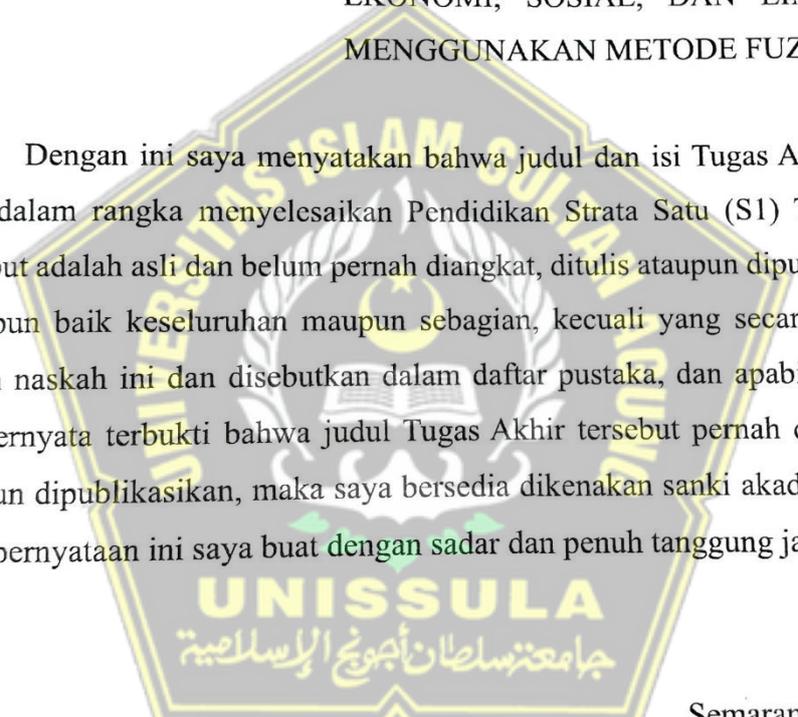
Nama : Amanda Ela Wijaya  
NIM : 31602000018  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS *GREEN MANUFACTURING* DAN PELAKSANAANNYA UNTUK MENGATASI PENCEMARAN DENGAN PERSPEKTIF EKONOMI, SOSIAL, DAN LINGKUNGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TOPSIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 22 Mei 2024

Yang Menyatakan

  
Amanda Ela Wijaya

  
  
METERAL TEMPEL  
F02AJX091828911

**PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Amanda Ela Wijaya

NIM : 31602000018

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

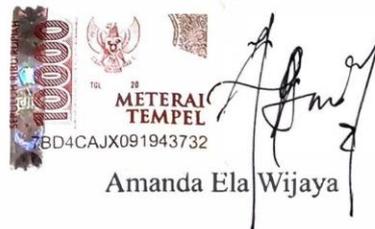
Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul :

**ANALISIS GREEN MANUFACTURING DAN PELAKSANAANNYA  
UNTUK MENGATASI PENCEMARAN DENGAN PERSPEKTIF  
EKONOMI, SOSIAL, DAN LINGKUNGAN MENGGUNAKAN METODE  
FUZZY TOPSIS**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, Mei 2024

Yang Menyatakan

  
METERAI  
TEMPEL  
BD4CAJX091943732  
Amanda Ela Wijaya

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil alamin, rasa syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas karunia berupa nikmat sehat nikmat iman yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua mendapat syafaat beliau di yaumul qiyamah kelak, aamiin.

Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk:

- Diri saya sendiri, yang telah bertanggung jawab dan berani menyelesaikan apa yang sudah menjadi pilihan yaitu menjadi lulusan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Industri.
- Kedua orang tua, adik beserta keluarga yang selalu memberi doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan cinta kasih yang tiada terhingga disetiap waktu. Semoga pencapaian ini dapat menjadi langkah awal untuk membuat mereka bangga.
- Kedua pembimbing tugas akhir, Ibu Dr. Nurwidiana, ST.,MT dan Ibu Wiwiek Fatmawati, ST.,M.Eng yang telah membimbing dengan sabar untuk menyelesaikan tugas akhir.
- Teman seperjuangan angkatan 2020, kebersamaan selama ini akan menjadi kenangan yang manis.

## HALAMAN MOTTO

“Man Jadda Wajada”

“Man Shabara Zhafira”

“Man Yazra’ Yahshud”

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al Insyirah Ayat 5)

”Salah satu hal yang menyenangkan dalam menghabiskan masa penantian adalah memaksimalkan bakti kepada orang tua”



## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr, Wb.

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis *Green Manufacturing* Dan Pelaksanaannya Untuk Mengatasi Pencemaran Dengan Perspektif Ekonomi, Sosial, Dan Lingkungan Menggunakan Metode Fuzzy TOPSIS” yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak, oleh karena itu secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan dan kemudahan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua dan segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Nurwidiana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama yang senantiasa memberikan arahan maupun bimbingan kepada penulis selama menempuh pendidikan S1 Teknik Industri di Fakultas Teknologi Industri UNISSULA serta Ibu Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing kedua dengan penuh kesabaran dan keikhlasan telah membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini hingga selesai. Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
4. Bapak Dr. Ir. Sukarno Budi Utomo, M.T. dan Bapak Muhammad Sagaf, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis, sehingga penulis dapat memaksimalkan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen pengajar, staff dan karyawan di Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama menempuh pendidikan S1.

6. Seluruh pihak CV. XYZ yang telah memberikan izin, membimbing, memberi arahan dan membantu penulis saat melakukan penelitian.
7. Teman – teman angkatan 2020 khususnya kelas A, terima kasih telah kebersamai dari awal hingga saat ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan, dukungan serta doa yang telah dipanjatkan, semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan kalian semua.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat terbuka untuk menerima segala saran maupun kritik yang membangun guna untuk kebaikan bersama dan dapat bermanfaat sebesar – besarnya bagi yang membaca.

Wassalamualaikum, Wr, Wb.

Semarang, 22 Mei 2024



Amanda Ela Wijaya



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL LAPORAN.....	i
<i>FINAL PROJECT TITLE PAGE</i> .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
HALAMAN MOTTO .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
ABSTRAK .....	xix
<i>ABSTRACT</i> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>8</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori .....	24
2.2.1 Kesehatan Lingkungan .....	24
2.2.2 <i>Green Manufacturing</i> .....	24
2.2.3 Limbah Industri Perusahaan .....	25
2.2.4 Pencemaran Lingkungan.....	26

2.2.5	Sumber Daya Manusia (SDM)	27
2.2.6	Sistem Pendukung Keputusan	27
2.2.7	Logika Fuzzy	28
2.2.8	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)</i>	30
2.2.9	Algoritma Metode Fuzzy TOPSIS	32
2.3	Hipotesis dan Kerangka Teoritis	35
2.3.1	Hipotesis	35
2.3.2	Kerangka Teoritis	36
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		<b>38</b>
3.1	Objek Penelitian	38
3.2	Teknik Pengumpulan Data	38
3.3	Pengolahan Data	39
3.4	Analisis Data	41
3.5	Pengujian Hipotesa	41
3.6	Penarikan Kesimpulan dan Saran	42
3.7	Diagram Alir Penelitian	43
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>		<b>46</b>
4.1	Pengumpulan Data	46
4.1.1	Produk	46
4.1.2	Proses Produksi Pupuk	47
4.1.3	Struktur Organisasi Perusahaan	49
4.1.4	Data Rekapitulasi Timbunan Limbah Perusahaan	51
4.1.5	Identifikasi Praktik <i>Green Manufacturing</i>	52
4.1.6	Identifikasi Kriteria <i>Green Manufacturing</i>	53
4.1.7	Identifikasi Faktor - Faktor Pendukung <i>Green Manufacturing</i>	53
4.1.8	Populasi dan Sampel Penelitian	55
4.1.9	Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Terhadap <i>Green Manufacturing</i>	56
4.1.10	Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bagi Penerapan <i>Green Manufacturing</i> di Perusahaan	58

4.1.11	Struktur Hierarki .....	62
4.2	Pengolahan Data.....	62
4.2.1	Mengubah Data Hasil Penilaian Kuesioner Menjadi <i>Fuzzy Rating</i> ....	63
4.2.2	Menghitung Aggregate <i>Fuzzy Rating</i> .....	64
4.2.3	Pembuatan <i>Fuzzy Decision Matrix</i> .....	65
4.2.4	Penormalan <i>Fuzzy Decision Matrix</i> .....	66
4.2.5	Perhitungan Matriks Normalisasi Berbobot .....	67
4.2.6	Perhitungan <i>Fuzzy Positive Ideal Solution</i> (FPIS) dan <i>Fuzzy Negative Ideal Solution</i> (FNIS) .....	68
4.2.7	Perhitungan Jarak Setiap Alternatif Dari FPIS dan FNIS.....	69
4.2.8	Perhitungan <i>Closeness Coefficient</i> (Cci) dari Masing-Masing Alternatif .....	71
4.2.9	Perankingan Faktor Pendukung <i>Green Manufacturing</i> .....	72
4.2.10	Struktur Hierarki Faktor Pendukung Beserta Nilai Cci .....	73
4.3	Analisa dan Interpretasi.....	74
4.3.1	Analisa Faktor Pendukung di Bidang Ekonomi .....	74
4.3.2	Analisa Faktor Pendukung di Bidang Sosial .....	75
4.3.3	Analisa Faktor Pendukung di Bidang Lingkungan.....	76
4.3.4	Interpretasi .....	78
4.4	Penyusunan Rekomendasi.....	78
4.4.1	Perspektif Ekonomi .....	79
4.4.2	Perspektif Sosial .....	80
4.4.3	Perspektif Lingkungan.....	80
4.5	Pembuktian Hipotesa.....	82
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>83</b>
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran .....	85

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Rekapitulasi Produksi Pupuk CV. XYZ.....	2
<b>Tabel 1.2</b> Rekapitulasi timbunan Limbah B3 dan Non B3 dari Kegiatan CV. XYZ .....	2
<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan Pustaka.....	16
<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan Pustaka (Lanjutan).....	17
<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan Pustaka (Lanjutan).....	18
<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan Pustaka (Lanjutan).....	19
<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan Pustaka (Lanjutan).....	20
<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan Pustaka (Lanjutan).....	21
<b>Tabel 2.2</b> Keterangan Penilaian Kriteria dan Alternatif Skala Likert .....	29
<b>Tabel 2.3</b> Variabel Linguistik Kriteria dan Alternatif.....	29
<b>Tabel 4.1</b> Rekapitulasi Timbunan Limbah Perusahaan .....	51
<b>Tabel 4.2</b> Praktik Yang Dapat Dilakukan Perusahaan Untuk Menangani Limbah.....	52
<b>Tabel 4.3</b> Kriteria <i>Green Manufacturing</i> .....	53
<b>Tabel 4.4</b> Faktor-Faktor Pendukung Konsep <i>Green Manufacturing</i> .....	54
<b>Tabel 4.4</b> Faktor-Faktor Pendukung Konsep <i>Green Manufacturing</i> (Lanjutan) .	55
<b>Tabel 4.5</b> Responden Penelitian.....	55
<b>Tabel 4.6</b> Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Ekonomi Terhadap <i>Green Manufacturing</i> .....	56
<b>Tabel 4.7</b> Rekapitulasi Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Ekonomi .....	56
<b>Tabel 4.8</b> Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Sosial Terhadap <i>Green Manufacturing</i> .....	57
<b>Tabel 4.9</b> Rekapitulasi Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Sosial	57
<b>Tabel 4.10</b> Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Lingkungan Terhadap <i>Green Manufacturing</i> .....	57
<b>Tabel 4.11</b> Rekapitulasi Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Lingkungan .....	57

<b>Tabel 4.12</b> Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Ekonomi Bagi Perusahaan .....	58
<b>Tabel 4.13</b> Rekapitulasi Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Ekonomi .....	59
<b>Tabel 4.14</b> Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Sosial Bagi Perusahaan.....	59
<b>Tabel 4.15</b> Rekapitulasi Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Sosial.....	60
<b>Tabel 4.16</b> Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Lingkungan Bagi Perusahaan .....	61
<b>Tabel 4.17</b> Rekapitulasi Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Lingkungan .....	61
<b>Tabel 4.18</b> <i>Fuzzy Rating</i> Kriteria Ekonomi .....	63
<b>Tabel 4.19</b> <i>Fuzzy Rating</i> Kriteria Sosial .....	63
<b>Tabel 4.20</b> <i>Fuzzy Rating</i> Kriteria Lingkungan.....	63
<b>Tabel 4.21</b> <i>Fuzzy Rating</i> Faktor Pendukung Bidang Ekonomi.....	63
<b>Tabel 4.22</b> <i>Fuzzy Rating</i> Faktor Pendukung Bidang Sosial.....	63
<b>Tabel 4.23</b> <i>Fuzzy Rating</i> Faktor Pendukung Bidang Lingkungan.....	64
<b>Tabel 4.24</b> <i>Aggregate Fuzzy Rating</i> Kriteria Ekonomi, Sosial, dan Lingkungan .	65
<b>Tabel 4.25</b> <i>Fuzzy Decision Matrix</i> Bidang Ekonomi.....	65
<b>Tabel 4.26</b> <i>Fuzzy Decision Matrix</i> Bidang Sosial.....	65
<b>Tabel 4.27</b> <i>Fuzzy Decision Matrix</i> Bidang Lingkungan.....	65
<b>Tabel 4.28</b> Penormalan <i>Fuzzy Decision Matrix</i> Bidang Ekonomi.....	66
<b>Tabel 4.29</b> Penormalan <i>Fuzzy Decision Matrix</i> Bidang Sosial .....	66
<b>Tabel 4.30</b> Penormalan <i>Fuzzy Decision Matrix</i> Bidang Lingkungan.....	67
<b>Tabel 4.31</b> Matriks Normalisasi Berbobot Bidang Ekonomi .....	67
<b>Tabel 4.32</b> Matriks Normalisasi Berbobot Bidang Sosial .....	68
<b>Tabel 4.33</b> Matriks Normalisasi Berbobot Bidang Lingkungan.....	68
<b>Tabel 4.34</b> Nilai FPIS dan FNIS Bidang Ekonomi.....	68
<b>Tabel 4.35</b> Nilai FPIS dan FNIS Bidang Sosial.....	69

<b>Tabel 4.36</b> Nilai FPIS dan FNIS Bidang Lingkungan.....	69
<b>Tabel 4.37</b> Jarak Tiap Faktor Dari FPIS Bidang Ekonomi.....	70
<b>Tabel 4.38</b> Jarak Tiap Faktor Dari FPIS Bidang Sosial .....	70
<b>Tabel 4.39</b> Jarak Tiap Faktor Dari FPIS Bidang Lingkungan .....	70
<b>Tabel 4.40</b> Jarak Tiap Faktor Dari FNIS Bidang Ekonomi .....	71
<b>Tabel 4.41</b> Jarak Tiap Faktor Dari FNIS Bidang Sosial .....	71
<b>Tabel 4.42</b> Jarak Tiap Faktor Dari FNIS Bidang Lingkungan.....	71
<b>Tabel 4.43</b> Cci Faktor Pendukung Bidang Ekonomi .....	72
<b>Tabel 4.44</b> Cci Faktor Pendukung Bidang Sosial.....	72
<b>Tabel 4.45</b> Cci Faktor Pendukung Bidang Lingkungan .....	72
<b>Tabel 4.46</b> Ranking Faktor Pendukung Bidang Ekonomi.....	72
<b>Tabel 4.47</b> Ranking Faktor Pendukung Bidang Sosial.....	73
<b>Tabel 4.48</b> Ranking Faktor Pendukung Bidang Lingkungan .....	73



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Grafik Produksi Pupuk CV. XYZ .....	2
<b>Gambar 1.2</b> Grafik Jumlah Timbunan Limbah B3 .....	2
<b>Gambar 1.3</b> Grafik Jumlah Timbunan Limbah <i>Non</i> B3 .....	2
<b>Gambar 2.1</b> Jenis dan Sumber Limbah B3 Pada Kegiatan Industri .....	26
<b>Gambar 2.2</b> Himpunan Fuzzy untuk Variabel BOD .....	29
<b>Gambar 2.3</b> Kerangka Teoritis .....	36
<b>Gambar 2.3</b> Kerangka Teoritis (Lanjutan) .....	37
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	43
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir (Lanjutan) .....	44
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir (Lanjutan) .....	45
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Alir Proses Produksi .....	47
<b>Gambar 4.2</b> Struktur Organisasi CV. XYZ .....	49
<b>Gambar 4.3</b> Struktur Hierarki .....	62
<b>Gambar 4.4</b> Struktur Hierarki Beserta Nilai Cci .....	74
<b>Gambar 4.5</b> Nilai Cci Masing-Masing Faktor Pendukung di Bidang Ekonomi..	75
<b>Gambar 4.6</b> Nilai Cci Masing-Masing Faktor Pendukung di Bidang Sosial.....	76
<b>Gambar 4.7</b> Nilai Cci Masing-Masing Faktor Pendukung di Bidang Lingkungan .....	77

## DAFTAR LAMPIRAN



## ABSTRAK

CV. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang agribisnis sebagai produsen pupuk dan pestisida. Pada penelitian ini difokuskan ke produksi pupuk yang merupakan *plant* 1. Permasalahan pada *plant* 1 adalah proses manufaktur yang belum sepenuhnya memperhatikan lingkungan dengan masih ditemukannya pencemaran. Pencemaran tersebut timbul akibat limbah yang dihasilkan dari manufaktur dengan jenis limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) dan limbah *non* B3. Limbah tersebut setiap tahunnya mengalami peningkatan seiring dengan jumlah pupuk yang diproduksi oleh perusahaan dan belum dilakukannya pengelolaan limbah secara merata. Dari hasil Observasi, diketahui bahwa persentase limbah B3 dan *non* B3 yang sudah mendapatkan pengelolaan adalah 36% dan yang belum mendapatkan pengelolaan adalah 64%. Selain adanya pencemaran lingkungan, permasalahan ini juga akan berpengaruh pada ekonomi dan sosial apabila terjadi kerusakan lingkungan dan terjadi gangguan pada kesehatan pekerja akibat pencemaran. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor yang mendukung perusahaan agar mau menerapkan praktik-praktik yang ramah lingkungan serta memberikan rekomendasi agar perusahaan mengetahui langkah yang perlu dilakukan untuk menerapkan praktik tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Fuzzy dan TOPSIS. Fuzzy digunakan untuk menyelesaikan penilaian dengan toleransi terhadap data yang tidak tepat dari kuesioner, sementara TOPSIS digunakan untuk merangking faktor pendukung berdasarkan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan. Ketiga perspektif tersebut digunakan dalam penentuan faktor pendukung agar perusahaan dapat berkembang dan bertahan dalam persaingan tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor prioritas di bidang ekonomi adalah tren pasar dengan nilai Cci 0,629, bidang sosial adalah permintaan pekerja dengan nilai Cci 0,594, bidang lingkungan adalah kepatuhan terhadap peraturan dengan nilai Cci 0,629. Berdasarkan faktor pendukung prioritas yang telah diketahui, maka rekomendasi yang diberikan berdasarkan perspektif ekonomi adalah dengan melaksanakan 3R yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Rekomendasi berdasarkan perspektif sosial adalah melibatkan karyawan dalam menjalankan praktik *green manufacturing* dengan adanya program pelatihan berupa pelatihan ISO 14001 dan pelatihan AMDAL. Rekomendasi berdasarkan perspektif lingkungan adalah menetapkan kebijakan perusahaan. Kebijakan yang dapat ditetapkan perusahaan diantaranya adalah penetapan batas limbah setiap departemen, budaya *zero waste*, penyediaan tempat penyimpanan semua jenis limbah, dan bekerjasama dengan pihak ketiga untuk mengelola semua jenis limbah.

Kata Kunci : Faktor Pendukung, Fuzzy, *Green Manufacturing*, TOPSIS

## **ABSTRACT**

*CV. XYZ is a company engaged in agribusiness as a producer of fertilisers and pesticides. This research focuses on fertiliser production which is plant 1. The problem at plant 1 is that the manufacturing process has not fully paid attention to the environment by still finding pollution. The pollution arises due to waste generated from manufacturing with toxic and hazardous waste (B3) and non-B3 waste. The waste has increased every year along with the amount of fertiliser produced by the company and waste management has not been carried out evenly. From the observation results, it is known that the percentage of B3 and non-B3 waste that has received management is 36% and those that have not received management is 64%. In addition to environmental pollution, this problem will also affect the economy and social if there is environmental damage and there is a disturbance in the health of workers due to pollution. This research was conducted to identify factors that support companies to implement environmentally friendly practices and provide recommendations so that companies know the steps that need to be taken to implement these practices. The methods used in this research are Fuzzy and TOPSIS. Fuzzy is used to complete the assessment with tolerance for imprecise data from the questionnaire, while TOPSIS is used to rank the supporting factors based on economic, social, and environmental perspectives. The three perspectives are used in determining supporting factors so that companies can develop and survive in competition without causing negative impacts on the environment. The results of this study show that the priority factor in the economic field is market trends with a Cci value of 0.629, the social field is labour demand with a Cci value of 0.594, the environmental field is compliance with regulations with a Cci value of 0.629. Based on the known priority supporting factors, the recommendations given based on the economic perspective are to implement the 3Rs, namely reduce, reuse, and recycle. Recommendations based on a social perspective are to involve employees in carrying out green manufacturing practices with training programmes in the form of ISO 14001 training and AMDAL training. Recommendation based on environmental perspective is to establish company policy. Policies that can be set by the company include setting waste limits for each department, zero waste culture, providing storage for all types of waste, and collaborating with third parties to manage all types of waste.*

**Keywords :** Fuzzy, Green Manufacturing, Supporting Factors, TOPSIS

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri merupakan kegiatan mengolah bahan mentah atau setengah jadi menjadi barang jadi (Peraturan Pemerintah Nomor 24 tahun 2009). Kegiatan industri yang dilakukan menimbulkan dampak negatif dan positif. Dampak positif dari kegiatan industri antara lain adalah pemenuhan kebutuhan manusia, penyediaan lapangan kerja, dan pertumbuhan ekonomi. Sebaliknya, dampak negatif dari kegiatan industri dapat berupa pencemaran lingkungan dan penipisan sumber daya alam. Kebijakan pengelolaan dan perlindungan lingkungan hidup di sektor industri saat ini belum sepenuhnya berhasil. Dalam kegiatan industri, sering terjadi pelanggaran seperti membuang limbah industri tanpa proses pengelolaan yang tepat sehingga menimbulkan pencemaran. Apabila perusahaan tidak ada upaya untuk memperbaiki dampak tersebut maka dalam masa yang akan datang kondisi ini dapat merugikan masyarakat maupun perusahaan.

CV. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dibidang agribisnis sebagai produsen pupuk dan pestisida. CV. XYZ memiliki 2 pabrik yaitu *plant 1* beralamat di Desa Kembangarum, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, Jawa Tengah yang memproduksi pupuk dan *plant 2* beralamat di Desa Bandungrejo, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, Jawa Tengah yang memproduksi pestisida. Pada penelitian ini, peneliti melakukan penelitian di *plant 1* karena berdasarkan hasil observasi, proses manufaktur pada *plant 1* belum sepenuhnya memperhatikan lingkungan perusahaan dengan masih ditemukannya pencemaran. Pencemaran timbul akibat limbah yang dihasilkan dari manufaktur dengan jenis limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) dan limbah *non B3*. Limbah B3 memiliki sifat dapat mencemari bahkan merusak lingkungan, kesehatan manusia serta makhluk lain (UU RI Nomor 32 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup 2009). Limbah tersebut setiap tahunnya mengalami peningkatan seiring dengan jumlah pupuk yang diproduksi oleh perusahaan.

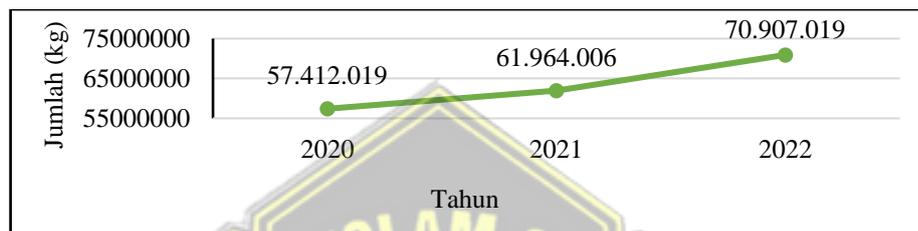
Produksi pupuk dan timbunan limbah pada *plant* 1 tahun 2020 sampai tahun 2022 dapat dilihat pada tabel dan gambar sebagai berikut.

**Tabel 1.1** Rekapitulasi Produksi Pupuk CV. XYZ

	2020 (kg)	2021 (kg)	2022 (kg)
<b>Produksi Pupuk</b>	57.412.019	61.964.006	70.907.019

Sumber : CV. XYZ

Grafik produksi pupuk tahun 2020 sampai tahun 2022 dapat dilihat pada gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Grafik Produksi Pupuk CV. XYZ

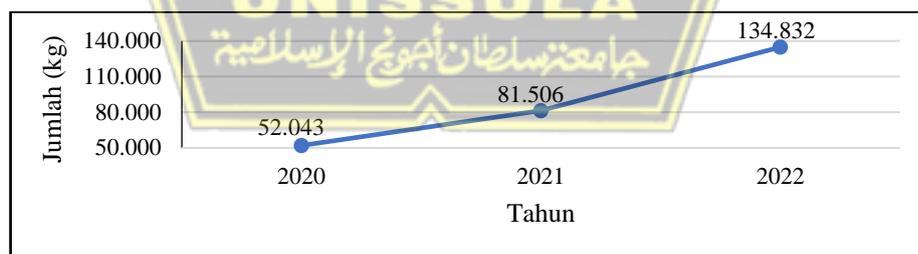
Rekapitulasi timbunan limbah B3 dan *non* B3 perusahaan pada *plant* 1 tahun 2020 sampai tahun 2022 dapat dilihat pada tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Rekapitulasi timbunan Limbah B3 dan Non B3 dari Kegiatan CV. XYZ

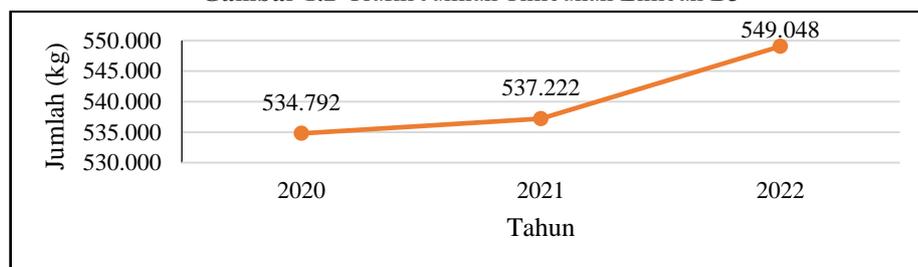
	2020 (kg)	2021 (kg)	2022 (kg)
<b>Limbah B3</b>	52.043	81.506	134.832
<b>Limbah Non B3</b>	534.792	537.222	549.048
<b>Total</b>	586.835	618.728	683.880

Sumber : CV. XYZ

Grafik timbunan limbah B3 dan *non* B3 dapat dilihat pada gambar 1.2 dan gambar 1.3.



**Gambar 1.2** Grafik Jumlah Timbunan Limbah B3



**Gambar 1.3** Grafik Jumlah Timbunan Limbah Non B3

Berdasarkan data dan grafik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa timbunan limbah B3 dan *non* B3 terus meningkat setiap tahunnya. Kondisi tersebut terjadi karena kenaikan produksi pupuk dan perusahaan belum melakukan pengelolaan limbah dengan baik. Peningkatan produksi pupuk dari tahun 2020 hingga 2021 adalah 5% dan peningkatan produksi pupuk dari tahun 2021 hingga 2022 adalah 11%. Peningkatan timbunan limbah dari tahun 2020 hingga 2021 adalah 8% dan peningkatan timbunan limbah dari tahun 2021 hingga 2022 adalah 16%. Dari hasil Observasi, diketahui bahwa persentase limbah B3 dan *non* B3 yang sudah mendapatkan pengelolaan adalah 36% dan yang belum mendapatkan pengelolaan adalah 64% (sumber : data perusahaan). Selain pencemaran lingkungan, dampak dari masalah ini juga akan berpengaruh pada ekonomi dan sosial apabila terjadi kerusakan lingkungan dan terjadi gangguan pada kesehatan pekerja akibat pencemaran. Perbaikan berkesinambungan yang ramah lingkungan yaitu konsep *green manufacturing* sangatlah penting untuk diterapkan perusahaan guna meminimalisir pencemaran akibat timbunan limbah yang semakin meningkat.

*Green manufacturing* merupakan konsep yang berfokus pada pembaruan proses produksi dan operasional yang bertujuan agar industri manufaktur menjadi lebih ramah lingkungan (Aviasti 2017). Konsep *green manufacturing* mampu meminimalkan dampak proses produksi bagi lingkungan seperti adanya pencemaran akibat timbunan limbah baik dalam wujud padat, cair, dan gas maupun limbah jenis B3 dan *non* B3. Selain itu, konsep *green manufacturing* juga akan mendorong perubahan yang positif dan mengajak industri lain agar meminimalkan pencemaran karena hal tersebut berdampak pada manusia dan makhluk hidup lain.

CV. XYZ memiliki kesadaran dan kemauan untuk meminimalisir bahan maupun kegiatan yang berdampak buruk terhadap lingkungan perusahaan serta para pekerja. Beberapa upaya dalam menjaga lingkungan sudah dilakukan perusahaan, seperti tersedianya IPAL, tempat sampah organik dan anorganik, serta tempat penyimpanan beberapa limbah B3. Namun, masih terdapat beberapa praktik yang perlu dilakukan oleh perusahaan karena terdapat limbah yang belum mendapatkan penanganan. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui praktik-praktik dalam menangani limbah dan mengetahui faktor yang mendukung

perusahaan agar mau menerapkan praktik-praktik yang berhubungan dengan konsep *green manufacturing*. Faktor pendukung tersebut ditentukan dengan cara melakukan perankingan dari beberapa faktor pendukung yang telah diketahui. Sebelum melakukan perankingan, dilakukan penilaian terhadap beberapa faktor pendukung melalui penyebaran kuesioner. Kuesioner disusun dengan bahasa yang mudah dimengerti dan sistem penilaian yang memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat sehingga diperoleh data yang mampu merepresentasikan data yang dibutuhkan.

Penentuan faktor pendukung konsep *green manufacturing* dilakukan dengan mempertimbangkan perspektif ekonomi, sosial dan lingkungan. Perspektif ekonomi mencakup aktivitas untuk mendapatkan keuntungan melalui proses produksi dan pemanfaatan sumber daya alam. Perspektif sosial mencakup hubungan dalam masyarakat. Perspektif lingkungan berdasarkan kombinasi kondisi fisik yang meliputi elemen-elemen alam seperti tanah, air, udara, dan energi, serta mempengaruhi perkembangan manusia. Ketiga perspektif tersebut digunakan dalam penentuan faktor pendukung agar perusahaan tetap berkembang dan bertahan dalam persaingan tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Setelah mengetahui faktor pendukung maka peneliti memberikan rekomendasi agar perusahaan pada *plant 1* mengetahui langkah apa yang harus dilakukan dalam menerapkan konsep ramah lingkungan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Apa praktik *green manufacturing* yang sesuai untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah di CV. XYZ *Plant 1* ?
2. Apa faktor-faktor yang mendukung CV. XYZ *Plant 1* agar mau menerapkan praktik ramah lingkungan ?
3. Berapa nilai preferensi faktor-faktor yang mendukung CV. XYZ *Plant 1* agar mau menerapkan praktik ramah lingkungan ?

4. Apa rekomendasi yang diberikan agar CV. XYZ *Plant* 1 mengetahui langkah yang harus dilakukan dalam menerapkan praktik ramah lingkungan ?

### 1.3 Pembatasan Masalah

Agar tujuan awal dari penelitian ini tidak menyimpang maka ditentukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di CV. XYZ *plant* 1 yang memproduksi pupuk.
2. Penelitian dilakukan dalam kurun waktu lima bulan dimulai dari November 2023 hingga Maret 2024.
3. Data yang digunakan merupakan data hasil penelitian dari perusahaan yang terdiri dari dokumentasi, observasi, wawancara, dan kuesioner.
4. Penelitian dilakukan sebatas analisis dan pemberian rekomendasi, tidak sampai implementasi pada perusahaan.

### 1.4 Tujuan

Berdasarkan uraian dari latar belakang dan perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui praktik *green manufacturing* yang sesuai untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah di CV. XYZ *Plant* 1.
2. Mengetahui faktor-faktor yang mendukung CV. XYZ *Plant* 1 agar mau menerapkan praktik ramah lingkungan.
3. Menentukan nilai preferensi faktor-faktor yang mendukung CV. XYZ *Plant* 1 agar mau menerapkan praktik ramah lingkungan.
4. Memberikan rekomendasi agar CV. XYZ *Plant* 1 mengetahui langkah yang harus dilakukan dalam menerapkan konsep ramah lingkungan.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin didapatkan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

### 1. Manfaat Akademis

Hasil penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat bermanfaat dalam memberikan pengetahuan mengenai identifikasi faktor pendukung konsep *green manufacturing* dan dapat menjadi referensi untuk para peneliti yang melakukan penelitian dengan konsep atau tema yang serupa di kemudian hari.

### 2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian yang dilakukan diharapkan dapat membantu atau memberi rekomendasi sehingga perusahaan akan mengetahui langkah apa yang harus dilakukan agar tercapai lingkungan perusahaan yang memiliki konsep *green manufacturing*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini terbagi menjadi 5 bab dengan sistematika sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan memaparkan latar belakang dari isu-isu yang akan dibahas dalam penelitian. Hal ini mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penyusunan laporan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEÓRI

Bab ini menjelaskan metodologi yang akan digunakan dan teori-teori pendukung untuk menyelesaikan isu-isu dalam proses penelitian yang akan dilakukan.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menggambarkan langkah-langkah dalam proses penelitian yang dilakukan sebagai upaya untuk mengatasi masalah. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan solusi yang sesuai dengan tujuan penelitian.

#### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pembahasan melibatkan penyajian data terkait penelitian dan mengatasi masalah yang ada dalam penelitian yang dilakukan. Bagian ini akan mengungkapkan hasil analisis data yang diperoleh dari objek penelitian.

#### BAB V PENUTUP

Penutup menguraikan temuan-temuan dari hasil penelitian dan memberikan rekomendasi kepada perusahaan berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka atau *literature review* merupakan referensi-referensi yang berisi teori-teori, temuan-temuan, dan penelitian terdahulu yang didapatkan dari bahan referensi untuk dijadikan landasan kegiatan penelitian dalam merumuskan kerangka pemikiran yang jelas dari rumusan masalah yang akan diteliti.

Berikut ini merupakan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan akan digunakan sebagai pembanding serta acuan dalam penelitian ini. Penelitian yang dilakukan Varinder Kumar Mittal, dan Kuldip Singh Sangwan pada tahun 2014 berjudul “*Prioritizing Drivers for Green Manufacturing: Environmental, Social and Economic Perspectives* (Memprioritaskan Pendorong Manufaktur Ramah Lingkungan: Lingkungan, Sosial dan Ekonomi)” menggunakan *tools* fuzzy TOPSIS. Penelitian ini mengungkapkan bahwa kebijakan di sektor manufaktur secara signifikan menghabiskan sumber daya energi, mengeluarkan gas rumah kaca yang cukup besar, dan berkontribusi terhadap masalah lingkungan seperti perubahan iklim dan pemanasan global. Terlepas dari tantangan-tantangan ini, penerapan *Green Manufacturing* (GM) sangatlah penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan praktik manufaktur hijau di perusahaan manufaktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa insentif adalah pendorong paling penting. Dengan demikian maka pemerintah harus memberikan insentif kepada industri untuk mendorong mereka berinvestasi dalam teknologi ramah lingkungan dalam bentuk potongan pajak, penghargaan kinerja lingkungan, dan lain-lain (Mittal and Sangwan 2014).

Penelitian yang dilakukan Kannan Govindan, Ali Diabat, dan K. Madan Shankar pada tahun 2015 berjudul “*Analyzing The Drivers of Green Manufacturing with Fuzzy Approach* (Analisis Faktor Pendukung Manufaktur Ramah Lingkungan dengan Pendekatan Fuzzy)” menggunakan *tools* fuzzy AHP. Peneliti menyelidiki kebijakan-kebijakan perusahaan manufaktur sehubungan dengan penerapan faktor-faktor yang mendukung proses produksi yang ramah lingkungan. Penelitian ini

berfokus pada 120 perusahaan terkemuka di India Selatan, yang menyadari kurangnya kesadaran penuh di antara masyarakat India mengenai keuntungan dari menggabungkan manufaktur hijau ke dalam proses produksi mereka. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai inisiatif dalam meningkatkan kesadaran di antara warga India dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang mendukung penerapan *green manufaktur*. Hasil dari penelitian diperoleh kepatuhan terhadap peraturan memiliki bobot tertinggi. Tekanan dari pemangku kepentingan dan pelanggan menempati peringkat kedua dan ketiga. Manfaat finansial menempati urutan keempat. Pesaing menempati posisi kelima dalam peringkat prioritas. Penggerak lain juga membantu penerapan manufaktur ramah lingkungan di industri karena manfaatnya yang relevan. Untuk mengetahui pengaruh hasil penelitian ini, setelah tiga bulan, tim peneliti melakukan pendekatan kepada manajer industri melalui surat, pertanyaan melalui telepon, dan pertemuan langsung untuk memeriksa apakah ada perubahan positif akibat hasil yang diperoleh (Govindan, Diabat, and Madan Shankar 2015).

Penelitian yang dilakukan Devika Kannan, Kannan Govindan, dan Sivakumar Rajendran pada tahun 2015 berjudul "*Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore* (Pendekatan Fuzzy Axiomatic Design berdasarkan pemilihan pemasok ramah lingkungan: studi kasus dari Singapura)" menggunakan *tools Fuzzy Axiomatic Design (FAD)*. Fokus inti dari penelitian ini adalah identifikasi dan pemilihan pemasok yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dalam kerangka kerja multi-kriteria untuk perusahaan manufaktur yang berbasis di Singapura. Secara khusus, kriteria lingkungan berkaitan dengan bahan yang terlibat dalam proses pembuatan plastik, yang mencakup pertimbangan seperti biaya pemrosesan, penanganan, penyimpanan, dan transportasi. Selain itu, penekanan juga diberikan pada proses pembuangan, dengan menekankan bahwa bahan tersebut tidak boleh menimbulkan bahaya dan harus kondusif untuk didaur ulang. Perusahaan manufaktur berkomitmen untuk mengembangkan produk baru dengan menggunakan bahan baku yang diperoleh dari pemasok yang dipilih berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Pendekatan sistematis ini juga digunakan untuk menganalisis pemasok yang tidak sesuai

dengan persyaratan yang ditentukan perusahaan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa seluruh rantai pasokan mematuhi praktik-praktik yang ramah lingkungan, mulai dari pengadaan bahan baku hingga pembuangan, sejalan dengan komitmen perusahaan terhadap manufaktur yang ramah lingkungan dan bertanggung jawab. Pemasok 1, 2, dan 3 tidak terpilih meskipun unggul dalam kriteria tertentu. Secara khusus, Pemasok 1 menunjukkan keunggulan dalam kriteria C13, C23, C41, C63, C112, dan C115, sedangkan Pemasok 2 unggul dalam C14, C73, dan C114. Namun, pemasok ini menghadapi tantangan dalam memenuhi kriteria hijau, seperti efisiensi lingkungan (C52), inisiatif pengendalian polusi (C73), produksi ulang (C87), pembuangan (C88), pengkodean dan pencatatan material hijau (C96), perencanaan proses produksi hijau (C103), proyek litbang hijau (C106), dan lain-lain. Hasilnya, Pemasok 5 muncul sebagai pilihan utama karena jumlah skor konten informasi yang rendah di semua kriteria ( $IA = 39,27$ ), yang menunjukkan tingkat keselarasan yang lebih tinggi dengan tujuan ramah lingkungan dan keberlanjutan perusahaan dibandingkan dengan pemasok lainnya. Proses seleksi mencerminkan evaluasi komprehensif yang memprioritaskan pemasok dengan komitmen menyeluruh terhadap praktik ramah lingkungan dan keberlanjutan (Kannan, Govindan, and Rajendran 2015).

Penelitian yang dilakukan Nevil S. Gandhi, Shashank J. Thanki, dan Jitesh J. Thakkar pada tahun 2017 berjudul “*Ranking of Drivers for Integrated Lean-Green Manufacturing for Indian Manufacturing SMEs* (Pemeringkatan Pendukung Manufaktur Ramping dan Ramah Lingkungan yang Terintegrasi untuk UKM Manufaktur India)” menggunakan *tools* SAW dan fuzzy TOPSIS. Pada penelitian ini diketahui bahwa Usaha Kecil dan Menengah (UKM) berkontribusi setidaknya 13 persen dari konsumsi energi tahunan. Khususnya, pemanfaatan sumber daya alam di India melonjak dari 82,5 juta ton di tahun 2002 menjadi 122,5 juta ton di tahun 2012. Kesenjangan pengetahuan ini mendorong dilakukannya penelitian ini. Mengingat kebutuhan mendesak untuk mengatasi tantangan lingkungan, termasuk penipisan sumber daya alam, polusi, dan pemanasan global, UKM India harus merangkul strategi seperti *Green Manufactur* (GM). Untuk menjelaskan faktor-faktor yang mendukung implementasi manufaktur ramping dan hijau terintegrasi

dalam konteks ini, penelitian ini menggunakan metode SAW dan fuzzy *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Lima faktor pendukung teratas yang diidentifikasi melalui metode ini adalah komitmen perusahaan, teknologi terbarukan, peraturan yang berlaku saat ini, citra merek hijau, dan peraturan yang diantisipasi di masa depan (Gandhi, Thanki, and Thakkar 2018).

Penelitian yang dilakukan Aviasti, Reni Amaranti, dan Ootong Rukmana pada tahun 2017 berjudul “Berbagi Pengetahuan Pada Penerapan *Green Manufacturing GM* di Kawasan Industri” menggunakan *tools* kualitatif dengan studi literatur. Penelitian ini diketahui bahwa penerapan konsep *Green Manufacturing* di perusahaan-perusahaan masih terbatas. Banyak pemimpin perusahaan yang menganggap penerapan *Green Manufacturing* sebagai penghambat profitabilitas daripada sebagai peluang untuk maju. Penelitian ini mempelajari proses berbagi pengetahuan yang terkait dengan penerapan *Green Manufacturing* di lingkungan industri, dan menyoroti faktor-faktor yang berpengaruh. Temuan menunjukkan bahwa faktor organisasi memainkan peran penting dalam membentuk dinamika berbagi pengetahuan yang terkait dengan penerapan *Green Manufacturing* di area industri, terutama dalam bidang budaya organisasi, dukungan manajemen, dan struktur organisasi. Budaya organisasi yang mendorong keterbukaan dan kesadaran lingkungan kondusif untuk berbagi pengetahuan yang efektif dalam praktik *Green Manufacturing*. Selain itu, dukungan yang kuat dari manajemen sangat penting dalam mendorong dan memfasilitasi pertukaran pengetahuan tentang *Green Manufacturing*. Selain itu, penelitian ini menggarisbawahi pentingnya struktur organisasi. Struktur yang terdefinisi dengan baik yang mencakup bagian manajemen lingkungan meningkatkan kemudahan berbagi pengetahuan tentang implementasi *Green Manufacturing*. Perusahaan yang memiliki bagian khusus yang bertanggung jawab atas aspek-aspek *Green Manufacturing* lebih mahir dalam menyebarkan informasi dibandingkan dengan perusahaan yang tidak memiliki divisi organisasi semacam itu. Struktur organisasi yang jelas merampingkan berbagi pengetahuan, bahkan secara informal dan insidental, di antara semua pemangku kepentingan dalam lingkungan industri (Aviasti 2017).

Penelitian yang dilakukan Petir Papilo, Taufik Djatna, Yandra Arkeman, dan Marimin pada tahun 2018 berjudul “Penerapan Fuzzy TOPSIS dalam Penentuan Lokasi Kawasan Pengembangan Rantai Pasok Bioenergi Kelapa Sawit” menggunakan *tools* fuzzy TOPSIS. Penelitian ini diketahui bahwa dibentuknya agroindustri yang mendukung sistem pasokan bioenergi sangat berhubungan dengan pemilihan lokasi. Aspek lokasi melibatkan prioritas identifikasi lokasi yang paling optimal di antara berbagai alternatif, yang sangat penting untuk menentukan penempatan berbagai fasilitas secara efisien. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi lokasi yang optimal dalam pengembangan agroindustri bioenergi dalam rantai pasok tertentu. Setelah menganalisis lima wilayah target potensial untuk pengembangan agroindustri bioenergi di Provinsi Riau yaitu Kawasan Industri Kuala Enok, Kawasan Perkebunan Kelapa Sawit di Rokan Hulu, Kawasan Industri Pelintang Dumai, Kawasan Perkebunan Kelapa Sawit di Bagan Batu Rokan Hilir, dan Kawasan Teknopolitan di Kabupaten Pelalawan-penelitian ini mengidentifikasi Kawasan Industri Pelintang Dumai sebagai lokasi yang paling sesuai. Pemilihan ini dilakukan berdasarkan analisis komprehensif dari berbagai faktor, yang menunjukkan bahwa Kawasan Industri Pelintang Dumai merupakan pilihan optimal untuk pengembangan agroindustri bioenergi yang ditargetkan dalam rantai pasok di wilayah tersebut (Papilo et al. 2018).

Penelitian yang dilakukan Lira Agusinta, Sandriana Marina, Peppy Fachrial, Yuwono Dwisilo Sucipto, dan Husni Hasan pada tahun 2022 berjudul “Analisis Pengaruh *Green Manufacturing*, *Green Distribution*, dan *Reverse Logistics* dalam Membangun *Green Supply Chain Management*” menggunakan *tools* regresi berganda. Permasalahan pada penelitian ini adalah penumpukan bahan baku dan kemasan yang kadaluarsa karena berlebihan, yang disebabkan oleh ketidakcukupan dalam perencanaan produksi, pembelian, dan proses penjualan, menghasilkan limbah dalam jumlah yang signifikan. Limbah ini tidak hanya tidak terpakai tetapi juga menimbulkan beban keuangan tambahan karena harus dibuang. Temuan dari penelitian ini menunjukkan adanya kebutuhan kritis untuk pertimbangan yang cermat dalam aspek operasional ini untuk meminimalkan timbulan limbah dan

biaya yang terkait. Mengenai pengaruh langsung dari *Green Manufacturing*, *Green Distribution*, dan *Reverse Logistics* terhadap *Green Supply Chain Management*, studi ini menyimpulkan bahwa dalam pembangunan GSCM, *Reverse Logistics* memainkan peran utama dengan pengaruh sebesar 49,9%. *Green Distribution* mengikuti dengan dampak 26,3%, dan *Green Manufacturing* memiliki kontribusi 12,3%. Yang penting, terdapat pengaruh tidak langsung dari *Green Manufacturing* terhadap *Green Supply Chain Management* melalui variabel perantara *Reverse Logistics*. Pengaruh tidak langsung ini menekankan sifat saling keterkaitan dari komponen-komponen tersebut dalam membangun rantai pasok hijau yang efektif dan berkelanjutan (Agusinta et al, 2022).

Penelitian yang dilakukan Desty Fara Auliya pada tahun 2021 berjudul “Analisis Penentuan Faktor Pendorong dalam Penerapan *Green Manufacturing* di PT. Aneka Adhilogam Karya dengan Metode Fuzzy TOPSIS” menggunakan *tools* fuzzy TOPSIS. Penelitian ini dilakukan dengan mengamati proses produksi, ditemukan adanya limbah pasir yang tidak dikelola yang menyebabkan pencemaran tanah. Selain itu, emisi dari proses pengecoran menimbulkan bahaya kesehatan bagi para pekerja, dan pencemaran lingkungan. Hal ini tidak hanya berdampak pada lingkungan tetapi juga membawa konsekuensi ekonomi dan sosial, yang berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan dan kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor utama dalam perusahaan yang mendorong upaya untuk meningkatkan kesehatan lingkungan. Temuan studi ini memprioritaskan bobot berbagai faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan kesehatan lingkungan perusahaan. Urutan kepentingannya adalah standarisasi kerja dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) (0,6699), teknologi yang ramah lingkungan (0,669), pemanfaatan sumber air untuk penghematan (0,654), pendidikan karyawan tentang lingkungan (0,634), kebiasaan menjaga kebersihan lingkungan (0,634), komitmen pemilik usaha mengenai kesehatan lingkungan (0,601), antisipasi terhadap peraturan lingkungan di masa depan (0,568) (Auliya, Marlyana, and Fatmawati 2021).

Penelitian yang dilakukan Septian Dwi Prasetyo dan Evi Yulawati pada tahun 2023 berjudul “Pengukuran Kinerja Operasional Perusahaan Meubel

Berdasarkan Konsep *Green Manufacturing* untuk Mewujudkan Keberlanjutan Proses” menggunakan *tools* kuantitatif. Hasil observasi pada perusahaan ditemukan beberapa kekurangan dalam kegiatan produksi perusahaan mebel, termasuk sisa-sisa kayu yang tidak terorganisir yang menyebabkan limbah dan polusi udara karena kurangnya kesadaran akan kesehatan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menilai kinerja operasional mebel melalui konsep ramah lingkungan atau *green manufacturing* dengan menggunakan indikator yang ditetapkan oleh *The Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD). Hasil dari studi ini menyoroti area yang perlu ditingkatkan dalam kinerja operasional perusahaan berdasarkan indikator-indikator *green manufacturing*. Secara khusus, intensitas limbah dan intensitas polusi udara muncul sebagai dua indikator yang harus dievaluasi lebih lanjut untuk meningkatkan implementasi konsep ramah lingkungan. Selain itu, terdapat 6 indikator mendapatkan nilai "Nihil", yang menandakan bahwa proses produksi perusahaan tidak memanfaatkan material yang berlebihan, maka terhindar dari dampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai kesimpulan, studi ini menempatkan kinerja operasional perusahaan furnitur dalam kategori "Maju" dalam hal *green manufacturing*. Hal ini menunjukkan komitmen yang patut dipuji terhadap pertimbangan lingkungan, tetapi juga menggarisbawahi perlunya perbaikan yang ditargetkan di bidang-bidang tertentu untuk lebih meningkatkan kepatuhan perusahaan terhadap prinsip-prinsip *green manufacturing* (Prasetyo and Yuliawati 2023).

Penelitian yang dilakukan Sari Maribot Tinambunan dan Irwan Budiman pada tahun 2023 berjudul “Penentuan Prioritas Utama Faktor Kecelakaan Kerja dan Alternatif Pencegahannya Menggunakan Metode AHP” menggunakan *tools* AHP. Hasil observasi menunjukkan PT PLN (Persero) ULP Sibolga Kota sering terjadi insiden seperti tersengat listrik, terluka, dan terjatuh saat pendistribusian listrik. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi faktor utama yang menyebabkan kecelakaan kerja dan mengusulkan alternatif pencegahan dengan metode AHP. Dalam mengumpulkan data dilakukan pendistribusian kuesioner ke responden yang selanjutnya didapatkan nilai konsistensi (CR) untuk kriteria risiko, yang masing-masing  $<0,1$ . Perhitungan dengan matrik perbandingan berpasangan

diketahui bahwa disiplin muncul sebagai faktor teratas di antara kriteria kecelakaan kerja, dengan bobot 0,371. Pada sub-kriteria, kondisi cuaca menjadi sub kriteria teratas dengan bobot 0,818. Mengenai tindakan pencegahan alternatif, pemeliharaan peralatan muncul sebagai pencegahan alternatif teratas dengan bobot 0,298 (Tinambunan and Budiman 2023).



Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Penulis & Tahun	Judul	Sumber	Masalah	Metode	Faktor	Hasil
1	Mittal and Sangwan (2014)	<i>Prioritizing Drivers for Green Manufacturing Environmental, Social and Economic Perspectives</i>	<i>Journal Procedia CIRP</i> , Volume 15, Halaman 135 – 140	Kebijakan sektor manufaktur mengkonsumsi banyak energi dan sumber daya lainnya serta mengeluarkan gas rumah kaca dalam jumlah besar yang meningkatkan permasalahan lingkungan seperti perubahan iklim dan pemanasan global.	Fuzzy TOPSIS	Insentif Tekanan Publik Peraturan UU di masa depan Peraturan UU saat ini Citra perusahaan di publik Komitmen manajemen Tekanan sekitar Penghematan biaya Permintaan pelanggan Teknologi Daya saing Sumber Daya Organisasi Tekanan Rantai Pasokan	Hasil penelitian menggunakan fuzzy TOPSIS menunjukkan bahwa insentif merupakan faktor pendorong paling penting dalam penerapan <i>green manufacturing</i> perusahaan. Maka pemerintah harus memberikan insentif kepada industri untuk mendorong perusahaan dalam berinvestasi teknologi ramah lingkungan.
2	Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)	<i>Analyzing The Drivers Of Green Manufacturing With Fuzzy Approach</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i> , Volume 96, Halaman 182-193	Warga India belum sepenuhnya memiliki kesadaran dalam mengetahui manfaat diterapkannya <i>green manufacturing</i> pada proses produksi perusahaan. Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk upaya dalam memberi kesadaran bagi warga India dengan mengidentifikasi faktor penggerak untuk diterapkannya <i>green manufacturing</i> .	Fuzzy AHP	Kepatuhan terhadap peraturan Pemangku kepentingan Pelanggan Keuntungan finansial Pesaing Tren pasar Citra perusahaan Pelestarian lingkungan hidup Persyaratan rantai pasokan Inovasi Ramah Lingkungan Motivasi internal Tuntutan karyawan	Pembobotan faktor pendukung <i>green manufacturing</i> di perusahaan India Selatan diperoleh bahwa kepatuhan terhadap peraturan memiliki bobot tertinggi, kedua yaitu tekanan dari pemangku kepentingan, ketiga pelanggan, keempat finansial, dan kelima adalah pesaing.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Penulis & Tahun	Judul	Sumber	Masalah	Metode	Faktor	Hasil
3	Kannan, Govindan, and Rajendran (2015)	<i>Fuzzy Axiomatic Design Approach Based Green Supplier Selection A Case Study From Singapore</i>	<i>Journal Of Cleaner Production</i> , Volume 96, Halaman 194-208	Pemilihan pemasok ramah lingkungan perusahaan manufaktur di singapura memiliki kriteria yang berkaitan dengan lingkungan. Fokus lainnya harus ada pada proses pembuangan: bahan tersebut tidak boleh berbahaya, dan harus disesuaikan untuk didaur ulang.	Fuzzy Axiomatic Design (FAD)	Kualitas	Dari pengolahan data menggunakan metode FAD diperoleh bahwa pemasok 1, 2, dan 3 dan 4 gagal dipilih. Pemasok yang dipilih sebagai pemasok terbaik adalah pemasok 5 karena jumlah nilai konten informasi semua kriteria rendah (IA = 39,27) dibandingkan dengan pemasok lain.
						Harga	
						Kemampuan pemasok	
						Pelayanan	
						Perlindungan/pengelolaan lingkungan	
						Tanggung jawab sosial perusahaan	
						Pengendalian polusi	
						Produk ramah lingkungan	
						Konsep ramah lingkungan	
Inovasi ramah lingkungan							
Pengelolaan bahan berbahaya							
4	Gandhi, Thanki, and Thakkar (2018)	<i>Ranking Of Drivers For Integrated Lean-Green Manufacturing For Indian Manufacturing Smes</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i> , Volume 171, Halaman 675-689, ISSN 09596526	UKM di India menyumbang setidaknya 13 persen dari konsumsi energi setiap tahunnya. Oleh karena itu, UKM perlu mendukung strategi seperti manufaktur ramah lingkungan (GM) untuk mengatasi tantangan lingkungan seperti menipisnya sumber daya alam dan polusi.	SAW & Fuzzy TOPSIS	Komitmen manajemen	Diperoleh ada 5 faktor pendukung yang paling berpengaruh yaitu komitmen perusahaan, teknologi terbarukan, regulasi saat ini, citra merek hijau, dan regulasi masa depan.
						Peningkatan teknologi	
						Penghematan biaya	
						Keunggulan kompetitif	
						Peraturan UU saat ini	
						Peraturan UU di masa depan	
						Insentif	
						Citra perusahaan	
Tekanan publik							

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Penulis & Tahun	Judul	Sumber	Masalah	Metode	Faktor	Hasil
5	Aviasti (2017)	Berbagi Pengetahuan Pada Penerapan <i>Green Manufacturing</i> Di Kawasan Industri	Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknologi, Halaman 363-371, P-ISSN 2089-3582, E-ISSN 2303-2480	Perusahaan yang menerapkan <i>green manufacturing</i> masih sangat sedikit. Sebagian besar pimpinan perusahaan menganggap penerapan <i>green manufacturing</i> sebagai hambatan untuk memperoleh keuntungan dibandingkan dengan peluang untuk perbaikan dan pengembangan.	Studi Literatur	Pengelolaan limbah	Struktur organisasi menjadi faktor utama. Struktur organisasi akan lebih mudah dalam berbagi pengetahuan mengenai implementasi <i>green manufacturing</i> .
						Penghematan energi	
						Pengelolaan sumber air	
						Struktur organisasi	
						Dukungan manajemen	
Budaya organisasi							
6	Papilo et al, (2018)	Penerapan Fuzzy TOPSIS Dalam Penentuan Lokasi Kawasan Pengembangan Rantai Pasok Bioenergi Kelapa Sawit	Jurnal <i>Agritech</i> , Volume 38, Halaman 79-87	Pengembangan kawasan agroindustri akan selalu terkait dengan masalah keputusan pemilihan lokasi dan alokasi. aspek lokasi memfokuskan kepada pemilihan lokasi optimal dari berbagai alternatif lokasi yang berguna untuk menempatkan berbagai fasilitas secara efisien.	Fuzzy TOPSIS	Ketersediaan & kondisi lahan	Terdapat 5 kawasan yang menjadi lokasi untuk agroindustri bioenergi di Provinsi Riau. Dengan metode fuzzy TOPSIS terpilih lokasi terbaik, yaitu Kawasan Industri Pelintung Dumai dengan nilai koefisien kedekatan 0,53.
						Harga tanah	
						Kedekatan bahan baku	
						Akses sarana transportasi	
						Ketersediaan air & Listrik	
						Jarak ke pusat kota	
						Ketersediaan tenaga kerja	
						Orientasi lokasi	
<i>Multifer effect</i>							

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Penulis & Tahun	Judul	Sumber	Masalah	Metode	Faktor	Hasil
7	Agusinta et al, (2022)	Analisis Pengaruh <i>Green Manufacturing</i> , <i>Green Distribution</i> , Dan <i>Reverse Logistics</i> Dalam Membangun <i>Green Supply Chain Management</i>	Jurnal Sosial dan Sains, Volume 2, Nomor 11, Halaman 278-285, P-ISSN 2774-7018, E-ISSN 2774-700X	Banyaknya bahan baku dan <i>packaging</i> yang tidak terpakai menyebabkan limbah yang menjadi tidak terpakai dan menjadi beban pengeluaran karena perlu menghancurkan limbah tersebut.	Penelitian Kuantitatif	<i>Green manufacturing</i>	Dalam membangun <i>green supply chain management</i> memiliki urutan faktor yaitu <i>reverse logistics</i> 0.499, <i>green distribution</i> 0.263 dan <i>green manufacturing</i> 0.123.
						<i>Green distribution</i>	
						<i>Reserve logistics</i>	
8	Auliya, Marlyana, and Fatmawati (2021)	Analisis Penentuan Faktor Pendorong Dalam Penerapan <i>Green Manufacturing</i> Di Pt. Aneka Adhilogam Karya Dengan Metode Fuzzy TOPSIS	Jurnal Teknik Industri, Volume 11, Halaman 156-163	Proses produksi di PT. AAK menghasilkan limbah pasir dan gas buang yang mengganggu kesehatan karyawan karena pekerja belum sepenuhnya menggunakan APD. Hal ini akan menjadi pencemaran lingkungan yang serius, selain itu masalah ini juga akan berpengaruh pada kondisi ekonomi dan sosial apabila terjadi kerusakan lingkungan dan kecelakaan kerja.	Fuzzy TOPSIS	Komitmen pemilik usaha terhadap lingkungan	Bobot standarisasi kerja terhadap pemakaian APD (0,6699), teknologi yang ramah lingkungan (0,669), penggunaan sumber air (0,654), edukasi karyawan tentang lingkungan (0,634), kebiasaan menjaga kebersihan lingkungan (0,634), komitmen pemilik usaha terhadap lingkungan (0,601), peraturan kesehatan lingkungan di masa depan (0,568).
						Edukasi karyawan tentang lingkungan	
						Standarisasi kerja terhadap pemakaian APD	
						Penggunaan sumber air	
						Peraturan kesehatan lingkungan di masa depan	
						Kebiasaan menjaga kebersihan lingkungan	
						Teknologi pengelolaan limbah	

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Penulis & Tahun	Judul	Sumber	Masalah	Metode	Faktor	Hasil
9	Prasetyo and Yuliawati (2023)	Pengukuran Kinerja Operasional Perusahaan Meubel Berdasarkan Konsep <i>Green Manufacturing</i> untuk Mewujudkan Keberlanjutan Proses	STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi), Volume 8, Nomor 1, Halaman 49-55, P-ISSN: 2527-9661, E-ISSN: 2549-2837	Di perusahaan ditemukan kekurangan pada aktivitas produksi. Ditemukan limbah berupa sisa kayu yang tidak tertata pada lokasi proses produksi. Pencemaran udara juga terjadi akibat dari kurangnya kesadaran terhadap kesehatan lingkungan. Melihat hal ini, penelitian dilakukan dengan tujuan mengukur kinerja perusahaan mebel yang didasarkan pada konsep ramah lingkungan atau <i>green manufacturing</i> .	Kuantitatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensitas bahan baku yang tidak dapat diperbarui</li> <li>Intensitas penggunaan zat yang berbahaya</li> <li>Bahan daur ulang</li> <li>Intensitas penggunaan air</li> <li>Intensitas penggunaan energi</li> <li>Penggunaan energi yang dapat diperbarui</li> <li>Intensitas gas rumah kaca</li> <li>Intensitas limbah</li> <li>Intensitas pencemaran udara</li> <li>Intensitas pencemaran air</li> <li>Penutup fasilitas alami</li> <li>Produk berisi bahan yang di daur ulang</li> <li>Produk yang dapat di daur ulang</li> <li>Produk berisi bahan yang dapat diperbarui</li> <li>Intensitas bahan yang tidak dapat diperbarui pada produk</li> <li>Zat yang berbahaya yang terkandung dalam produk</li> <li>Konsumsi energi dalam menggunakan produk</li> <li>Emisi gas rumah kaca dalam penggunaan produk</li> </ul>	Hasil dari penelitian adalah ada dua indikator yaitu intensitas limbah dan intensitas pencemaran udara yang membutuhkan evaluasi agar perusahaan menjadi lebih baik dalam menerapkan konsep ramah lingkungan atau <i>green manufacturing</i> . Selain itu, terdapat 6 indikator bernilai “Nihil” berarti pada proses produksi perusahaan tidak memakai bahan sehingga tidak ada efek negatif pada lingkungan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah kinerja perusahaan meubel terkait ramah lingkungan atau <i>green manufacturing</i> tergolong <i>Advance</i> .

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Penulis & Tahun	Judul	Sumber	Masalah	Metode	Faktor	Hasil
10	Tinambunan and Budiman (2023)	Penentuan Prioritas Utama Faktor Kecelakaan Kerja dan Alternatif Pencegahannya Menggunakan Metode AHP	Jurnal Penelitian Teknik Informatika Universitas Prisma Indonesia (UNPRI) Medan, Volume 6, Halaman 67-75	PT PLN (Persero) ULP Sibolga Kota sering terjadi insiden seperti tersengat listrik, luka bakar, dan terjatuh saat pendistribusian listrik. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan kecelakaan kerja dan mengusulkan alternatif pencegahan melalui metode AHP.	AHP	Peralatan Manusia Lingkungan Kedisiplinan Pengawasan	Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kecelakaan kerja. Disiplin sebagai faktor utama kriteria kecelakaan kerja, dengan bobot 0,371. Pada sub-kriteria, cuaca menjadi prioritas utama, dengan bobot 0,818. Mengenai tindakan pencegahan alternatif, pemeliharaan peralatan sebagai prioritas utama, dengan bobot 0,298.

Berdasarkan tabel diatas dapat dianalisa terkait metode yang dapat digunakan dalam sistem pengambilan keputusan untuk menentukan faktor pendukung konsep *green manufacturing*, diantaranya:

1. Fuzzy TOPSIS

TOPSIS menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis karena konsepnya sederhana, namun data dalam pengambilan solusi ini tidak memadai pada permasalahan di kehidupan nyata seperti mengetahui kondisi suatu lingkungan karena preferensi yang kurang jelas. Dengan demikian, logika fuzzy akan melengkapi metode TOPSIS dalam pengambilan keputusan karena fuzzy bekerja dengan menggunakan derajat keanggotaan untuk membantu dalam pengukuran ketidakjelasan mengenai kondisi lingkungan perusahaan. Fuzzy TOPSIS merupakan metode yang mampu menyesuaikan pemikiran manusia dengan lingkungan yang sebenarnya. Fuzzy TOPSIS banyak digunakan dalam memprioritaskan satu atau lebih alternatif dari sekumpulan alternatif berupa faktor-faktor yang mendukung konsep *green manufacturing* yang sehubungan dengan beberapa kriteria. Teknik pengambilan keputusan Fuzzy TOPSIS digunakan untuk menentukan prioritas faktor pendukung *green manufacturing*.

2. Fuzzy *Axiomatic Design* (FAD)

Prinsip AD memungkinkan pemilihan tidak hanya alternatif terbaik dalam serangkaian kriteria, tetapi juga alternatif yang paling tepat. Kelebihan metode ini adalah membantu desainer dalam menentukan konfigurasi sistem manufaktur fleksibel yang paling tepat. Penelitian dengan metode Fuzzy *Axiomatic Design* (FAD) memiliki kekurangan karena ada beberapa kesenjangan penelitian pada pendekatan FAD. FAD hanya dapat menangani masalah-masalah yang evaluasinya diekspresikan dalam bentuk linguistik tunggal.

3. *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

*Hirarki* didefinisikan sebagai representasi masalah yang kompleks dalam struktur bertingkat, di mana tingkat pertama terdiri dari tujuan, selanjutnya yaitu level faktor, kriteria, sub kriteria dan seterusnya hingga ke level

terakhir dari suatu alternatif (Saaty 1987). Kelebihan metode ini adalah mampu memecahkan masalah yang multiobjektif dan multikriteria. Penelitian dengan metode AHP memiliki kekurangan karena tidak efektif jika digunakan pada kasus dengan jumlah kriteria dan alternatif yang banyak.

4. *Simple Additive Weighting* (SAW)

SAW (*Simple Additive Weighting*) adalah sebuah metode yang digunakan untuk mencari alternatif optimal dari sekumpulan alternatif dengan kriteria tertentu. Keunggulannya terletak pada kemampuannya untuk menentukan nilai bobot dari setiap atribut. Penelitian dengan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) memiliki kekurangan karena bobot kriteria yang subjektif sehingga hasil evaluasi dipengaruhi oleh preferensi individu yang berbeda-beda.

5. Kuantitatif

Data penelitian kuantitatif adalah data-data yang didapatkan dari lapangan dan disajikan dalam bentuk angka (Priadana and Sunarsi 2021). Ukuran sampel yang besar sangat penting untuk meningkatkan akurasi dalam analisis. Penelitian dengan metode kuantitatif memiliki kekurangan karena studi kuantitatif yang dilakukan dalam skala yang lebih kecil mungkin kurang dapat diandalkan karena terbatasnya jumlah data yang tersedia.

6. Studi Literatur

Penelitian dengan metode studi literatur memiliki kekurangan data yang diperoleh tidak sesuai dengan persyaratan penelitian karena dikumpulkan oleh orang lain.

Berdasarkan penjelasan beberapa metode di atas, maka dapat disimpulkan bahwa metode Fuzzy TOPSIS merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi beberapa alternatif pilihan dari faktor-faktor yang mendukung konsep *green manufacturing* terhadap perspektif ekonomi, sosial dan lingkungan sebagai kriteria yang dipilih berdasarkan perankingan yang dilakukan. Maka dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy TOPSIS dapat mengatasi masalah dalam mengukur ketidakjelasan dari penilaian yang dilakukan oleh manusia yang bersifat

subjektif. Hal tersebut sesuai dengan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan dimana penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor pendukung konsep *green manufacturing* pada perusahaan manufaktur dengan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan serta memberi solusi atau rekomendasi terhadap permasalahan yang ada.

## **2.2 Landasan Teori**

Berikut merupakan landasan teori dalam penelitian yang dilakukan :

### **2.2.1 Kesehatan Lingkungan**

Pentingnya kesehatan lingkungan dalam operasi industri terletak pada hubungannya yang sangat erat dengan kesejahteraan dan keselamatan pekerja, kebersihan dan keteraturan lingkungan, dan berbagai faktor yang mempengaruhi efisiensi kegiatan industri. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri, kesehatan lingkungan adalah tindakan yang diarahkan untuk mengurangi penyakit atau masalah kesehatan akibat faktor risiko di lingkungan industri yang melibatkan penanganan berbagai elemen, termasuk bahaya fisik, kimia, biologi, ergonomi, dan sanitasi. Upaya-upaya ini bertujuan untuk membangun dan mempertahankan kualitas yang meningkatkan kesehatan di lingkungan kerja industri (Permenkes 2016). Masalah kesehatan lingkungan dapat dibentuk oleh kombinasi beberapa faktor, termasuk tindakan pekerja, kebijakan, pola pikir, perilaku tenaga kerja, dan kapasitas yang melekat pada alam untuk mengatur diri sendiri dan mengendalikan polusi.

### **2.2.2 Green Manufacturing**

*Green Manufacturing* adalah konsep yang memiliki fokus untuk meningkatkan kesehatan lingkungan dalam sektor industri dan produknya, yang bertujuan untuk mengurangi polusi udara, air, tanah, meminimalkan limbah, dan mengurangi risiko bagi manusia dan spesies sekitarnya (Aviasti 2017).

*Green Manufacturing* dapat diartikan suatu penggabungan langkah-langkah, upaya, dan metodologi yang berdampak baik pada kinerja lingkungan, sosial, dan ekonomi, yang bertujuan untuk mengurangi dampak operasi perusahaan.

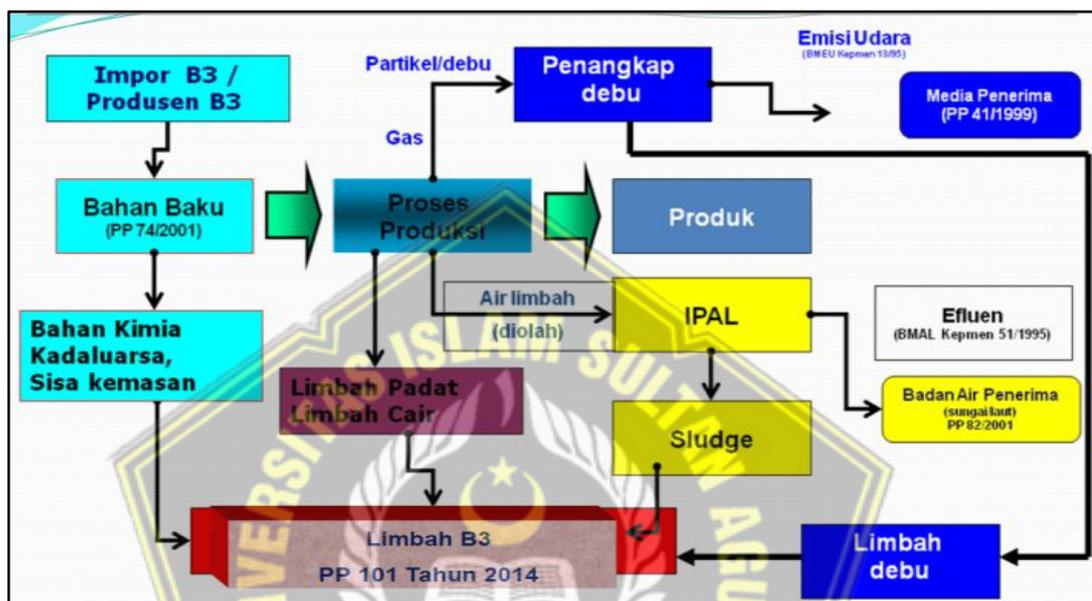
Selain itu, Manufaktur Hijau berkontribusi pada penciptaan produk yang berkelanjutan secara ekonomi dengan mengurangi dampak lingkungan dan sosial (Hanafi 2016). Maka dari itu, kebijakan dari pemangku keputusan pada bidang lingkungan, sosial, ekonomi suatu organisasi sangat dipentingkan dalam mendukung diterapkannya konsep *green manufacturing*. Tujuan dari konsep ramah lingkungan atau *green manufacturing* adalah meminimalisir pencemaran akibat limbah proses produksi yang berwujud padat, cair maupun gas dan memberi dampak pada manusia.

### 2.2.3 Limbah Industri Perusahaan

Limbah merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan (Peraturan Pemerintah 2014). Limbah tersebut berwujud padat, cair, dan gas. Berdasarkan nilai ekonomisnya, limbah diklasifikasikan menjadi limbah yang memiliki nilai ekonomis dan tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah dengan nilai ekonomi mengacu pada material apabila diolah maka akan menghasilkan nilai tambah. Di sisi lain, limbah *non-ekonomi* adalah material yang meskipun mengalami proses lebih lanjut, tidak memberikan kontribusi nilai tambah. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) dan limbah *non B3*. Limbah B3 merupakan limbah dengan kandungan bahan berbahaya dan beracun. Limbah B3 memiliki sifat dapat mencemari bahkan merusak lingkungan hidup, kesehatan, dan kelangsungan hidup manusia serta makhluk lain. Limbah *non B3* dapat diartikan sebagai sisa dari kegiatan yang tidak berbahaya dan beracun.

Kegiatan industri dianggap sebagai salah satu kegiatan sektor ekonomi dengan tujuan utama untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Melalui proses produksi dan manufaktur, kegiatan industri berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, dan penyediaan barang dan jasa, yang pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan dan standar hidup masyarakat secara keseluruhan. Kegiatan industri adalah mengolah masukan (*input*) menjadi keluaran (*output*). Pemeriksaan sumber polutan industri melibatkan pengamatan terhadap *input*, proses, dan *output* dengan menilai spesifikasi dan jenis limbah yang dihasilkan. Pendekatan komprehensif ini memungkinkan identifikasi dan pemahaman potensi dampak lingkungan pada berbagai tahap kegiatan industri.

Pencemaran yang disebabkan oleh industri adalah hasil dari limbah yang dibuang dari pabrik yang mengandung zat beracun dan berbahaya (B3) (Peraturan Pemerintah 2014). Adanya implementasi dari *green manufacturing* dapat meminimalkan konsumsi material, mengoptimalkan hasil produksi dan mencegah pencemaran udara, air dan tanah.



Gambar 2.1 Jenis dan Sumber Limbah B3 Pada Kegiatan Industri  
Sumber : (DLH Jatim 2019)

#### 2.2.4 Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan merupakan situasi sumber daya alam yang terkontaminasi dengan zat, energi, dan komponen lain yang melampaui baku mutu lingkungan hidup (UU RI Nomor 32 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup 2009). Pencemaran lingkungan diakibatkan dari aktivitas manusia yang menghasilkan limbah sehingga masuk ke lingkungan. Dampak dari pencemaran lingkungan adalah sebagai berikut (Pratiwi et al. 2023).

##### 1. Kesehatan manusia

Polusi dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti penyakit pernapasan, iritasi mata dan tenggorokan, alergi, gangguan sistem kekebalan tubuh, dan paparan zat berbahaya dalam jangka panjang yang dapat menyebabkan kanker.

## 2. Kerusakan ekosistem

Polusi merusak keanekaragaman hayati, mengganggu rantai makanan dan mengancam kelangsungan hidup beberapa spesies. Hal ini dapat mengakibatkan berkurangnya populasi tumbuhan dan hewan, rusaknya habitat, dan rusaknya ekosistem alam.

## 3. Perubahan iklim

Polusi udara akibat emisi gas rumah kaca akan menyebabkan perubahan iklim global. Hal ini mencakup kenaikan suhu rata-rata, perubahan pola cuaca, mencairnya lapisan es, dan naiknya permukaan air laut.

## 4. Kerusakan sumber daya alam

Polusi menurunkan kualitas air, tanah dan udara serta merusak sumber daya alam seperti hutan, sungai dan lahan pertanian. Hal ini mempengaruhi produktivitas ekonomi, keberlanjutan dan ketersediaan sumber daya untuk digunakan manusia.

### 2.2.5 Sumber Daya Manusia (SDM)

Sumber daya manusia dalam organisasi memegang peranan yang penting, mengingat posisi karyawan sebagai sumber daya manusia yang tidak terpisahkan dari suatu organisasi (Silalahi et al. 2022). Sumber daya manusia berperan sebagai subjek dan objek dalam kegiatan organisasi. Kemampuan suatu organisasi dalam mengelola sumber dayanya secara efektif merupakan faktor penting dalam menunjang pencapaian rencana kerjanya.

Sumber daya manusia merupakan investasi untuk meningkatkan kemajuan organisasi, sehingga mampu bersaing, mencapai keunggulan, dan meraih kesuksesan di berbagai aspek. Hal ini menggarisbawahi bahwa sumber daya manusia merupakan faktor inti yang menentukan kemajuan dan keberlangsungan suatu organisasi.

### 2.2.6 Sistem Pendukung Keputusan

Dalam perjalanan operasi organisasi, perusahaan menghadapi banyak pilihan, dan keputusan sering kali diperlukan. Para pengambil keputusan memainkan peran penting dalam menentukan tindakan yang paling efektif, yang bertujuan untuk menemukan solusi optimal yang meningkatkan kinerja perusahaan

secara keseluruhan dalam berbagai aktivitas. Proses pengambilan keputusan menjadi sangat penting karena pilihan yang diambil dapat memiliki dampak yang besar bagi perusahaan setelah diimplementasikan. Sistem pendukung keputusan berfungsi sebagai pendekatan yang membantu para pengambil keputusan dalam memperoleh informasi yang akurat. Sistem ini merumuskan permasalahan pengelolaan yang dihadapi sehari-hari dalam bentuk kuantitatif, yang sering kali diekspresikan dalam istilah matematis, sehingga memudahkan proses pengambilan keputusan yang lebih sistematis dan terinformasi (Setyaningsih 2015).

### 2.2.7 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan sistem pendukung keputusan yang memiliki toleransi tinggi terhadap data yang tidak jelas, kata fuzzy sendiri berarti kabur atau tidak jelas (Setyaningsih 2015). Selain itu, logika fuzzy digunakan untuk membangun dan menerapkan keahlian para ahli secara langsung, sehingga tidak memerlukan proses pelatihan formal. Bahasa logika fuzzy dirancang untuk dapat diakses dan mudah dimengerti, menjadikannya alat yang praktis untuk penggunaan sehari-hari. Aspek yang mudah digunakan ini berkontribusi pada penerapan dan pengadopsiannya secara luas di berbagai bidang. Logika fuzzy beroperasi dengan menilai derajat keanggotaan suatu nilai, yang kemudian digunakan untuk menentukan hasil yang diinginkan berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan. Metodologi ini memungkinkan pendekatan yang lebih fleksibel dalam pengambilan keputusan, mengakomodasi ketidakpastian dan ketidaktepatan dalam data *input* (Murni and Bosker 2019). Derajat keanggotaan atau fungsi keanggotaan ini adalah suatu kurva penunjuk pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Sudrajat 2008). Sebelum mengubah penilaian ke dalam fungsi keanggotaan, pengisian kuesioner dilakukan dengan menggunakan skala likert 1-5 untuk mempermudah responden dalam mengisi kuesioner. Selanjutnya penilaian tersebut diolah dengan mengubahnya ke dalam fungsi keanggotaan. Keterangan dan nilai skala likert dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Keterangan Penilaian Kriteria dan Alternatif Skala Likert

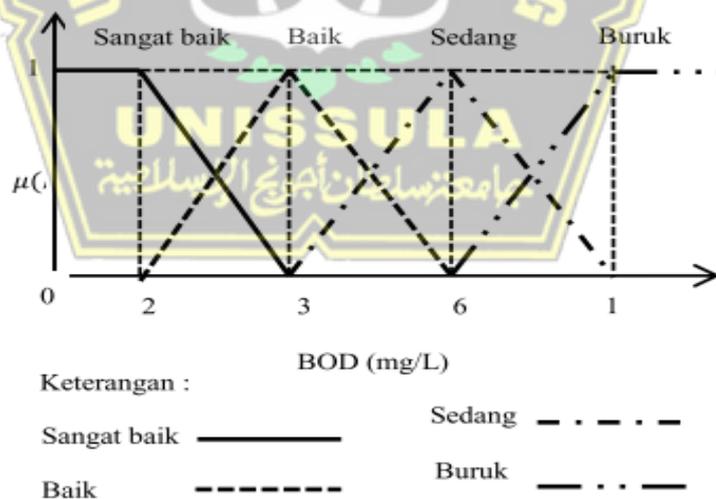
Keterangan		Nilai
Kriteria	Alternatif	
Tidak Berpengaruh	Tidak Penting	1
Kurang Berpengaruh	Kurang Penting	2
Cukup Berpengaruh	Cukup Penting	3
Berpengaruh	Penting	4
Sangat Berpengaruh	Sangat Penting	5

**Tabel 2.3** Variabel Linguistik Kriteria dan Alternatif

Variabel Linguistik		Fungsi Keanggotaan
Kriteria	Alternatif	
Tidak Berpengaruh	Tidak Penting	(1,1,3)
Kurang Berpengaruh	Kurang Penting	(1,3,5)
Cukup Berpengaruh	Cukup Penting	(3,5,7)
Berpengaruh	Penting	(5,7,9)
Sangat Berpengaruh	Sangat Penting	(7,9,9)

Sumber : (Gandhi, Thanki, and Thakkar 2018)

Penentuan fungsi keanggotaan tersebut didapatkan dari kurva segitiga yang merupakan gabungan dari dua garis linier dan ditandai oleh adanya parameter yang menentukan koordinat x dari tiga sudut segitiga tersebut.

**Gambar 2.2** Himpunan Fuzzy untuk Variabel BOD

Sumber : (Mazenda, Andy Soebroto, and Dewi 2014)

### 2.2.8 *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*

Di dalam penelitian ini, metode TOPSIS digunakan untuk merangking dan memberikan pembobotan kriteria untuk menentukan solusi terbaik dari pilihan yang ada. Metode ini mengasumsikan bahwa setiap kriteria yang diteliti akan dimaksimalkan atau diminimalkan. Oleh karena itu, nilai solusi ideal positif dan negatif untuk setiap kriteria akan ditentukan, dan setiap alternatif juga akan dipertimbangkan berdasarkan informasi tersebut. Solusi ideal positif didefinisikan sebagai penjumlahan seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai setiap atribut, sedangkan solusi ideal negatif terdiri dari seluruh nilai terburuk yang dapat dicapai setiap atribut. Namun, ketika berhadapan dengan permasalahan dunia nyata, solusi ideal yang positif jarang muncul. Menyadari kenyataan ini, *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* beroperasi dengan alasan bahwa jika mencapai solusi ideal yang positif terbukti sulit, para pengambil keputusan akan mencari solusi yang paling mendekati solusi ideal tersebut. Oleh karena itu, TOPSIS disusun untuk menawarkan solusi ideal yang relatif positif, dengan mengakui kendala dan tantangan praktis yang melekat pada solusi pemecahan masalah di dunia nyata (Alireza and Seyedeh 2015).

Data yang ada dalam pengambilan solusi ini tidak memadai untuk permasalahan di kehidupan nyata karena preferensi yang kurang jelas dari penilaian manusia dan tidak dapat memperkirakan preferensinya dengan nilai numerik yang tepat. Penilaian dari manusia ini biasanya merupakan ekspresi bahasa misalnya, rendah, tinggi, sedang, dan yang lainnya dianggap sebagai representasi pembuat keputusan (Murni and Bosker 2019). Maka dari itu, TOPSIS butuh metode lain yang dapat mengatasi masalah tersebut yaitu teori fuzzy yang mengatasi masalah dalam mengukur ketidakjelasan dari penilaian manusia yang bersifat subjektif.

Langkah-langkah pengolahan data metode TOPSIS adalah sebagai berikut :

1. Membuat *decision matrix* untuk alternatif ( $\tilde{D}$ ) dan kriteria ( $\tilde{W}$ ).

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \cdots & \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \cdots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

2. Membentuk penormalan *decision matrix*.

$$\bar{R} = [\tilde{r}_j^i]_{m \times n}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dengan,

$$\tilde{r}_j^i = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \text{ dan } c_j^* = \max_i \{c_{ij}\}$$

Keterangan :

c : kriteria

i : baris ke-n dalam matriks

j : kolom ke-n dalam matriks

3. Menghitung matriks normalisasi berbobot dengan tujuan agar dapat menghitung nilai FNIS dan FPIS pada masing-masing kriteria ditahapan berikutnya.

$$\tilde{W} = [\tilde{v}_j^i]_{m \times n}, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dimana,  $\tilde{v}_j^i = \tilde{w}_i \cdot \tilde{r}_{ij}$

Keterangan :

$\tilde{v}_j^i$  : rating bobot ternormalisasi

$\tilde{w}_i$  : nilai setiap bobot preferensi

$\tilde{r}_{ij}$  : nilai dari matriks ternormalisasi

i : 1, 2, ..., m

j : 1, 2, ..., n

4. Menghitung matriks solusi ideal positif  $A^+$  dan dan matriks solusi ideal negatif  $A^-$ . Solusi ini dihitung untuk menentukan nilai FPIS dan FNIS.

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_n^+), \text{ dimana } \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij3}\}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \text{ dimana } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij3}\}$$

5. Menghitung jarak pada tiap alternatif dari FPIS dan FNIS, nilai ini dihitung untuk menentukan nilai preferensi pada tahapan berikutnya yang kemudian dilakukan perangkungan.

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]}$$

Jarak ( $d_1^+, d_1^-$ ) dari masing-masing alternatif  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  dari FPIS dan FNIS dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$d_1^+ = \sum_{j=i}^n (\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+); i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$d_1^- = \sum_{j=i}^n (\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Keterangan :

$\tilde{a}$  :  $(a_1; a_2; a_3)$  adalah matriks perhitungan nilai FPIS dan FNIS

$\tilde{b}$  =  $(b_1; b_2; b_3)$  adalah matriks normalisasi berbobot alternatif setiap kriteria

6. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif, nilai ini digunakan untuk melakukan ranking alternatif dan akan menjadi faktor prioritas. Nilai preferensi ( $CC_i$ ) untuk setiap alternatif dirumuskan sebagai berikut :

$$CC_i = \frac{d_1^-}{d_1^+ + d_1^-}; i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ dengan } 0 < CC_i < 1.$$

Keterangan :

$CC_i$  : nilai preferensi

$d_1^-$  : jarak alternatif dengan solusi negatif

$d_1^+$  : jarak alternatif dengan solusi positif

### 2.2.9 Algoritma Metode Fuzzy TOPSIS

Berikut ini merupakan langkah-langkah algoritma metode fuzzy TOPSIS yang akan digunakan dalam menentukan bobot perankingan dipenelitian ini, yakni:

1. Menentukan *fuzzy rating* dari setiap pembuat keputusan dalam *triangular fuzzy* untuk mengubah penilaian yang subjektif menjadi bentuk numerik. Pendapat pakar ke dalam bilangan fuzzy  $D_k$ ; ( $k = 1, 2, 3, \dots, K$ ) dapat direpresentasikan sebagai angka segitiga fuzzy  $R_k$ ; ( $k = 1, 2, 3, \dots, K$ ) dengan fungsi keanggotaan  $\mu_R(x)$ .
2. Selanjutnya menghitung *aggregate fuzzy rating* dengan rumus :

$$\tilde{R}_k = (a, b, c), k = 1, 2, 3, \dots, K, \text{ Dimana :}$$

$$a = \min \{a_k\}, b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, c = \max_k \{c_k\}$$

Keterangan :

$\tilde{R}_k$  : hasil perhitungan *aggregate fuzzy rating*

$k$  : total jumlah responden

$K$  : jumlah kriteria/alternatif

$a_k$  : nilai/angka ke-satu dari hasil perhitungan *fuzzy rating*

$b_k$  : nilai/angka ke-dua dari hasil perhitungan *fuzzy rating*

$c_k$  : nilai/angka ke-tiga dari hasil perhitungan *fuzzy rating*

3. Membentuk *fuzzy decision matrix* untuk alternatif ( $\tilde{D}$ ) dan kriteria ( $\tilde{W}$ ).

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_2 \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \cdots & \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \cdots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Nilai bobot preferensi menunjukkan tingkat kepentingan relatif setiap kriteria atau subkriteria. Nilai bobot dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \dots, \tilde{w}_n)$$

Dengan nilai segitiga fuzzy :  $\tilde{x}_j^i = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  dan  $\tilde{w}_j^i = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ .

4. Penormalan *fuzzy decision matrix* agar skala yang digunakan menjadi ke dalam skala yang sebanding, sehingga dapat digunakan dalam tahapan selanjutnya. Matriks ternormalisasi tersebut didapat dari persamaan berikut:

$$\bar{R} = [\tilde{r}_j^i] m \times n, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dengan,

$$\tilde{r}_j^i = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \text{ dan } c_j^* = \max_i \{c_{ij}\}$$

Keterangan :

$c$  : kriteria

$i$  : baris ke- $n$  dalam matriks

$j$  : kolom ke- $n$  dalam matriks

5. Menghitung matriks normalisasi berbobot dengan tujuan agar dapat menghitung nilai FNIS dan FPIS pada masing-masing kriteria di tahapan berikutnya. Perhitungan matriks normalisasi berbobot tersebut dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\tilde{W} = [\tilde{v}_j^i] m \times n, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dimana,  $\tilde{v}_j^i = \tilde{w}_i \cdot \tilde{r}_{ij}$

Keterangan :

$\tilde{v}_j^i$  : rating bobot ternormalisasi

$\tilde{w}_i$  : nilai setiap bobot preferensi

$\tilde{r}_{ij}$  : nilai dari matriks ternormalisasi

$i : 1, 2, \dots, m$

$j : 1, 2, \dots, n$

6. Menghitung matriks solusi ideal positif  $A^+$  dan dan matriks solusi ideal negatif  $A^-$ . Solusi ini dihitung untuk menentukan nilai FPIS dan FNIS.

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_n^+), \text{ dimana } \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij3}\}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \text{ dimana } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij3}\}$$

7. Menghitung jarak pada tiap alternatif dari FPIS dan FNIS, nilai ini dihitung untuk menentukan nilai preferensi pada tahapan berikutnya yang kemudian dilakukan perangkingan. Jarak antara dua *triangular fuzzy numbers*  $\tilde{a} = (a_1; a_2; a_3)$  dan  $\tilde{b} = (b_1; b_2; b_3)$  menggunakan metode *vertex* berikut :

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]}$$

Jarak  $(d_1^+, d_1^-)$  dari masing-masing alternatif  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  dari FPIS dan FNIS dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$d_1^+ = \sum_{j=i}^n (\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+); i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$d_1^- = \sum_{j=i}^n (\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Keterangan :

$\tilde{a} : (a_1; a_2; a_3)$  adalah matriks perhitungan nilai FPIS dan FNIS

$\tilde{b} = (b_1; b_2; b_3)$  adalah matriks normalisasi berbobot alternatif setiap kriteria

8. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif, nilai ini digunakan untuk melakukan ranking alternatif dan akan menjadi faktor prioritas. Nilai preferensi ( $CC_i$ ) untuk setiap alternatif dirumuskan sebagai berikut :

$$CC_i = \frac{d_1^-}{d_1^+ + d_1^-}; i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ dengan } 0 < CC_i < 1.$$

Keterangan :

$CC_i$  : nilai preferensi

$d_1^-$  : jarak alternatif dengan solusi negatif

$d_1^+$  : jarak alternatif dengan solusi positif

## 2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

Adapun hipotesis dan kerangka teoritis dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

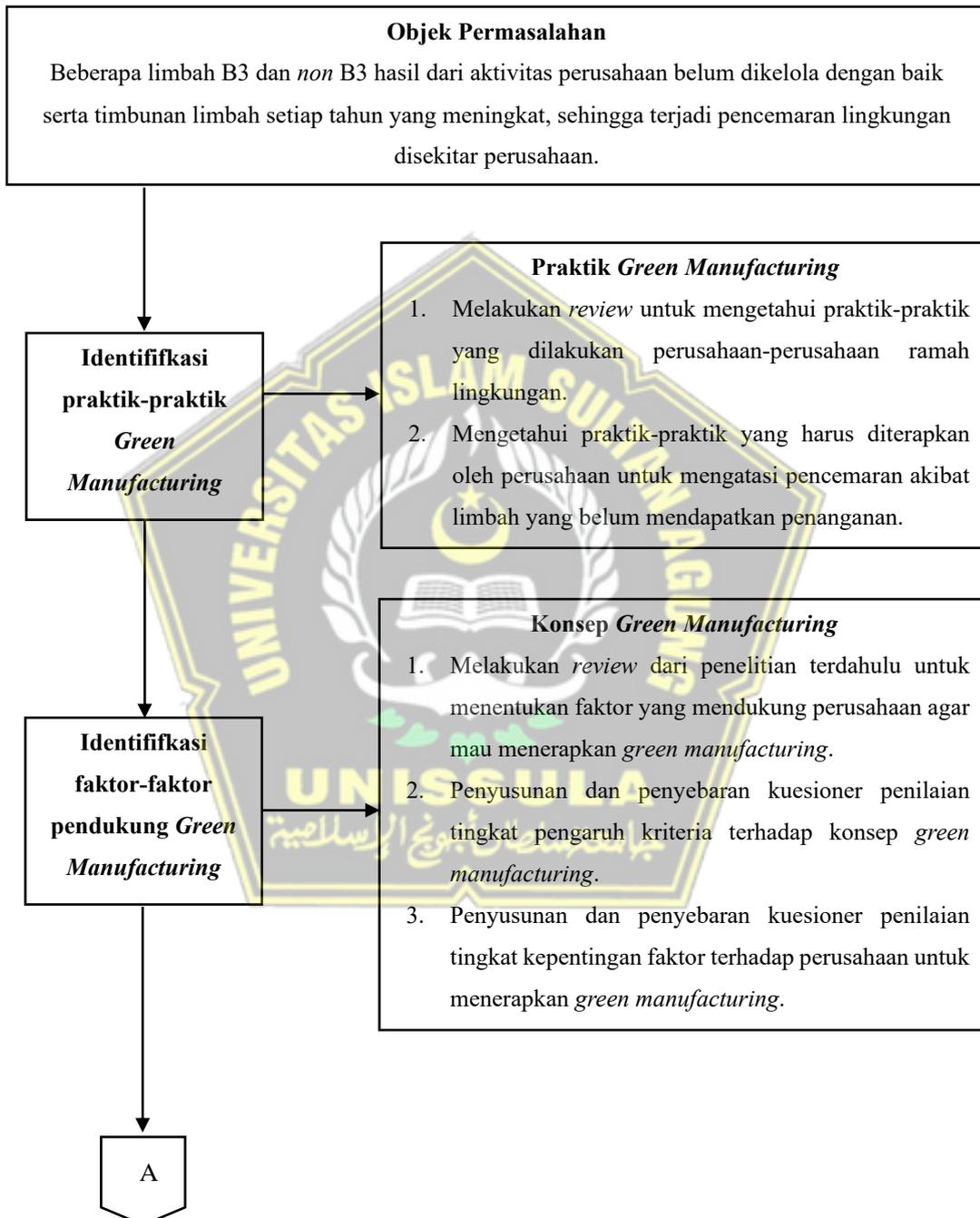
### 2.3.1 Hipotesis

Berdasarkan studi literatur terhadap penelitian sebelumnya dan landasan teori yang telah dirangkum, maka konsep *green manufacturing* dapat menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan yang terjadi di CV. XYZ. Hal ini didukung oleh berbagai penelitian yang menggunakan prinsip-prinsip *green manufacturing* dan menunjukkan bahwa konsep tersebut dapat mengatasi dan mengurangi masalah yang berkaitan dengan pencemaran udara, air, dan tanah, mengurangi risiko terhadap lingkungan serta manusia. Penggunaan metode Fuzzy TOPSIS dalam penelitian ini dapat menjadi metode yang mampu menentukan dan meranking faktor pendukung konsep *green manufacturing*.

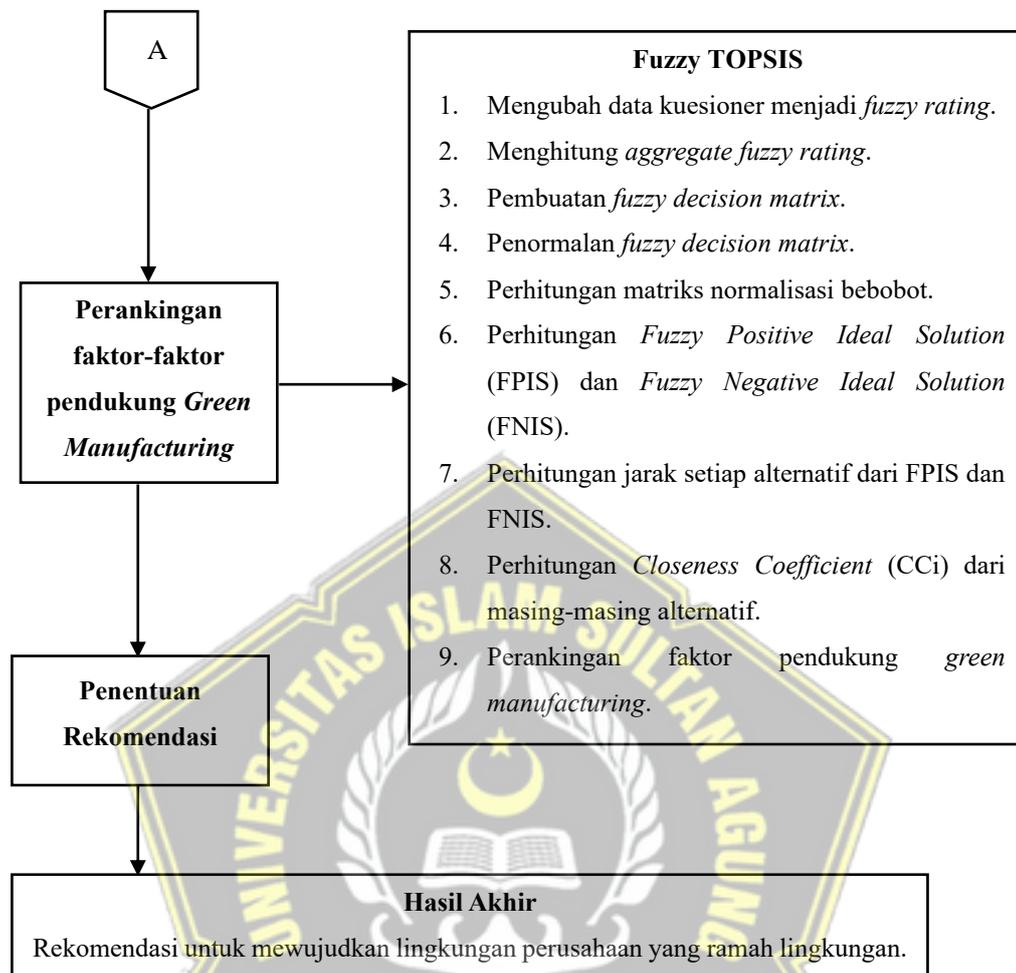
Kerangka pemikiran dan hipotesis penelitian ini adalah mengetahui praktik-praktik *green manufacturing* yang sesuai untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah yang belum mendapatkan penanganan dan mengetahui faktor yang mendukung perusahaan agar mau menerapkan praktik-praktik ramah lingkungan. Praktik dari konsep *green manufacturing* tersebut bertujuan agar CV. XYZ dapat melakukan upaya untuk meningkatkan fokus pada lingkungan perusahaan dengan dukungan SDM perusahaan. Untuk mendukung terealisasinya konsep ini, sangat penting adanya identifikasi dan analisis terhadap tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing* dan tingkat kepentingan faktor yang membuat perusahaan mau/bersedia untuk menerapkan konsep *green manufacturing*. Untuk menentukan faktor pendukung prioritas dan agar rekomendasi dapat diberikan sesuai dengan kebutuhan perusahaan, maka digunakan metode Fuzzy TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) sebagai metode untuk mengetahui bobot dan tingkatan kepentingan dari setiap faktor tersebut. Fuzzy digunakan untuk menyelesaikan penilaian dengan toleransi pada data yang tidak tepat dari kuesioner, sementara TOPSIS digunakan untuk meranking faktor pendukung berdasarkan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan.

### 2.3.2 Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis dari penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kerangka Teoritis



Gambar 2.3 Kerangka Teoritis (Lanjutan)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Objek Penelitian**

CV. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang agribisnis sebagai distributor dan produsen pupuk, pestisida, benih padi, dan benih jagung. Pada penelitian ini, peneliti melakukan penelitian di *plant 1* yang memproduksi pupuk dan beralamat di Desa Kembangarum, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Studi lapangan yang dilakukan yaitu dengan cara observasi langsung ke perusahaan. Objek penelitian yang diamati adalah lingkungan perusahaan, khususnya pada limbah aktivitas perusahaan serta karyawan dalam menjaga lingkungan perusahaan di CV. XYZ *plant 1*.

#### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan guna mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian. Data-data yang diperlukan diantaranya :

- Gambaran umum perusahaan
- Pengelolaan limbah aktivitas perusahaan
- Rekapitulasi timbunan limbah perusahaan
- Data limbah perusahaan
- Kondisi lingkungan perusahaan
- Penilaian tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing*
- Penilaian tingkat kepentingan faktor terhadap perusahaan untuk menerapkan konsep *green manufacturing*

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### **1. Studi Lapangan**

Tahapan ini dilakukan melalui observasi langsung terhadap objek penelitian. Melalui penelitian lapangan, beberapa permasalahan akan dimasukkan ke dalam rumusan masalah. Dalam rumusan masalah, ditetapkan fokus masalah yang nantinya akan menjadi acuan dalam menentukan tujuan

penelitian, dalam hal ini peneliti melakukan observasi awal pada CV. XYZ *plant 1*.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari berbagai sumber tertulis baik berupa buku, arsip, majalah, artikel, jurnal atau dokumen yang relevan dengan permasalahan yang diteliti guna dijadikan informasi yang diperoleh sebagai acuan untuk memperkuat argumentasi yang ada.

3. Wawancara

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan melakukan diskusi atau tanya jawab secara langsung dengan pihak- pihak terkait yaitu bidang ekonomi, sosial dan lingkungan.

4. Kuesioner

Kuesioner yang akan dibuat yaitu ada 2 kuesioner.

- Kuesioner I

Kuesioner ini merupakan kuesioner tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing* dan diisi oleh responden yang sesuai dengan bidangnya masing-masing.

- Kuesioner II

Kuesioner ini merupakan kuesioner tingkat kepentingan faktor yang membuat perusahaan mau/bersedia untuk menerapkan konsep *green manufacturing* dan diisi oleh responden yang sesuai dengan bidangnya masing-masing. Hasil penilaian kuesioner I dan II nantinya akan diolah dengan metode fuzzy sebagai acuan dalam menentukan faktor pendukung dan akan dilakukan pemeringkatan berdasarkan metode TOPSIS.

### 3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan metode yang peneliti gunakan yaitu metode fuzzy TOPSIS. Berikut merupakan tahapan-tahapannya :

1. Uji Validitas dan Uji Reliabilitas

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui apakah pernyataan atau pertanyaan pada kuesioner yang dibuat valid atau tidak. Uji reliabilitas

dilakukan untuk mengukur kereliabelan atau keandalan dari pernyataan atau pertanyaan pada kuesioner yang dibuat.

2. Identifikasi Praktik *Green Manufacturing*

Identifikasi praktik *green manufacturing* dilakukan untuk mengetahui praktik – praktik yang harus diterapkan oleh perusahaan untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah yang belum mendapatkan penanganan.

3. Identifikasi Faktor Pendukung *Green Manufacturing*

Identifikasi faktor dilakukan untuk mengetahui faktor yang mendukung perusahaan agar mau/bersedia menerapkan praktik-praktik *green manufacturing*. Identifikasi dapat dilakukan setelah mengetahui tingkat pengaruh kriteria yang diperoleh dari hasil penyebaran kuesioner I dan mengetahui tingkat kepentingan faktor atau alternatif yang diperoleh dari hasil penyebaran kuesioner II.

4. Perankingan Faktor

Pada tahapan ini akan dilakukan perankingan faktor yang mendukung perusahaan agar mau menerapkan praktik-praktik *green manufacturing* menggunakan metode TOPSIS. Data yang digunakan sebagai *input* TOPSIS adalah hasil penilaian faktor pendukung dari pihak perusahaan pada bidang ekonomi, sosial dan lingkungan dengan menggunakan metode fuzzy. Berikut merupakan langkah-langkah dalam perankingan menggunakan metode fuzzy TOPSIS :

1. Mengubah data hasil penilaian kuesioner menjadi *fuzzy rating*.
2. Menghitung *aggregate fuzzy rating*.
3. Pembuatan *fuzzy decision matrix*.
4. Penormalan *fuzzy decision matrix*.
5. Perhitungan matriks normalisasi berbobot.
6. Perhitungan *Fuzzy Positive Ideal Solution* (FPIS) dan *Fuzzy Negative Ideal Solution* (FNIS).
7. Perhitungan jarak setiap alternatif dari FPIS dan FNIS.
8. Perhitungan *Closeness Coefficient* (CCi) dari masing-masing alternatif.
9. Perankingan faktor pendukung *green manufacturing*.

## 5. Analisis Rekomendasi

Pada tahap ini, peneliti melakukan analisa berupa rekomendasi berdasarkan faktor pendukung prioritas *green manufacturing* yang telah diketahui. Rekomendasi dari peneliti ditujukan kepada perusahaan agar SDM perusahaan membantu dan berkontribusi dalam mencapai perusahaan yang sehat dan ramah lingkungan.

### 3.4 Analisis Data

Pada tahap ini peneliti akan melakukan analisa terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan, meliputi penentuan kondisi perusahaan, penilaian kriteria, dan penilaian alternatif. Hasil setiap penilaian akan menjadi bahan analisis untuk mengidentifikasi faktor pendukung. Faktor-faktor pendukung yang telah diidentifikasi kemudian akan di ranking sehingga dapat diketahui urutan faktor pendukung konsep *green manufacturing* dan peneliti akan memberikan rekomendasi yang terbaik.

### 3.5 Pengujian Hipotesa

Konsep *green manufacturing* dapat menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan yang terjadi di CV. XYZ. Hal ini didukung oleh berbagai penelitian yang menggunakan prinsip-prinsip *green manufacturing* dan menunjukkan bahwa konsep tersebut dapat mengatasi dan mengurangi masalah yang berkaitan dengan pencemaran udara, air, dan tanah, mengurangi risiko terhadap lingkungan serta manusia. Penggunaan metode Fuzzy TOPSIS dalam penelitian ini dapat menjadi metode yang mampu menentukan dan meranking faktor yang mendukung perusahaan agar mau menerapkan praktik-praktik *green manufacturing* sehingga mampu memberikan rekomendasi kepada perusahaan agar perusahaan pada *plant* 1 mengetahui langkah apa yang harus dilakukan dalam menerapkan konsep ramah lingkungan.

Kerangka pemikiran dan hipotesis penelitian ini adalah mengetahui praktik-praktik *green manufacturing* yang sesuai untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah perusahaan dan mengetahui faktor yang mendukung perusahaan agar mau menerapkan praktik-praktik ramah lingkungan. Praktik dari konsep *green*

*manufacturing* tersebut bertujuan agar CV. XYZ dapat melakukan upaya untuk meningkatkan fokus pada lingkungan perusahaan dengan dukungan SDM perusahaan. Untuk mendukung terealisasinya konsep ini, sangat penting adanya identifikasi dan analisis terhadap tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing* dan tingkat kepentingan faktor yang membuat perusahaan mau/bersedia untuk menerapkan konsep *green manufacturing*. Untuk menentukan faktor pendukung prioritas dan agar rekomendasi dapat diberikan sesuai dengan kebutuhan perusahaan, maka digunakan metode Fuzzy TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) sebagai metode untuk mengetahui bobot dan tingkatan kepentingan dari setiap faktor tersebut. Fuzzy digunakan untuk menyelesaikan penilaian dengan toleransi pada data yang tidak tepat dari kuesioner, sementara TOPSIS digunakan untuk merangking faktor pendukung berdasarkan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan.

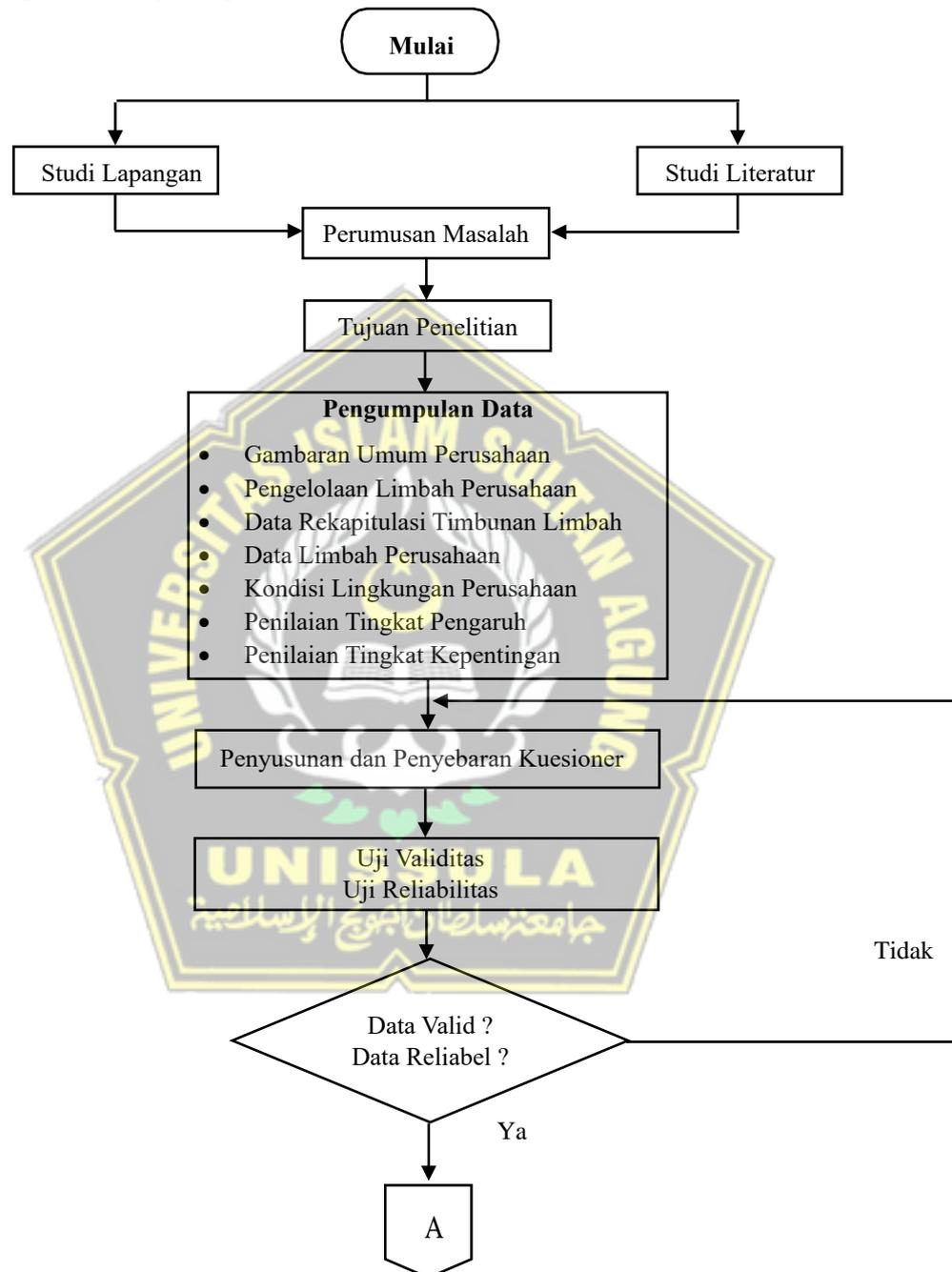
### **3.6 Penarikan Kesimpulan dan Saran**

Hasil pengolahan data, pembahasan, dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yang dijadikan sebagai hasil akhir dari penelitian, selanjutnya memberi rekomendasi atau saran yang ditujukan kepada perusahaan sebagai acuan dalam melakukan perbaikan, maupun saran perbaikan yang ditujukan bagi peneliti selanjutnya.

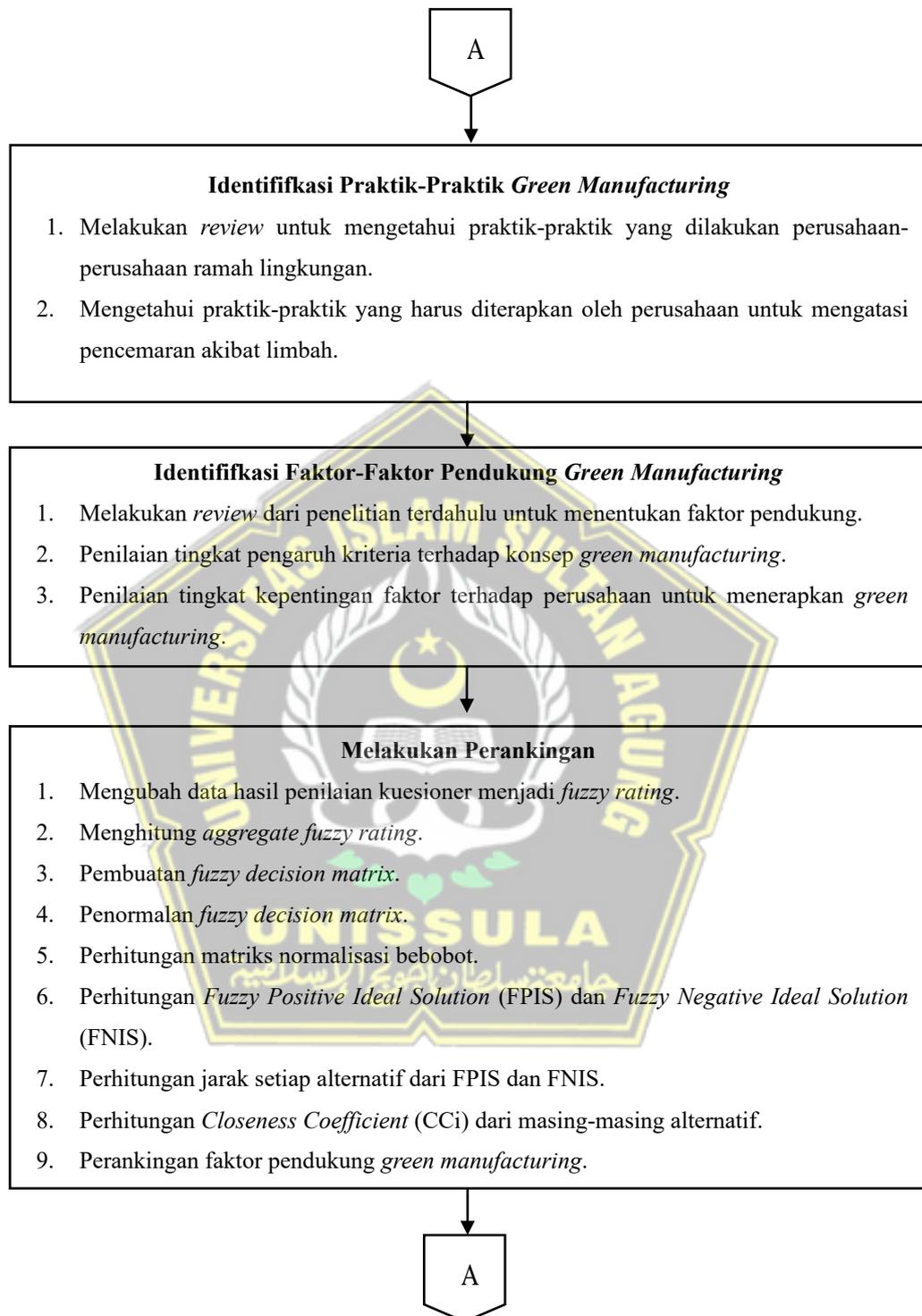


### 3.7 Diagram Alir Penelitian

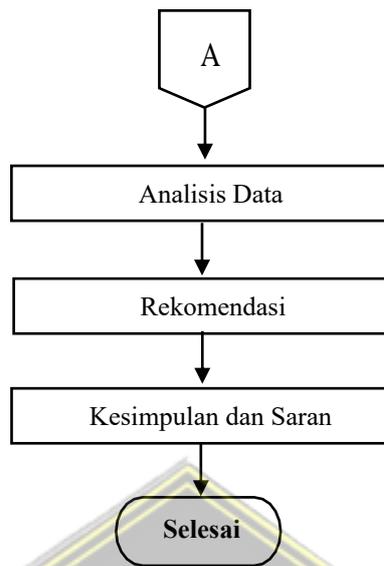
Alur penelitian diatas dijelaskan lebih lanjut kedalam tahapan penelitian, yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



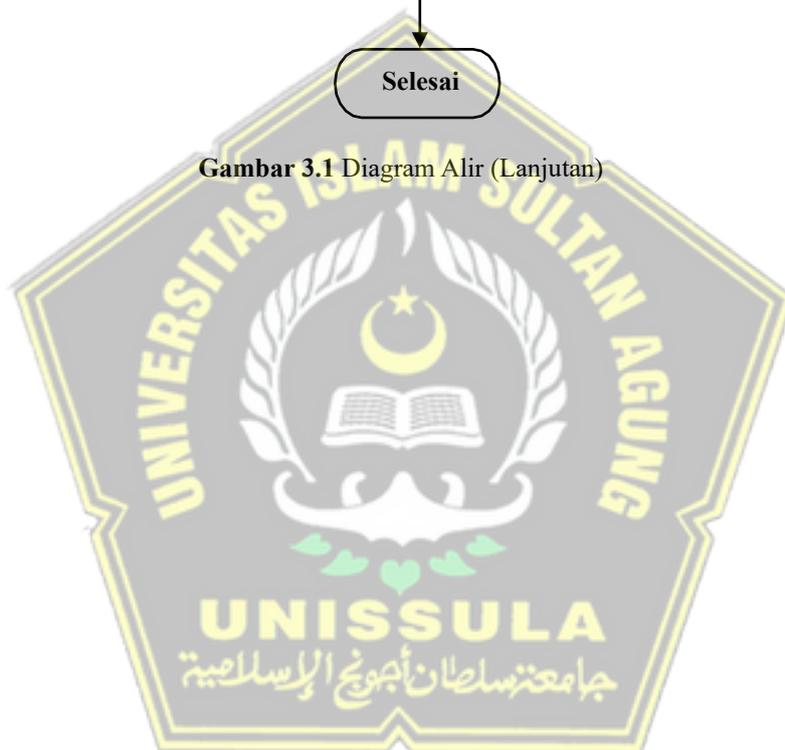
Gambar 3.1 Diagram Alir



**Gambar 3.1** Diagram Alir (Lanjutan)



Gambar 3.1 Diagram Alir (Lanjutan)



## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengumpulan Data

Berikut merupakan hasil yang diperoleh peneliti dari observasi dan wawancara yang telah dilakukan.

#### 4.1.1 Produk

CV. XYZ *plant 1* merupakan perusahaan yang menghasilkan produk berupa pupuk. Berikut merupakan jenis pupuk yang dihasilkan oleh perusahaan.

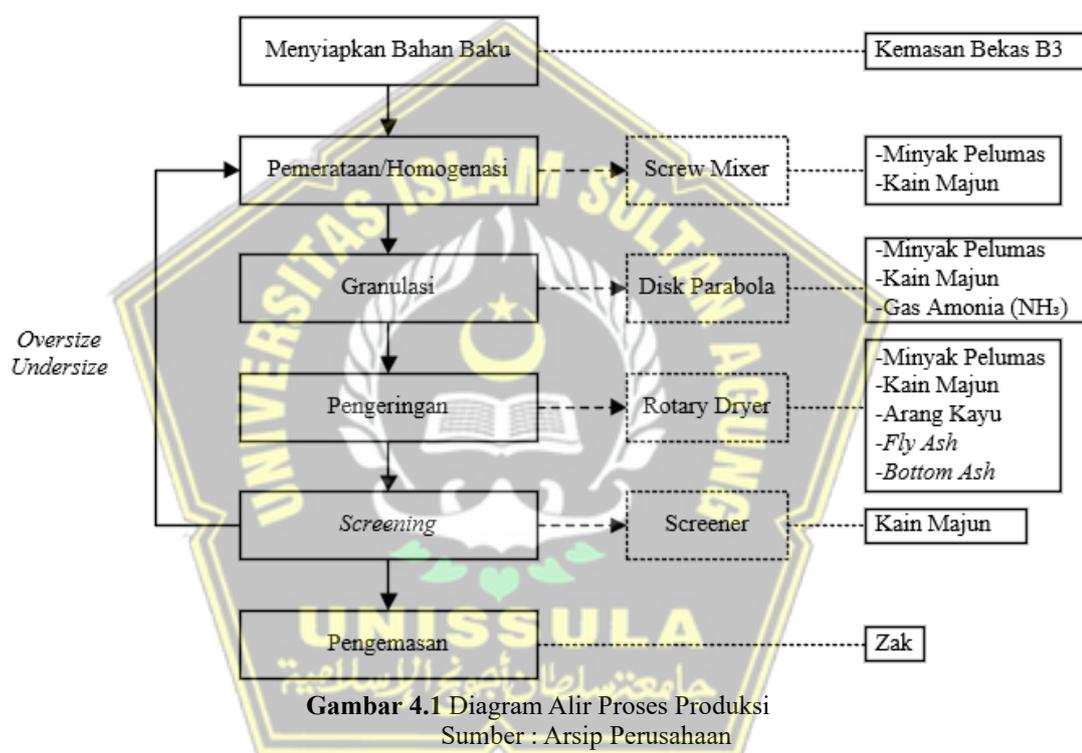


Keterangan:

- |                  |                    |                    |
|------------------|--------------------|--------------------|
| A : Pupuk CSN    | E : Pupuk Kamas    | I : Pupuk PNP      |
| B : Pupuk ZA     | F : Pupuk Phosgro  | J : Pupuk CPN      |
| C : Pupuk Magnit | G : Pupuk Saprodap | K : Pupuk Ultradap |
| D : Pupuk ZK     | H : Pupuk NPK      | L : Pupuk FertiBio |

### 4.1.2 Proses Produksi Pupuk

Produk yang dihasilkan CV. XYZ *plant* 1 adalah pupuk. Proses pembuatan pupuk dimulai dengan menyiapkan bahan baku yang kemudian dicampur kedalam *screw mixer* untuk proses homogenasi/pemerataan. Selanjutnya bahan diputar dengan *disk parabola* dan ditambahkan perekat yang dipompakan dari *mixing liquid*. Bahan baku yang berupa *powder* menjadi butiran/granul keluar kemudian masuk kedalam *conveyor*. Butiran dibawa *conveyor* dimasukkan ke dalam *rotary dryer* untuk dikeringkan. Proses produksi pupuk dapat dilihat pada gambar 4.1.



Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui proses produksi pupuk sebagai berikut:

#### 1. Menyiapkan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan pupuk NPK adalah Nitrogen (N) 15%, Fosfor Pentoksida ( $P_2O_5$ ) 15%, Potassium Oxide ( $K_2O$ ) 15% dan TE (Cu, Mn, Zn, B) 1000 ppm. Menyiapkan bahan baku dilakukan secara manual serta menghasilkan limbah kemasan bekas B3 yang berasal dari kemasan Fosfor Pentoksida ( $P_2O_5$ ) dan Potassium Oxide ( $K_2O$ ).

2. Pemerataan/Homogenasi

Proses homogenasi/pemerataan dilakukan dengan mencampurkan bahan ke dalam *screw mixer*. Dalam proses ini menghasilkan limbah minyak pelumas bekas dan kain majun dari penggunaan mesin *screw mixer*.

3. Granulasi

Bahan yang sudah tercampur selanjutnya diputar dengan *disk parabola* dan ditambahkan perekat yang dipompakan dari *mixing liquid*. Bahan baku yang berupa *powder* berubah menjadi butiran/granul. Pada proses granulasi terjadi reaksi kimia antara berbagai bahan baku. Gas yang mengandung amonia ( $\text{NH}_3$ ) akan masuk ke dalam *scrubber* untuk menyerap amonia yang terbawa. Dalam proses ini juga menghasilkan limbah minyak pelumas bekas dan kain majun dari penggunaan mesin *disk parabola*.

4. Pengeringan

Butiran/granul dari proses sebelumnya masuk kedalam *conveyor*. Butiran dibawa *conveyor* dan dimasukkan ke dalam *rotary dryer* untuk dilakukan proses pengeringan. Proses pengeringan bertujuan agar kadar air granul menjadi 1-1,5%. Dalam proses pengeringan menghasilkan limbah arang kayu dari pembakaran kayu yang digunakan sebagai sumber panas untuk mesin *rotary dryer*. Pembakaran kayu tersebut juga mengakibatkan adanya *fly ash* dan *bottom ash*. Selain itu, terdapat limbah minyak pelumas bekas dan kain majun dari penggunaan mesin *rotary dryer*.

5. *Screening*

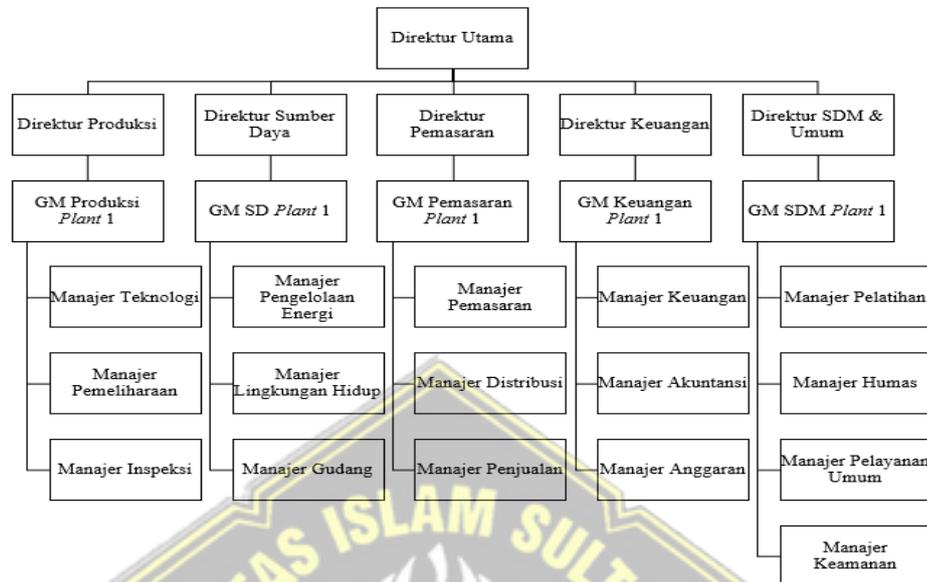
*Screening* dilakukan untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan ketentuan kualitas perusahaan yaitu 2-5 mm. Produk yang *oversize* dan *undersize* akan dipisahkan dan diproses kembali pada proses pemerataan/homogenasi. Dalam proses ini menghasilkan limbah kain majun dari penggunaan mesin *screener*.

6. Pengemasan

Proses ini dilakukan dengan menggunakan karung yang berbahan plastik. Dalam proses pengemasan menghasilkan limbah zak.

### 4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi pada CV. XYZ dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Struktur Organisasi CV. XYZ

Sumber : Arsip Perusahaan

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa CV. XYZ dipimpin oleh Direktur Utama yang berkoordinasi dengan berbagai bagian untuk menjamin berjalannya perusahaan dengan baik. Berikut merupakan tugas dan tanggung jawab dari setiap bagian.

a. Direktur Utama

Direktur utama bertanggung jawab atas arah strategis perusahaan untuk mencapai tujuannya. Direktur utama menunjuk personil untuk memastikan kelancaran sebuah perusahaan diantaranya terdapat direktur produksi, direktur sumber daya, direktur pemasaran, direktur keuangan, dan direktur SDM & umum.

b. Direktur Produksi

Direktur produksi bertanggung jawab atas keseluruhan aktivitas operasi fasilitas proses produksi. Dibawah direktur produksi terdapat general manajer produksi yang bertanggung jawab terhadap beberapa bagian yaitu teknologi, pemeliharaan, dan inspeksi. Bagian teknologi dipimpin oleh manajer teknologi yang memastikan produksi berjalan dengan lancar. Bagian pemeliharaan dipimpin oleh manajer pemeliharaan yang memonitor

operasi dengan teliti. Bagian inspeksi dipimpin oleh manajer inspeksi yang memastikan bahwa produk memenuhi persyaratan kualitas.

c. **Direktur Sumber Daya**

Direktur sumber daya memiliki tanggung jawab dalam mengelola atau mengatur sumber daya alam guna menangkai terjadinya kerusakan atau kehancuran ekosistem yang ada di lingkungan perusahaan. Di bawah direktur sumber daya terdapat general manajer sumber daya yang bertanggung jawab terhadap beberapa bagian yaitu pengelolaan energi, lingkungan hidup, dan gudang. Bagian pengelolaan energi dipimpin oleh manajer pengelolaan energi yang memastikan pemakaian sumber daya dalam proses produksi. Bagian lingkungan hidup dipimpin oleh manajer lingkungan hidup yang memantau lingkungan perusahaan. Bagian gudang dipimpin oleh manajer gudang yang memastikan bahwa produk tersimpan dengan baik di gudang.

d. **Direktur Pemasaran**

Direktur pemasaran memiliki tanggung jawab untuk meningkatkan pendapatan perusahaan dengan cara bekerja sama untuk mengembangkan produk dan strategi pemasaran. Di bawah direktur pemasaran terdapat general manajer pemasaran yang bertanggung jawab terhadap beberapa bagian yaitu pemasaran, distribusi, dan penjualan. Bagian pemasaran dipimpin oleh manajer pemasaran yang mengatur strategi dalam memasarkan produk. Bagian distribusi dipimpin oleh manajer distribusi yang memantau pendistribusian ke retailer maupun konsumen. Bagian penjualan dipimpin oleh manajer penjualan yang mendata produk terjual.

e. **Direktur Keuangan**

Direktur keuangan memiliki tanggung jawab untuk untuk menjamin integritas dari semua laporan keuangan perusahaan. Di bawah direktur keuangan terdapat general manajer keuangan yang bertanggung jawab terhadap beberapa bagian yaitu keuangan, akuntansi, dan anggaran. Bagian keuangan dipimpin oleh manajer keuangan yang memastikan bahwa biaya produksi terkontrol dengan baik. Bagian akuntansi dipimpin oleh manajer

akuntansi yang memastikan bahwa semua karyawan yang relevan mematuhi standar akuntansi keuangan. Bagian anggaran dipimpin oleh manajer anggaran yang menjaga arsip dan penganggaran serta memonitor biaya produksi dan menganalisa pergerakan pasar untuk menentukan volume yang tepat dan target harga untuk pasokan.

f. **Direktur SDM & Umum**

Direktur SDM & Umum bertanggung jawab atas rekrutmen dan seleksi, pengembangan kebijakan kompensasi, dan proses penggajian. Dibawah direktur pemasaran terdapat general manager SDM yang bertanggung jawab terhadap beberapa bagian yaitu pelatihan, hubungan masyarakat, pelayanan umum, dan keamanan. Bagian pelatihan dipimpin oleh manajer pelatihan yang mengembangkan kompetensi dari karyawan. Bagian hubungan masyarakat dipimpin oleh manajer hubungan masyarakat yang menjaga hubungan perusahaan dengan karyawan maupun warga sekitar perusahaan. Bagian pelayanan umum dipimpin oleh manajer pelayanan umum yang memantau fasilitas perusahaan. Bagian keamanan dipimpin oleh manajer keamanan yang memonitor keamanan di lingkungan perusahaan.

#### 4.1.4 Data Rekapitulasi Timbunan Limbah Perusahaan

Berdasarkan observasi dan wawancara yang telah dilakukan, diperoleh rekapitulasi limbah kategori B3 dan *non* B3 sesuai dengan Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan (PP Nomor 22 Tahun 2021). Data limbah dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Timbunan Limbah Perusahaan

	Jenis Limbah	Wujud	2020 (kg)	2021 (kg)	2022 (kg)
<b>Limbah B3</b>	Kain Majun	Padat	52.043	81.506	134.832
	Amonia (NH <sub>3</sub> )	Gas			
	Kemasan Bekas B3	Padat			
	Limbah Laboratorium	Padat			
	Filter Bekas	Padat			
	Minyak Pelumas Bekas	Cair			
	Aki Bekas	Padat			
<b>Limbah Non B3</b>	<i>Fly Ash</i>	Padat	534.792	537.222	549.048
	<i>Bottom Ash</i>	Padat			
	Zak	Padat			
	Arang kayu	Padat			
	Sampah domestik	Padat			

#### 4.1.5 Identifikasi Praktik *Green Manufacturing*

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi praktik-praktik *green manufacturing* untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah yang belum ditangani perusahaan. Setelah mengetahui praktik-praktik *green manufacturing* maka selanjutnya akan dilakukan penentuan faktor yang mendukung perusahaan agar mau menerapkan praktik-praktik tersebut. Praktik-praktik yang dapat dilakukan dalam mengelola limbah yang belum ditangani oleh perusahaan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Praktik Yang Dapat Dilakukan Perusahaan Untuk Menangani Limbah

No	Jenis Limbah	Praktik <i>Green Manufacturing</i>	Sumber
1	Kain Majun	Mengurangi penggunaan kain majun dengan menggunakan serbuk gergaji kayu untuk membersihkan tumpahan oli. Hal tersebut lebih efektif karena serbuk gergaji kayu memiliki daya serap yang lebih baik terhadap oli yang tumpah atau bocor dan lebih ramah lingkungan. Serbuk kayu tersebut selanjutnya diserahkan ke pihak ketiga untuk mendapatkan pengelolaan.	(Pangesti, Jati, and Asban 2023)
2	<i>Fly Ash</i>	- Penambahan <i>scrubber system</i> model <i>wet scrubber</i> untuk mengontrol <i>fly ash</i> . <i>Wet scrubber</i> bekerja dengan cara menyerap polutan dengan <i>liquid</i> atau cairan. Di dalam sistem tersebut, gas yang terkontaminasi akan masuk ke bagian bawah sistem, kemudian akan dialirkan atau disempatkan ke atas.	(Mashuri et al. 2012) (Leliana, Puspitasari, and Apriliani 2021)
3	<i>Bottom Ash</i>	- Mengumpulkan <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> dan bekerja sama dengan pihak ketiga untuk mengolah <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> menjadi batako. Abu dari pembakaran dimanfaatkan sebagai campuran beton dan batako karena ukuran partikelnya yang sangat halus sehingga dapat berfungsi sebagai pengisi rongga dan sebagai bahan pengikat agregat.	(Setiawan et al. 2017) (Bahari 2022) (Ayuningtyas et al. 2021)
4	Filter Bekas	Menempatkan filter bekas dan minyak pelumas bekas ke dalam drum dan kemudian disimpan ke tempat penyimpanan sementara di TPS limbah B3 yang kemudian diangkut oleh pihak ketiga.	(Fitriani and Darussalam 2020) (Muafi et al. 2023) (PP Nomor 22 Tahun 2021)
5	Minyak Pelumas Bekas		
6	Zak	Mengumpulkan limbah zak lalu dijual kepada pihak ketiga yang melakukan pengolahan limbah zak.	(Sulaeman 2018)
7	Arang kayu	Mengumpulkan arang kayu dan bekerja sama dengan pihak ketiga untuk mengolah arang kayu sebagai bahan campuran pembuatan beton ringan.	(Ardiansyah, Ashari, and Dermawan 2017)

#### 4.1.6 Identifikasi Kriteria *Green Manufacturing*

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi kriteria *green manufacturing* karena kriteria tersebut akan membantu dalam menentukan faktor yang mendukung perusahaan untuk mewujudkan konsep *green manufacturing*. Kriteria yang digunakan adalah perspektif dari bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan. Hal ini karena ketiga bidang tersebut saling berhubungan dan berdampak satu sama lain.

Perspektif dari bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan telah digunakan dalam penelitian sebelumnya yang membahas faktor-faktor konsep *green manufacturing*. Penjelasan perspektif yang digunakan sebagai kriteria dalam menentukan faktor pendukung konsep *green manufacturing* dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kriteria *Green Manufacturing*

No	Kriteria	Penjelasan	Sumber
1	Perspektif Ekonomi	Mencakup aktivitas untuk mendapatkan keuntungan melalui proses produksi dan pemanfaatan sumber daya alam.	Mittal and Sangwan (2014) Gandhi, Thanki, and Thakkar (2018) Fara Auliya (2021)
2	Perspektif Sosial	Mencakup hubungan perusahaan kepada sumber daya manusia perusahaan.	
3	Perspektif Lingkungan	Perpaduan kondisi fisik yang mencakup keadaan alam seperti tanah, air, udara dan energi yang mempengaruhi keadaan lingkungan dan kesehatan manusia.	

#### 4.1.7 Identifikasi Faktor - Faktor Pendukung *Green Manufacturing*

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi faktor yang mendukung perusahaan agar mau menerapkan *green manufacturing* karena ketersediaan perusahaan memiliki peran penting dalam mewujudkan praktik-praktik *green manufacturing* di perusahaan. Berdasarkan hasil *literatur review* yang telah dilakukan, diperoleh beberapa faktor pendukung yang relevan digunakan dalam penelitian ini. Faktor-faktor pendukung tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Faktor-Faktor Pendukung Konsep *Green Manufacturing*

No	Faktor	Penjelasan	Sumber
1	Keuntungan finansial	Praktik <i>green manufacturing</i> meningkatkan keuntungan finansial bagi perusahaan melalui penggunaan kembali dan daur ulang limbah-limbah yang masih bisa dimanfaatkan sehingga memiliki nilai tambah.	Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
2	Pesaing	Untuk bertahan di pasar, produsen perlu bersaing dengan para kompetitor dengan memperkenalkan manufaktur yang inovatif yaitu dengan diimplementasikannya konsep ramah lingkungan.	Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
3	Tren pasar	Diketahui pada saat ini tren <i>green manufacturing</i> didukung oleh semua pihak eksternal. Dalam hal ini, tren tersebut menekan produsen untuk menghasilkan produk melalui aktivitas manufaktur yang ramah lingkungan.	Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
4	Kebutuhan Rantai Pasok	Kebutuhan rantai pasok menekan <i>supplier</i> untuk menyuplai produk yang peduli terhadap lingkungan. Hal tersebut membantu perusahaan dalam menciptakan produk dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan.	Mittal and Sangwan (2014)
5	Citra perusahaan	Reputasi memainkan peran penting dalam pertumbuhan perusahaan di tengah-tengah masyarakat yang dapat menjadi keunggulan kompetitif. Oleh karena itu, untuk mempertahankan citra perusahaan, praktik <i>green manufacturing</i> adalah hal yang harus dilakukan.	Mittal and Sangwan (2014)
			Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
			Gandhi, Thanki, and Thakkar (2018)
6	Pelanggan	Kesadaran pelanggan akan kepedulian terhadap lingkungan menekan produsen untuk melakukan proses produksi yang ramah lingkungan.	Mittal and Sangwan (2014)
			Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
7	Motivasi internal	Pemberian <i>reward</i> dari pemerintah kepada perusahaan yang memiliki strategi untuk menjaga lingkungan mampu memotivasi perusahaan dalam menerapkan <i>manufactur</i> yang ramah lingkungan.	Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
8	Permintaan Pekerja	Beberapa operasi menghasilkan limbah berbahaya dan beracun yang dapat mencemari lingkungan dan berisiko bagi keselamatan pekerja. Oleh karena itu, ada tuntutan dari pekerja agar perusahaan menerapkan konsep <i>green manufacturing</i> .	Mittal and Sangwan (2014)
			Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
9	Kepatuhan Terhadap Peraturan	Kewajiban perusahaan untuk mematuhi peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan yang memuat tentang operasional bidang pengendalian pencemaran lingkungan.	Mittal and Sangwan (2014)
			Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
			Gandhi, Thanki, and Thakkar (2018)

**Tabel 4.4** Faktor-Faktor Pendukung Konsep *Green Manufacturing* (Lanjutan)

10	Inovasi Ramah Lingkungan	Inovasi baru dalam proses manufaktur yang dibuat perusahaan untuk meningkatkan strategi yang menjaga lingkungan.	Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
			Kannan, Govindan, and Rajendran (2015)
11	Pelestarian Lingkungan Hidup	Perusahaan memiliki tanggung jawab untuk melindungi lingkungan akibat menipisnya sumber daya alam dan kepedulian terhadap kelestarian lingkungan.	Govindan, Diabat, and Madan Shankar (2015)
12	Pengelolaan Lingkungan	Pengelolaan lingkungan terdiri dari penyertaan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk, pengurangan emisi polusi dan limbah pada sumbernya.	Aviasti (2017)

#### 4.1.8 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah sumber daya manusia di CV. XYZ yang memiliki kepentingan untuk melakukan pengembangan pada perusahaan. Sampel dalam penelitian ini adalah pihak yang memiliki peranan besar dalam bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan. Pihak tersebut disebut juga sebagai *decision maker* yang merupakan seseorang dengan keahlian di bidang tertentu dan sebagai responden dalam menilai pernyataan maupun pertanyaan dalam kuesioner penelitian. Pihak-pihak tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Responden Penelitian

No	Bidang	Jabatan	Simbol
1	Ekonomi	Manajer Keuangan	<i>Decision Maker</i> 1 (DM 1)
2		Manajer Pemasaran	<i>Decision Maker</i> 2 (DM 2)
3		Manajer Anggaran	<i>Decision Maker</i> 3 (DM 3)
4		Manajer Akuntansi	<i>Decision Maker</i> 4 (DM 4)
5	Sosial	Manajer Hubungan Masyarakat	<i>Decision Maker</i> 5 (DM 5)
6		Manajer Penjualan	<i>Decision Maker</i> 6 (DM 6)
7		Manajer Pelatihan	<i>Decision Maker</i> 7 (DM 7)
8		Manajer Pelayanan Umum	<i>Decision Maker</i> 8 (DM 8)
9	Lingkungan	Manajer Keamanan	<i>Decision Maker</i> 9 (DM 9)
10		Manajer Lingkungan Hidup	<i>Decision Maker</i> 10 (DM 10)
11		Manajer Pengelolaan Energi	<i>Decision Maker</i> 11 (DM 11)
12		Manajer Pemeliharaan	<i>Decision Maker</i> 12 (DM 12)

#### 4.1.9 Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Terhadap *Green Manufacturing*

Penyusunan kuesioner 1 bertujuan untuk mengetahui persepsi responden mengenai tingkat pengaruh dari kriteria terhadap konsep *green manufacturing*. Kriteria tersebut berupa perspektif dari bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan serta dilakukan penilaian dengan skala likert 1-5 oleh responden yang sesuai dengan bidangnya masing-masing. Skala penilaian yang digunakan adalah tidak berpengaruh (1), kurang berpengaruh (2), cukup berpengaruh (3), berpengaruh (4), dan sangat berpengaruh (5).

Berikut adalah tabel 4.6 yang merupakan kuesioner 1 penilaian tingkat pengaruh kriteria ekonomi terhadap *green manufacturing* yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang ekonomi.

**Tabel 4.6** Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Ekonomi Terhadap *Green Manufacturing*

Kriteria	Keterangan	Penilaian				
		1	2	3	4	5
Ekonomi	Mencakup aktivitas untuk mendapatkan keuntungan melalui proses produksi dan pemanfaatan sumber daya alam.					

Rekapitulasi dari pengisian kuesioner 1 yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang ekonomi dapat dilihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Rekapitulasi Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Ekonomi

Kriteria	Keterangan	Responden	Penilaian				
			1	2	3	4	5
Ekonomi	Mencakup aktivitas untuk mendapatkan keuntungan melalui proses produksi dan pemanfaatan sumber daya alam.	DM 1					✓
		DM 2					✓
		DM 3					✓
		DM 4					✓

Keterangan :

- DM 1 : Manajer Keuangan
- DM 2 : Manajer Pemasaran
- DM 3 : Manajer Anggaran
- DM 4 : Manajer Akuntansi

Berikut adalah tabel 4.8 yang merupakan kuesioner 1 penilaian pengaruh kriteria sosial terhadap *green manufacturing* yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang sosial.

**Tabel 4.8** Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Sosial Terhadap *Green Manufacturing*

Kriteria	Keterangan	Penilaian				
		1	2	3	4	5
Sosial	Mencakup hubungan perusahaan kepada sumber daya manusia perusahaan dan masyarakat.					

Rekapitulasi dari pengisian kuesioner 1 yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang sosial dapat dilihat pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Rekapitulasi Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Sosial

Kriteria	Keterangan	Responden	Penilaian				
			1	2	3	4	5
Sosial	Mencakup hubungan perusahaan kepada sumber daya manusia perusahaan.	DM 5					✓
		DM 6					✓
		DM 7				✓	
		DM 8					✓

Keterangan :

DM 5 : Manajer Hubungan Masyarakat

DM 6 : Manajer Penjualan

DM 7 : Manajer Pelatihan

DM 8 : Manajer Pelayanan Umum

Berikut adalah tabel 4.10 yang merupakan kuesioner 1 penilaian pengaruh kriteria lingkungan terhadap *green manufacturing* yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang lingkungan.

**Tabel 4.10** Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Lingkungan Terhadap *Green Manufacturing*

Kriteria	Keterangan	Penilaian				
		1	2	3	4	5
Lingkungan	Perpaduan kondisi fisik yang mencakup keadaan alam seperti tanah, air, udara dan energi yang mempengaruhi keadaan lingkungan dan kesehatan manusia.					

Rekapitulasi dari pengisian kuesioner 1 yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang lingkungan dapat dilihat pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Rekapitulasi Kuesioner 1 Penilaian Tingkat Pengaruh Kriteria Lingkungan

Kriteria	Keterangan	Responden	Penilaian				
			1	2	3	4	5
Lingkungan	Perpaduan kondisi fisik yang mencakup keadaan alam seperti tanah, air, udara dan energi yang mempengaruhi keadaan lingkungan dan kesehatan manusia.	DM 9					✓
		DM 10					✓
		DM 11					✓
		DM 12					✓

Keterangan :

DM 9 : Manajer Keamanan

DM 10 : Manajer Lingkungan Hidup

DM 11 : Manajer Pengelolaan Energi

DM 12 : Manajer Pemeliharaan

#### 4.1.10 Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bagi Penerapan *Green Manufacturing* di Perusahaan

Penyusunan kuesioner 2 bertujuan untuk mengetahui persepsi responden mengenai tingkat kepentingan faktor bagi perusahaan untuk menerapkan konsep *green manufacturing*. Faktor tersebut dibedakan berdasarkan perspektif dari bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan serta dilakukan penilaian dengan skala likert 1-5 oleh responden yang sesuai dengan bidangnya masing-masing. Skala penilaian yang digunakan adalah tidak penting (1), kurang penting (2), cukup penting (3), penting (4), dan sangat penting (5).

Berikut adalah tabel 4.12 yang merupakan kuesioner 2 penilaian tingkat kepentingan faktor bagi penerapan *green manufacturing* di perusahaan yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang ekonomi.

**Tabel 4.12** Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Ekonomi Bagi Perusahaan

No	Faktor	Penjelasan	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	Keuntungan finansial	Praktik <i>green manufacturing</i> meningkatkan keuntungan finansial bagi perusahaan melalui penggunaan kembali dan daur ulang limbah-limbah yang masih bisa dimanfaatkan sehingga memiliki nilai tambah.					
2	Pesaing	Untuk bertahan di pasar, produsen perlu bersaing dengan para kompetitor dengan memperkenalkan manufaktur yang inovatif yaitu dengan diimplementasikannya konsep ramah lingkungan.					
3	Tren pasar	Diketahui pada saat ini tren <i>green manufacturing</i> didukung oleh semua pihak eksternal. Dalam hal ini, tren tersebut menekan produsen untuk menghasilkan produk melalui aktivitas manufaktur yang ramah lingkungan.					
4	Kebutuhan Rantai Pasok	Kebutuhan rantai pasok menekan <i>supplier</i> untuk menyuplai produk yang peduli terhadap lingkungan. Hal tersebut membantu perusahaan dalam menciptakan produk dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan.					

Rekapitulasi dari pengisian kuesioner 2 yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang ekonomi dapat dilihat pada tabel 4.13.

**Tabel 4.13** Rekapitulasi Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Ekonomi

No	Faktor	Penjelasan	Respon den	Penilaian				
				1	2	3	4	5
1	Keuntungan finansial	Praktik <i>green manufacturing</i> meningkatkan keuntungan finansial bagi perusahaan melalui penggunaan kembali dan daur ulang limbah-limbah yang masih bisa dimanfaatkan sehingga memiliki nilai tambah.	DM 1			✓		
			DM 2					✓
			DM 3				✓	
			DM 4					✓
2	Pesaing	Untuk bertahan di pasar, produsen perlu bersaing dengan para kompetitor dengan memperkenalkan manufaktur yang inovatif yaitu dengan diimplementasikannya konsep ramah lingkungan	DM 1			✓		
			DM 2					✓
			DM 3				✓	
			DM 4					✓
3	Tren pasar	Diketahui pada saat ini tren <i>green manufacturing</i> didukung oleh semua pihak eksternal. Dalam hal ini, tren tersebut menekan produsen untuk menghasilkan produk melalui aktivitas manufaktur yang ramah lingkungan.	DM 1			✓		
			DM 2					✓
			DM 3					✓
			DM 4					✓
4	Kebutuhan Rantai Pasok	Kebutuhan rantai pasok menekan <i>supplier</i> untuk menyuplai produk yang peduli terhadap lingkungan. Hal tersebut membantu perusahaan dalam menciptakan produk dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan.	DM 1			✓		
			DM 2				✓	
			DM 3				✓	
			DM 4				✓	

Keterangan :

DM 1 : Manajer Keuangan

DM 2 : Manajer Pemasaran

DM 3 : Manajer Anggaran

DM 4 : Manajer Akuntansi

Berikut adalah tabel 4.14 yang merupakan kuesioner 2 penilaian tingkat kepentingan faktor bagi penerapan *green manufacturing* di perusahaan yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang sosial.

**Tabel 4.14** Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Sosial Bagi Perusahaan

No	Faktor	Penjelasan	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	Citra perusahaan	Reputasi memainkan peran penting dalam pertumbuhan perusahaan di tengah-tengah masyarakat yang dapat menjadi keunggulan kompetitif. Oleh karena itu, untuk mempertahankan citra perusahaan, praktik <i>green manufacturing</i> adalah hal yang harus dilakukan.					
2	Pelanggan	Kesadaran pelanggan akan kepedulian terhadap lingkungan menekan produsen untuk melakukan proses produksi yang ramah lingkungan.					

3	Motivasi internal	Pemberian <i>reward</i> dari pemerintah kepada perusahaan yang memiliki strategi untuk menjaga lingkungan mampu memotivasi perusahaan dalam menerapkan <i>manufactur</i> yang ramah lingkungan.					
4	Permintaan Pekerja	Beberapa operasi menghasilkan limbah berbahaya dan beracun yang dapat mencemari lingkungan dan berisiko bagi keselamatan pekerja. Oleh karena itu, ada tuntutan dari pekerja agar perusahaan menerapkan konsep <i>green manufacturing</i> .					

Rekapitulasi dari pengisian kuesioner 2 yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang sosial dapat dilihat pada tabel 4.15.

**Tabel 4.15** Rekapitulasi Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Sosial

No	Faktor	Penjelasan	Respon den	Penilaian				
				1	2	3	4	5
1	Citra perusahaan	Reputasi memainkan peran penting dalam pertumbuhan perusahaan di tengah-tengah masyarakat yang dapat menjadi keunggulan kompetitif. Oleh karena itu, untuk mempertahankan citra perusahaan, praktik <i>green manufacturing</i> adalah hal yang harus dilakukan.	DM 5			✓		
			DM 6					✓
			DM 7				✓	
			DM 8					✓
2	Pelanggan	Kesadaran pelanggan akan kepedulian terhadap lingkungan menekan produsen untuk melakukan proses produksi yang ramah lingkungan.	DM 5			✓		
			DM 6				✓	
			DM 7				✓	
			DM 8				✓	
3	Motivasi internal	Pemberian <i>reward</i> dari pemerintah kepada perusahaan yang memiliki strategi untuk menjaga lingkungan mampu memotivasi perusahaan dalam menerapkan <i>manufactur</i> yang ramah lingkungan.	DM 5			✓		
			DM 6					✓
			DM 7				✓	
			DM 8					✓
4	Permintaan Pekerja	Beberapa operasi menghasilkan limbah berbahaya dan beracun yang dapat mencemari lingkungan dan berisiko bagi keselamatan pekerja. Oleh karena itu, ada tuntutan dari pekerja agar perusahaan menerapkan konsep <i>green manufacturing</i> .	DM 5			✓		
			DM 6					✓
			DM 7					✓
			DM 8					✓

Keterangan :

DM 5 : Manajer Hubungan Masyarakat

DM 6 : Manajer Penjualan

DM 7 : Manajer Pelatihan

DM 8 : Manajer Pelayanan Umum

Berikut adalah tabel 4.16 yang merupakan kuesioner 2 penilaian tingkat kepentingan faktor yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang lingkungan.

**Tabel 4.16** Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Lingkungan Bagi Perusahaan

No	Faktor	Penjelasan	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	Kepatuhan Terhadap Peraturan	Kewajiban perusahaan untuk mematuhi peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan yang memuat tentang operasional bidang pengendalian pencemaran lingkungan.					
2	Inovasi Ramah Lingkungan	Inovasi baru dalam proses manufaktur yang dibuat perusahaan untuk meningkatkan strategi yang menjaga lingkungan.					
3	Pelestarian Lingkungan Hidup	Perusahaan memiliki tanggung jawab untuk melindungi lingkungan akibat menipisnya sumber daya alam dan kepedulian terhadap kelestarian lingkungan.					
4	Pengelolaan Lingkungan	Pengelolaan lingkungan terdiri dari penyertaan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk, pengurangan emisi polusi dan limbah pada sumbernya.					

Rekapitulasi dari pengisian kuesioner 2 yang diisi oleh responden atau *decision maker* bidang lingkungan dapat dilihat pada tabel 4.17.

**Tabel 4.17** Rekapitulasi Kuesioner 2 Penilaian Tingkat Kepentingan Faktor Bidang Lingkungan

No	Faktor	Penjelasan	Responden	Penilaian				
				1	2	3	4	5
1	Kepatuhan Terhadap Peraturan	Kewajiban perusahaan untuk mematuhi peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan yang memuat tentang operasional bidang pengendalian pencemaran lingkungan.	DM 9					✓
			DM 10			✓		
			DM 11					✓
			DM 12					✓
2	Inovasi Ramah Lingkungan	Inovasi baru dalam proses manufaktur yang dibuat perusahaan untuk meningkatkan strategi yang menjaga lingkungan.	DM 9				✓	
			DM 10			✓		
			DM 11				✓	
			DM 12				✓	
3	Pelestarian Lingkungan Hidup	Perusahaan memiliki tanggung jawab untuk melindungi lingkungan akibat menipisnya sumber daya alam dan kepedulian terhadap kelestarian lingkungan.	DM 9					✓
			DM 10			✓		
			DM 11					✓
			DM 12				✓	
4	Pengelolaan Lingkungan	Pengelolaan lingkungan terdiri dari penyertaan bahan yang dapat didaur ulang dalam produk, pengurangan emisi polusi dan limbah pada sumbernya.	DM 9					✓
			DM 10			✓		
			DM 11					✓
			DM 12				✓	

Keterangan :

DM 9 : Manajer Keamanan

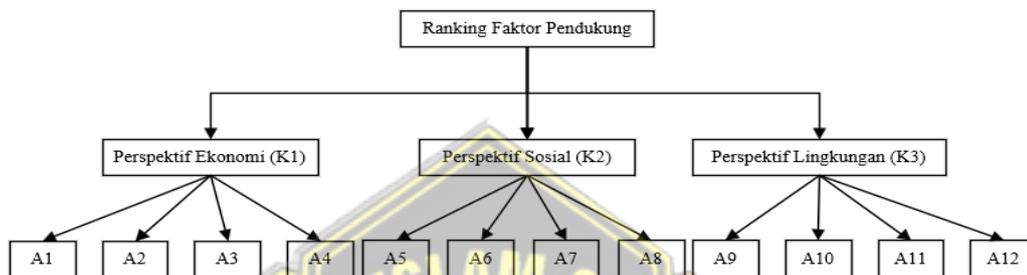
DM 10 : Manajer Lingkungan Hidup

DM 11 : Manajer Pengelolaan Energi

DM 12 : Manajer Pemeliharaan

#### 4.1.11 Struktur Hierarki

Penentuan faktor pendukung konsep *green manufacturing* tersusun dalam struktur hierarki. Faktor pendukung berada di urutan paling bawah dengan simbol A dan perspektif yang digunakan sebagai pertimbangan atau kriteria dalam menentukan faktor pendukung berada di tengah-tengah hierarki dengan simbol K. Struktur hierarki dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Struktur Hierarki

Keterangan :

- A1 : Keuntungan finansial
- A2 : Pesaing
- A3 : Tren pasar
- A4 : Kebutuhan rantai pasok
- A5 : Citra perusahaan
- A6 : Pelanggan
- A7 : Motivasi internal
- A8 : Permintaan pekerja
- A9 : Kepatuhan terhadap peraturan
- A10 : Inovasi ramah lingkungan
- A11 : Pelestarian lingkungan hidup
- A12 : Pengelolaan lingkungan

#### 4.2 Pengolahan Data

Terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan dalam mengolah data menggunakan metode fuzzy TOPSIS. Data yang akan diolah merupakan data hasil dari penilaian kuesioner yang kemudian dilakukan uji validitas untuk mengetahui kevalidan atau ketepatan pernyataan dan uji reliabilitas untuk mengetahui keandalan pernyataan pada kuesioner. Setelah mengetahui data yang valid dan

reliabel, dilakukan pengolahan data dengan metode fuzzy TOPSIS. Berikut merupakan pengolahan data dengan metode fuzzy TOPSIS untuk menentukan faktor pendukung dalam menerapkan konsep *green manufacturing*.

#### 4.2.1 Mengubah Data Hasil Penilaian Kuesioner Menjadi *Fuzzy Rating*

Data dari penyebaran kuesioner 1 dan 2 yang penilaiannya menggunakan skala likert akan diubah menjadi penilaian *fuzzy rating* berdasarkan pada tabel 2.3. Perubahan ini dilakukan agar data tersebut dapat diolah di tahap berikutnya. Nilai *fuzzy rating* dari kuesioner 1 yang merupakan penilaian kriteria dan kuesioner 2 yang merupakan penilaian faktor pendukung dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.18** *Fuzzy Rating* Kriteria Ekonomi

Kriteria	Penilaian			
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4
Ekonomi	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)

**Tabel 4.19** *Fuzzy Rating* Kriteria Sosial

Kriteria	Penilaian			
	DM 5	DM 6	DM 7	DM 8
Sosial	(7,9,9)	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)

**Tabel 4.20** *Fuzzy Rating* Kriteria Lingkungan

Kriteria	Penilaian			
	DM 9	DM 10	DM 11	DM 12
Lingkungan	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)

**Tabel 4.21** *Fuzzy Rating* Faktor Pendukung Bidang Ekonomi

No	Faktor	Penilaian			
		DM 1	DM 2	DM 3	DM 4
1	Keuntungan finansial	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)
2	Pesaing	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)
3	Tren pasar	(3,5,7)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)
4	Kebutuhan Rantai Pasok	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)

**Tabel 4.22** *Fuzzy Rating* Faktor Pendukung Bidang Sosial

No	Faktor	Penilaian			
		DM 5	DM 6	DM 7	DM 8
1	Citra perusahaan	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(7,9,9)
2	Pelanggan	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
3	Motivasi internal	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)
4	Permintaan Pekerja	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)

**Tabel 4.23** *Fuzzy Rating* Faktor Pendukung Bidang Lingkungan

No	Faktor	Penilaian			
		DM 9	DM 10	DM 11	DM 12
1	Kepatuhan Terhadap Peraturan	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(7,9,9)
2	Inovasi Ramah Lingkungan	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
3	Pelestarian Lingkungan Hidup	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)
4	Pengelolaan Lingkungan	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)

#### 4.2.2 Menghitung Aggregate *Fuzzy Rating*

Perhitungan *aggregate fuzzy rating* dilakukan untuk menyatukan penilaian kriteria dari seluruh responden yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$\tilde{R}_k = (a, b, c)$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots, K$ , Dimana :

$$a = \min \{a_k\}, b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, c = \max_k \{c_k\}$$

Keterangan :

$\tilde{R}_k$  : hasil perhitungan *aggregate fuzzy rating*

$k$  : total jumlah responden

$K$  : jumlah kriteria/alternatif

$a_k$  : nilai/angka ke-satu dari hasil perhitungan *fuzzy rating*

$b_k$  : nilai/angka ke-dua dari hasil perhitungan *fuzzy rating*

$c_k$  : nilai/angka ke-tiga dari hasil perhitungan *fuzzy rating*

Berikut merupakan contoh perhitungan *aggregate fuzzy rating* kriteria ekonomi.

$$a = \min \{7, 7, 7, 7\}$$

$$= 7$$

$$b = \frac{1}{4} (9 + 9 + 9 + 9)$$

$$= 9$$

$$c = \min \{9, 9, 9, 9\}$$

$$= 9$$

Hasil perhitungan *aggregate fuzzy rating* dari penilaian kriteria ekonomi, sosial, dan lingkungan dapat dilihat pada tabel 4.24.

**Tabel 4.24** *Aggregate Fuzzy Rating* Kriteria Ekonomi, Sosial, dan Lingkungan

Kriteria	<i>Aggregate Fuzzy Rating</i>
Ekonomi	(7, 9, 9)
Sosial	(5, 8.5, 9)
Lingkungan	(7, 9, 9)

### 4.2.3 Pembuatan *Fuzzy Decision Matrix*

Pembuatan *fuzzy decision matrix* dilakukan untuk menggabungkan penilaian kriteria dan faktor pendukung agar membentuk *matrix* dan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. *Fuzzy decision matrix* dari kriteria dan faktor pendukung dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.25** *Fuzzy Decision Matrix* Bidang Ekonomi

Faktor	Penilaian			
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4
Keuntungan finansial	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)
Pesaing	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)
Tren pasar	(3,5,7)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)
Kebutuhan Rantai Pasok	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)
Bobot Kriteria (W)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)

**Tabel 4.26** *Fuzzy Decision Matrix* Bidang Sosial

Faktor	Penilaian			
	DM 5	DM 6	DM 7	DM 8
Citra perusahaan	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(7,9,9)
Pelanggan	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
Motivasi internal	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)
Permintaan Pekerja	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)
Bobot Kriteria (W)	(5,8.5,9)	(5,8.5,9)	(5,8.5,9)	(5,8.5,9)

**Tabel 4.27** *Fuzzy Decision Matrix* Bidang Lingkungan

Faktor	Penilaian			
	DM 9	DM 10	DM 11	DM 12
Kepatuhan Terhadap Peraturan	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(7,9,9)
Inovasi Ramah Lingkungan	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
Pelestarian Lingkungan Hidup	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)
Pengelolaan Lingkungan	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)
Bobot Kriteria (W)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)

#### 4.2.4 Penormalan *Fuzzy Decision Matrix*

Penormalan *fuzzy decision matrix* dilakukan untuk membuat penilaian kriteria dan faktor pendukung memiliki skala yang sebanding agar dapat digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\tilde{r}_j^i = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \text{ dan } c_j^* = \max_i \{c_{ij}\}$$

Keterangan :

c : kriteria

i : baris ke-n dalam matriks

j : kolom ke-n dalam matriks

Berikut merupakan contoh perhitungan penormalan *fuzzy decision matrix* faktor keuntungan finansial bidang ekonomi dari DM 1.

$$c_1^* = \max\{c_{11}\}$$

$$= 7$$

$$\tilde{r}_j^i = \left( \frac{3}{7}, \frac{5}{7}, \frac{7}{7} \right)$$

$$= (0.429, 0.714, 1)$$

Hasil perhitungan penormalan *fuzzy decision matrix* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.28** Penormalan *Fuzzy Decision Matrix* Bidang Ekonomi

Faktor	Penilaian			
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4
Keuntungan finansial	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.778, 1, 1)
Pesaing	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.778, 1, 1)
Tren pasar	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.778, 1, 1)
Kebutuhan Rantai Pasok	(0.429, 0.714, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.556, 0.778, 1)
Bobot Kriteria (W)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)

**Tabel 4.29** Penormalan *Fuzzy Decision Matrix* Bidang Sosial

Faktor	Penilaian			
	DM 5	DM 6	DM 7	DM 8
Citra perusahaan	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.778, 1, 1)
Pelanggan	(0.429, 0.714, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.556, 0.778, 1)
Motivasi internal	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.778, 1, 1)
Permintaan Pekerja	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.778, 1, 1)
Bobot Kriteria (W)	(5,8,5,9)	(5,8,5,9)	(5,8,5,9)	(5,8,5,9)

Tabel 4.30 Penormalan *Fuzzy Decision Matrix* Bidang Lingkungan

Faktor	Penilaian			
	DM 9	DM 10	DM 11	DM 12
Kepatuhan Terhadap Peraturan	(0.778, 1, 1)	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.778, 1, 1)
Inovasi Ramah Lingkungan	(0.556, 0.778, 1)	(0.429, 0.714, 1)	(0.556, 0.778, 1)	(0.556, 0.778, 1)
Pelestarian Lingkungan Hidup	(0.778, 1, 1)	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.556, 0.778, 1)
Pengelolaan Lingkungan	(0.778, 1, 1)	(0.429, 0.714, 1)	(0.778, 1, 1)	(0.556, 0.778, 1)
Bobot Kriteria (W)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)

#### 4.2.5 Perhitungan Matiks Normalisasi Berbobot

Perhitungan matriks normalisasi berbobot dilakukan agar dapat menghitung nilai FNIS dan FPIS pada masing-masing kriteria di tahapan berikutnya. Perhitungan matriks normalisasi berbobot tersebut dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\tilde{W} = [\tilde{v}_j^i]_{m \times n}, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\text{Dimana, } \tilde{v}_j^i = \tilde{w}_i \cdot \tilde{r}_{ij}$$

Keterangan :

$\tilde{v}_j^i$  : rating bobot ternormalisasi

$\tilde{w}_i$  : nilai setiap bobot preferensi

$\tilde{r}_{ij}$  : nilai dari matriks ternormalisasi

Berikut merupakan contoh perhitungan matriks normalisasi berbobot faktor keuntungan finansial bidang ekonomi dari DM 1.

$$\tilde{v}_1^1 = (0.429, 0.714, 1) \cdot (7, 9, 9)$$

$$= (3, 6.429, 9)$$

Hasil perhitungan matriks normalisasi berbobot dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.31 Matriks Normalisasi Berbobot Bidang Ekonomi

Faktor	Penilaian			
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4
Keuntungan finansial	(3, 6.429, 9)	(5.444, 9, 9)	(3.889, 7, 9)	(5.444, 9, 9)
Pesaing	(3, 6.429, 9)	(5.444, 9, 9)	(3.889, 7, 9)	(5.444, 9, 9)
Tren pasar	(3, 6.429, 9)	(5.444, 9, 9)	(5.444, 9, 9)	(5.444, 9, 9)
Kebutuhan Rantai Pasok	(3, 6.429, 9)	(3.889, 7, 9)	(3.889, 7, 9)	(3.889, 7, 9)

Tabel 4.32 Matriks Normalisasi Berbobot Bidang Sosial

Faktor	Penilaian			
	DM 5	DM 6	DM 7	DM 8
Citra perusahaan	(2.143, 6.071, 9)	(3.889, 8.5, 9)	(2.778, 6.611, 9)	(3.889, 8.5, 9)
Pelanggan	(2.143, 6.071, 9)	(2.778, 6.611, 9)	(2.778, 6.611, 9)	(2.778, 6.611, 9)
Motivasi internal	(2.143, 6.071, 9)	(3.889, 8.5, 9)	(2.778, 6.611, 9)	(3.889, 8.5, 9)
Permintaan Pekerja	(2.143, 6.071, 9)	(3.889, 8.5, 9)	(3.889, 8.5, 9)	(3.889, 8.5, 9)

Tabel 4.33 Matriks Normalisasi Berbobot Bidang Lingkungan

Faktor	Penilaian			
	DM 9	DM 10	DM 11	DM 12
Kepatuhan Terhadap Peraturan	(5.444, 9, 9)	(3, 6.429, 9)	(5.444, 9, 9)	(5.444, 9, 9)
Inovasi Ramah Lingkungan	(3.889, 7, 9)	(3, 6.429, 9)	(3.889, 7, 9)	(3.889, 7, 9)
Pelestarian Lingkungan Hidup	(5.444, 9, 9)	(3, 6.429, 9)	(5.444, 9, 9)	(3.889, 7, 9)
Pengelolaan Lingkungan	(5.444, 9, 9)	(3, 6.429, 9)	(5.444, 9, 9)	(3.889, 7, 9)

#### 4.2.6 Perhitungan *Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS)* dan *Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS)*

Menghitung matriks solusi ideal positif  $A^+$  dan matriks solusi ideal negatif  $A^-$  bertujuan untuk menentukan nilai FPIS dan FNIS.

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_n^+), \text{ dimana } \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij3}\}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \text{ dimana } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij3}\}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan matriks solusi ideal positif  $A^+$  dan matriks solusi ideal negatif  $A^-$  faktor pendukung di bidang ekonomi DM 1.

$$\tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{113}\}$$

$$= 9, \text{ maka } A^+ = (9, 9, 9)$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{113}\}$$

$$= 3, \text{ maka } A^- = (3, 3, 3)$$

Hasil perhitungan *Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS)* dan *Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS)* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.34 Nilai FPIS dan FNIS Bidang Ekonomi

	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4
FPIS ( $A^+$ )	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)
FNIS ( $A^-$ )	(3, 3, 3)	(3.889, 3.889, 3.889)	(3.889, 3.889, 3.889)	(3.889, 3.889, 3.889)

Tabel 4.35 Nilai FPIS dan FNIS Bidang Sosial

	DM 5	DM 6	DM 7	DM 8
FPIS ( $A^+$ )	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)
FNIS ( $A^-$ )	(2.143,2.143,2.143)	(2.778, 2.778, 2.778)	(2.778, 2.778, 2.778)	(2.778, 2.778, 2.778)

Tabel 4.36 Nilai FPIS dan FNIS Bidang Lingkungan

	DM 9	DM 10	DM 11	DM 12
FPIS ( $A^+$ )	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)	(9, 9, 9)
FNIS ( $A^-$ )	(3.889,3.889,3.889)	(3, 3, 3)	(3.889,3.889,3.889)	(3.889,3.889,3.889)

#### 4.2.7 Perhitungan Jarak Setiap Alternatif Dari FPIS dan FNIS

Perhitungan jarak pada tiap alternatif yaitu faktor pendukung dari FPIS dan FNIS dilakukan untuk menentukan nilai preferensi pada tahapan berikutnya yang kemudian dilakukan perangkingan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]}$$

Jarak ( $d_1^+, d_1^-$ ) dari masing-masing alternatif  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  dari FPIS dan FNIS dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$d_1^+ = \sum_{j=i}^n (\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+); i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$d_1^- = \sum_{j=i}^n (\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Keterangan :

$\tilde{a} : (a_1; a_2; a_3)$  adalah matriks perhitungan nilai FPIS dan FNIS

$\tilde{b} = (b_1; b_2; b_3)$  adalah matriks normalisasi berbobot alternatif setiap kriteria

Berikut merupakan contoh perhitungan jarak dari FPIS pada faktor keuntungan finansial bidang ekonomi dari DM 1.

$$d_{11}^+(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(9 - 3)^2 + (9 - 6,429)^2 + (9 - 9)^2]}$$

$$d_{11}^+(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(6)^2 + (2,571)^2 + (0)^2]}$$

$$d_{11}^+(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [36 + 6,610 + 0]}$$

$$d_{11}^+(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [42,61]}$$

$$d_{11}^+(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{14,203}$$

$$d_{11}^+ (\tilde{a}, \tilde{b}) = 3,769$$

Berikut merupakan contoh perhitungan jarak dari FNIS pada faktor keuntungan finansial bidang ekonomi dari DM 1.

$$d_{11}^+ (\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(3 - 3)^2 + (3 - 6,429)^2 + (3 - 9)^2]}$$

$$d_{11}^+ (\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(0)^2 + (-3,429)^2 + (-6)^2]}$$

$$d_{11}^+ (\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [0 + 11,758 + 36]}$$

$$d_{11}^+ (\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [47,759]}$$

$$d_{11}^+ (\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{15,919}$$

$$d_{11}^+ (\tilde{a}, \tilde{b}) = 3,990$$

Hasil perhitungan jarak pada tiap alternatif atau faktor pendukung dari FPIS dan FNIS dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.37** Jarak Tiap Faktor Dari FPIS Bidang Ekonomi

Faktor	Penilaian				$d_1^+$
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4	
Keuntungan finansial	3,769	2,053	3,169	2,053	11,043
Pesaing	3,769	2,053	3,169	2,053	11,043
Tren pasar	3,769	2,053	2,053	2,053	9,927
Kebutuhan Rantai Pasok	3,769	3,169	3,169	3,169	13,275

**Tabel 4.38** Jarak Tiap Faktor Dari FPIS Bidang Sosial

Faktor	Penilaian				$d_1^+$
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4	
Citra perusahaan	4,305	2,965	3,848	2,965	14,083
Pelanggan	4,305	3,848	3,848	3,848	15,849
Motivasi internal	4,305	2,965	3,848	2,965	14,083
Permintaan Pekerja	4,305	2,965	2,965	2,965	13,200

**Tabel 4.39** Jarak Tiap Faktor Dari FPIS Bidang Lingkungan

Faktor	Penilaian				$d_1^+$
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4	
Kepatuhan Terhadap Peraturan	2,053	3,769	2,053	2,053	9,927
Inovasi Ramah Lingkungan	3,169	3,769	3,169	3,169	13,275
Pelestarian Lingkungan Hidup	2,053	3,769	2,053	3,169	11,043
Pengelolaan Lingkungan	2,053	3,769	2,053	3,169	11,043

**Tabel 4.40** Jarak Tiap Faktor Dari FNIS Bidang Ekonomi

Faktor	Penilaian				$d_1^-$
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4	
Keuntungan finansial	3,990	4,269	3,455	4,269	15,982
Pesaing	3,990	4,269	3,455	4,269	15,982
Tren pasar	3,990	4,269	4,269	4,269	16,796
Kebutuhan Rantai Pasok	3,990	3,455	3,455	3,455	14,354

**Tabel 4.41** Jarak Tiap Faktor Dari FNIS Bidang Sosial

Faktor	Penilaian				$d_1^-$
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4	
Citra perusahaan	4,563	4,923	4,219	4,923	18,627
Pelanggan	4,563	4,219	4,219	4,219	17,221
Motivasi internal	4,563	4,923	4,219	4,923	18,627
Permintaan Pekerja	4,563	4,923	4,923	4,923	19,330

**Tabel 4.42** Jarak Tiap Faktor Dari FNIS Bidang Lingkungan

Faktor	Penilaian				$d_1^-$
	DM 1	DM 2	DM 3	DM 4	
Kepatuhan Terhadap Peraturan	4,269	3,990	4,269	4,269	16,796
Inovasi Ramah Lingkungan	3,455	3,990	3,455	3,455	14,354
Pelestarian Lingkungan Hidup	4,269	3,990	4,269	3,455	15,982
Pengelolaan Lingkungan	4,269	3,990	4,269	3,455	15,982

#### 4.2.8 Perhitungan *Closeness Coefficient* ( $CC_i$ ) dari Masing-Masing Alternatif

Perhitungan nilai preferensi setiap alternatif atau faktor pendukung dilakukan untuk menentukan nilai yang akan digunakan dalam penentuan ranking alternatif yang akan menjadi faktor prioritas. Nilai preferensi ( $CC_i$ ) untuk setiap alternatif dirumuskan sebagai berikut :

$$CC_i = \frac{d_1^-}{d_1^+ + d_1^-}; i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ dengan } 0 < CC_i < 1.$$

Keterangan :

$CC_i$  : nilai preferensi

$d_1^-$  : jarak alternatif dengan solusi negatif

$d_1^+$  : jarak alternatif dengan solusi positif

Berikut merupakan contoh perhitungan *Closeness Coefficient* ( $CC_i$ ) faktor keuntungan finansial bidang ekonomi dari DM 1.

$$CC_i = \frac{15,982}{11,043+15,982}$$

$$CC_i = 0,591$$

Hasil perhitungan *Closeness Coefficient* (Cci) dari masing-masing faktor dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.43** Cci Faktor Pendukung Bidang Ekonomi

Faktor	$d_1^+$	$d_1^-$	CCi
Keuntungan finansial	11,043	15,982	0,591
Pesaing	11,043	15,982	0,591
Tren pasar	9,927	16,796	0,629
Kebutuhan Rantai Pasok	13,275	14,354	0,520

**Tabel 4.44** Cci Faktor Pendukung Bidang Sosial

Faktor	$d_1^+$	$d_1^-$	CCi
Citra perusahaan	14,083	18,627	0,569
Pelanggan	15,849	17,221	0,521
Motivasi internal	14,083	18,627	0,569
Permintaan Pekerja	13,200	19,330	0,594

**Tabel 4.45** Cci Faktor Pendukung Bidang Lingkungan

Faktor	$d_1^+$	$d_1^-$	CCi
Kepatuhan Terhadap Peraturan	9,927	16,796	0,629
Inovasi Ramah Lingkungan	13,275	14,354	0,520
Pelestarian Lingkungan Hidup	11,043	15,982	0,591
Pengelolaan Lingkungan	11,043	15,982	0,591

#### 4.2.9 Perankingan Faktor Pendukung *Green Manufacturing*

Setelah diperoleh nilai preferensi atau *Closeness Coefficient* (Cci) dari masing-masing faktor pendukung pada bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan maka dapat dilakukan perankingan faktor pendukung bagi penerapan *green manufacturing* di perusahaan. Perankingan faktor pendukung bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.46** Ranking Faktor Pendukung Bidang Ekonomi

Simbol	Faktor	CCi	Ranking
A3	Tren pasar	0,629	1
A1	Keuntungan finansial	0,591	2
A2	Pesaing	0,591	3
A4	Kebutuhan Rantai Pasok	0,520	4

Berdasarkan tabel 4.46 dapat diketahui bahwa faktor yang paling mendukung penerapan *green manufacturing* di perusahaan pada bidang ekonomi adalah tren pasar dengan nilai preferensi atau *Closeness Coefficient* (Cci) sebesar 0,629.

**Tabel 4.47** Ranking Faktor Pendukung Bidang Sosial

Simbol	Faktor	CCi	Ranking
A4	Permintaan Pekerja	0,594	1
A1	Citra perusahaan	0,569	2
A3	Motivasi internal	0,569	3
A2	Pelanggan	0,521	4

Berdasarkan tabel 4.47 dapat diketahui bahwa faktor yang paling mendukung penerapan *green manufacturing* di perusahaan pada bidang sosial adalah permintaan pekerja dengan nilai preferensi atau *Closeness Coefficient* (Cci) sebesar 0,594.

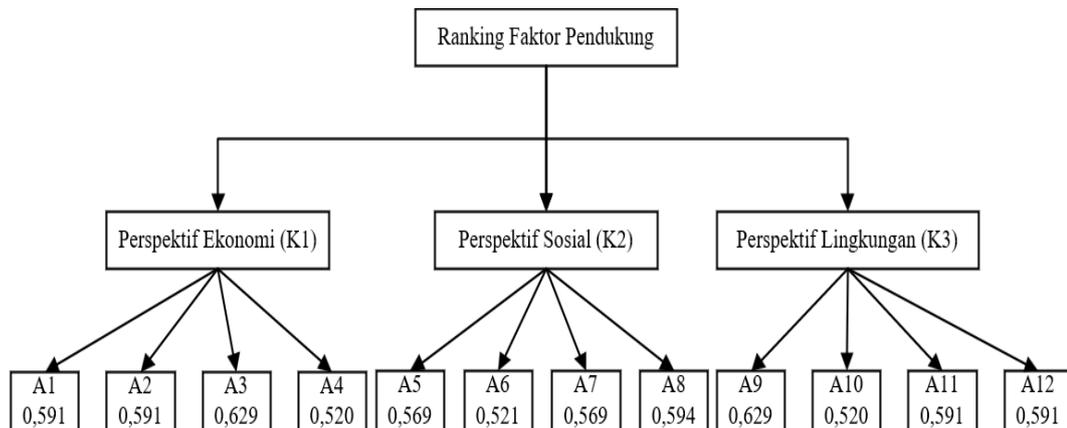
**Tabel 4.48** Ranking Faktor Pendukung Bidang Lingkungan

Simbol	Faktor	CCi	Ranking
A1	Kepatuhan Terhadap Peraturan	0,629	1
A3	Pelestarian Lingkungan Hidup	0,591	2
A4	Pengelolaan Lingkungan	0,591	3
A2	Inovasi Ramah Lingkungan	0,520	4

Berdasarkan tabel 4.48 dapat diketahui bahwa faktor yang paling mendukung penerapan *green manufacturing* di perusahaan pada bidang lingkungan adalah kepatuhan terhadap peraturan dengan nilai preferensi atau *Closeness Coefficient* (Cci) sebesar 0,629.

#### 4.2.10 Struktur Hierarki Faktor Pendukung Beserta Nilai Cci

Berikut gambar 4.4 adalah struktur hierarki beserta nilai Cci berdasarkan hasil perhitungan masing-masing faktor pendukung bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan.



Gambar 4.4 Struktur Hierarki Beserta Nilai Cci

### 4.3 Analisa dan Interpretasi

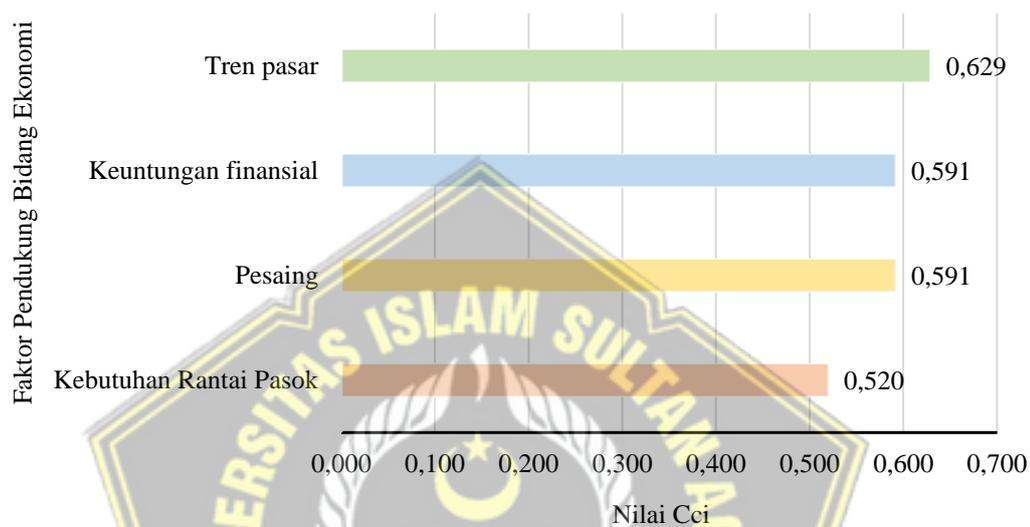
Berikut ini merupakan analisa dan interpretasi dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

#### 4.3.1 Analisa Faktor Pendukung di Bidang Ekonomi

Faktor pendukung di bidang ekonomi mencakup aktivitas dalam mendapatkan keuntungan melalui proses produksi dan pemanfaatan sumber daya alam. Penilaian faktor-faktor yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* pada bidang ekonomi dilakukan oleh sumber daya manusia perusahaan yang paham mengenai bidang tersebut, diantaranya yaitu manajer keuangan, pemasaran, anggaran, dan akuntansi. Penilaian dilakukan dengan mengisi kuesioner dengan sistem penilaian berupa skala likert 1–5. Skala penilaian yang digunakan adalah tidak penting (1), kurang penting (2), cukup penting (3), penting (4), dan sangat penting (5). Sebelum melakukan penilaian faktor-faktor pendukung, terdapat penilaian terhadap kriteria kriteria ekonomi dengan penilaian skala likert 1-5 yang bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing*.

Hasil pengolahan data berdasarkan perspektif ekonomi menunjukkan bahwa tren pasar menjadi urutan pertama atau faktor yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* karena memiliki nilai Cci paling tinggi yaitu 0,629. Diketahui pada saat ini tren *green manufacturing* didukung oleh semua pihak eksternal. Dalam hal ini, tren tersebut menekan produsen untuk menghasilkan produk melalui aktivitas manufaktur yang ramah lingkungan. Urutan kedua faktor

pendukung berdasarkan perspektif ekonomi adalah keuntungan finansial dan pesaing dengan nilai Cci 0,591. Urutan terakhir faktor pendukung berdasarkan perspektif ekonomi adalah kebutuhan rantai pasok dengan nilai Cci 0,520. Rekapitulasi nilai Cci dari masing-masing faktor pendukung *green manufacturing* berdasarkan perspektif ekonomi dapat dilihat pada gambar 4.5.



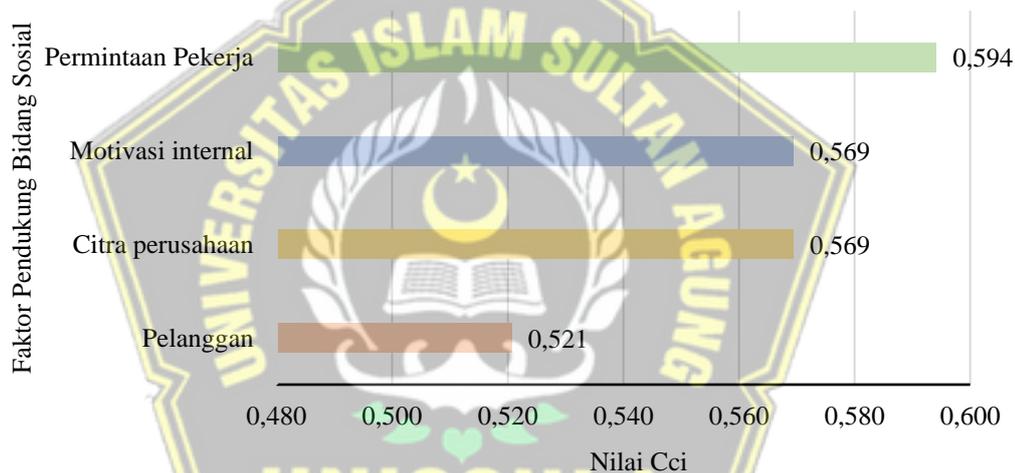
Gambar 4.5 Nilai Cci Masing-Masing Faktor Pendukung di Bidang Ekonomi

#### 4.3.2 Analisa Faktor Pendukung di Bidang Sosial

Faktor pendukung di bidang sosial mencakup hubungan perusahaan kepada sumber daya manusia perusahaan dan masyarakat. Penilaian faktor-faktor yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* di perusahaan pada bidang sosial dilakukan oleh sumber daya manusia perusahaan yang paham mengenai bidang tersebut, diantaranya yaitu manajer hubungan masyarakat, penjualan, pelatihan, dan pelayanan umum. Penilaian dilakukan dengan mengisi kuesioner dengan sistem penilaian berupa skala likert 1–5. Skala penilaian yang digunakan adalah tidak penting (1), kurang penting (2), cukup penting (3), penting (4), dan sangat penting (5). Sebelum melakukan penilaian faktor-faktor pendukung, terdapat penilaian terhadap kriteria kriteria sosial dengan penilaian skala likert 1-5 yang bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing*.

Hasil pengolahan data berdasarkan perspektif sosial menunjukkan bahwa permintaan pekerja menjadi urutan pertama atau faktor prioritas yang mendukung

perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* karena memiliki nilai Cci paling tinggi yaitu 0,594. Diketahui pada saat ini beberapa operasi menghasilkan limbah berbahaya dan beracun yang dapat mencemari lingkungan dan berisiko bagi keselamatan pekerja. Oleh karena itu, ada tuntutan dari pekerja agar perusahaan menerapkan konsep *green manufacturing*. Urutan kedua faktor pendukung berdasarkan perspektif sosial adalah citra perusahaan dan motivasi internal dengan nilai Cci 0,569. Urutan terakhir faktor pendukung berdasarkan perspektif sosial adalah pelanggan dengan nilai Cci 0,521. Rekapitulasi nilai Cci dari masing-masing faktor pendukung *green manufacturing* berdasarkan perspektif sosial dapat dilihat pada gambar 4.6.



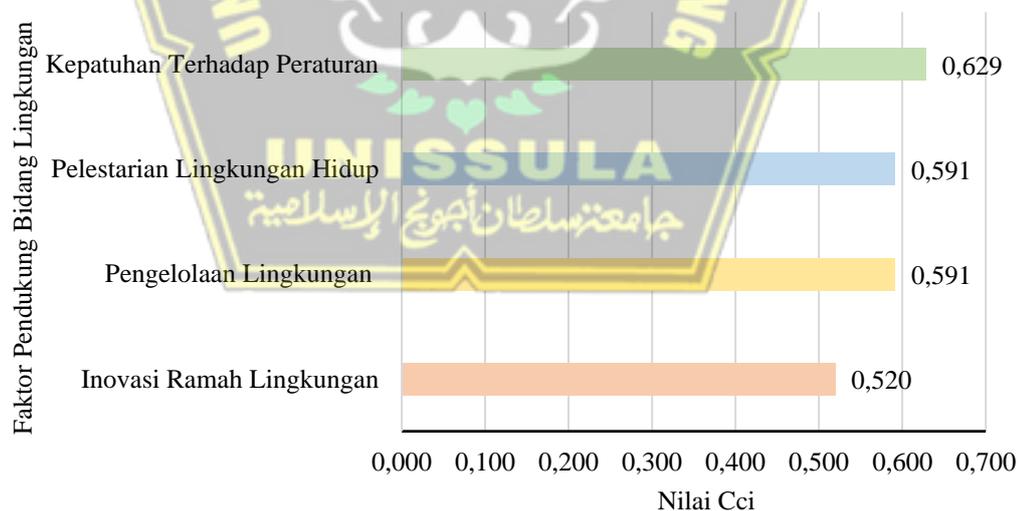
Gambar 4.6 Nilai Cci Masing-Masing Faktor Pendukung di Bidang Sosial

#### 4.3.3 Analisa Faktor Pendukung di Bidang Lingkungan

Faktor pendukung di bidang lingkungan merupakan perpaduan kondisi fisik yang mencakup keadaan alam seperti tanah, air, udara dan energi yang mempengaruhi keadaan lingkungan dan kesehatan manusia. Penilaian faktor-faktor yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* pada bidang lingkungan dilakukan oleh sumber daya manusia perusahaan yang paham mengenai bidang tersebut, diantaranya yaitu manajer keamanan, lingkungan hidup, pengelolaan energi, dan pemeliharaan. Penilaian dilakukan dengan mengisi kuesioner dengan sistem penilaian berupa skala likert 1–5. Skala penilaian yang digunakan adalah tidak penting (1), kurang penting (2), cukup penting (3), penting (4), dan sangat penting (5). Sebelum melakukan penilaian faktor-faktor pendukung,

terdapat penilaian terhadap kriteria kriteria lingkungan dengan penilaian skala likert 1-5 yang bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing*.

Hasil pengolahan data berdasarkan perspektif lingkungan menunjukkan bahwa kepatuhan terhadap peraturan menjadi urutan pertama atau faktor prioritas yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* karena memiliki nilai Cci paling tinggi yaitu 0,629. Kewajiban perusahaan untuk mematuhi peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan yang memuat tentang operasional bidang pengendalian pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, peraturan yang ada mampu mendukung perusahaan untuk menerapkan konsep *green manufacturing*. Urutan kedua faktor pendukung berdasarkan perspektif lingkungan adalah pelestarian lingkungan hidup dan pengelolaan lingkungan dengan nilai Cci 0,591. Urutan terakhir faktor pendukung berdasarkan perspektif lingkungan adalah inovasi ramah lingkungan dengan nilai Cci 0,520. Rekapitulasi nilai Cci dari masing-masing faktor pendukung *green manufacturing* berdasarkan perspektif lingkungan dapat dilihat pada gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Nilai Cci Masing-Masing Faktor Pendukung di Bidang Lingkungan

#### 4.3.4 Interpretasi

Dalam menentukan faktor yang mendukung perusahaan agar mau/bersedia menerapkan konsep *green manufacturing* dengan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan dilakukan penyebaran 2 jenis kuesioner dengan tujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh kriteria terhadap konsep *green manufacturing* dan untuk mengetahui tingkat kepentingan faktor yang membuat perusahaan mau/bersedia untuk menerapkan konsep *green manufacturing*. Penilaian dilakukan oleh responden yang sesuai dengan bidangnya masing-masing menggunakan skala likert 1-5.

Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menggunakan metode Fuzzy TOPSIS sehingga diketahui nilai *Closeness Coefficient* (Cci). Nilai Cci tersebut digunakan untuk meranking faktor pendukung sehingga diperoleh faktor yang menjadi prioritas dalam mendukung perusahaan agar mau/bersedia menerapkan praktik *green manufacturing*. Apabila nilai Cci mendekati 1, maka tingkat kepentingan faktor semakin tinggi. Berdasarkan perspektif ekonomi, tren pasar menjadi urutan pertama atau faktor prioritas yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* karena memiliki nilai Cci paling tinggi yaitu 0,629. Berdasarkan perspektif sosial, permintaan pekerja menjadi urutan pertama atau faktor prioritas yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* karena memiliki nilai Cci paling tinggi yaitu 0,594. Berdasarkan perspektif lingkungan, kepatuhan terhadap peraturan menjadi urutan pertama atau faktor prioritas yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* karena memiliki nilai Cci paling tinggi yaitu 0,629. Setelah mengetahui faktor prioritas yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan *green manufacturing* dari ketiga perspektif maka dapat ditentukan rekomendasi agar perusahaan pada *plant 1* mengetahui langkah apa yang harus dilakukan dalam menerapkan praktik konsep ramah lingkungan.

#### 4.4 Penyusunan Rekomendasi

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dapat diketahui faktor pendukung prioritas dalam mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan

*green manufacturing* dari ketiga perspektif. Oleh karena itu, ditentukan rekomendasi agar perusahaan pada *plant 1* mengetahui langkah apa yang harus dilakukan dalam menerapkan konsep ramah lingkungan. Rekomendasi tersebut adalah sebagai berikut :

#### 4.4.1 Perspektif Ekonomi

Berdasarkan perspektif ekonomi diketahui bahwa tren pasar adalah faktor pendukung dengan nilai Cci tertinggi sebesar 0,629. Dengan demikian, rekomendasi yang diberikan kepada perusahaan berupa pelaksanaan 3R yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. *Reduce* yaitu mengurangi limbah melalui penghematan penggunaan bahan atau barang yang akan menghasilkan limbah. *Reuse* yaitu tindakan untuk menggunakan barang-barang yang masih bisa dipakai kembali. *Recycle* yaitu mendaur ulang limbah menjadi barang baru atau barang lain (Annisa, Abrori, and Listiani 2018).

Prinsip *reduce* dapat dilakukan dengan cara penambahan *scrubber system* untuk mengontrol limbah yang diakibatkan oleh pembakaran kayu yang digunakan sebagai sumber panas alat *rotary dryer*. Hal tersebut dapat mengurangi limbah yang dihasilkan dari proses produksi karena limbah dari pembakaran kayu dapat dikelola perusahaan dengan adanya IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Prinsip *reuse* dapat dilakukan dengan cara mengumpulkan limbah zak lalu dijual kepada pihak ketiga. Prinsip *recycle* dapat dilakukan dengan cara bekerja sama dengan pihak ketiga untuk mengolah *fly ash* dan *bottom ash* menjadi batako. Abu dari pembakaran dimanfaatkan sebagai campuran beton dan batako karena ukuran partikelnya yang sangat halus sehingga dapat berfungsi sebagai pengisi rongga dan sebagai bahan pengikat agregat (Mashuri et al. 2012). Dengan demikian, limbah dari proses produksi memiliki nilai yang ekonomis. Selain memastikan nilai-nilai ramah lingkungan dalam proses produksi, 3R mampu meningkatkan keuntungan melalui pengoptimalan efisiensi proses produksi sehingga dapat mengurangi biaya operasi. Sikap dan orientasi prinsip yang diterapkan perusahaan ini akan mendorong dan memotivasi banyak perusahaan untuk menciptakan produk ramah lingkungan di pasar melalui prinsip 3R. Hal ini akan sejalan dengan konsep *green manufacturing* yang menekankan kesadaran dalam menjaga lingkungan.

#### 4.4.2 Perspektif Sosial

Berdasarkan perspektif sosial diketahui bahwa permintaan pekerja adalah faktor pendukung dengan nilai Cci tertinggi sebesar 0,594. Dengan demikian, rekomendasi yang diberikan kepada perusahaan berupa keterlibatan karyawan dalam menjalankan praktik *green manufacturing*. Perusahaan dapat memberdayakan karyawan untuk mengadopsi praktik berkelanjutan dan memupuk budaya tanggung jawab lingkungan melalui program pelatihan. Pelatihan merupakan usaha perusahaan untuk memfasilitasi pengembangan kompetensi, pengetahuan, keterampilan, dan perilaku karyawan (Riska Gustiana, Taufik Hidayat 2022).

Pelatihan dan pengembangan karyawan merupakan hal yang diperlukan untuk kesuksesan dalam menerapkan *green manufacturing* di perusahaan. Pelatihan tersebut diantaranya adalah pelatihan ISO 14001 dan pelatihan AMDAL. ISO 14001 merupakan standar internasional yang menetapkan pendekatan terstruktur untuk melindungi lingkungan. Standar-standar ini memungkinkan organisasi dari berbagai ukuran untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan dalam mempromosikan praktik bisnis yang bertanggung jawab dan berkelanjutan terhadap lingkungan. Pelatihan ISO 14001 membahas tentang konsep manajemen lingkungan untuk mendukung proteksi lingkungan dan pencegahan pencemaran. Pelatihan AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) memberikan pemahaman dan pengetahuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengkaji dampak yang ditimbulkan oleh suatu perusahaan atau proyek terhadap lingkungan, serta mengidentifikasi langkah-langkah pencegahan dan mitigasi yang harus dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak tersebut. Dengan demikian, pelatihan akan menambah pengetahuan tentang isu-isu lingkungan, sehingga terbangun kesadaran dan kemauan untuk menjaga kesehatan lingkungan dari pencemaran akibat limbah proses produksi yang dihasilkan oleh perusahaan dengan cara menerapkan praktik-praktik *green manufacturing*.

#### 4.4.3 Perspektif Lingkungan

Berdasarkan perspektif lingkungan diketahui bahwa kepatuhan terhadap peraturan adalah faktor pendukung dengan nilai Cci tertinggi sebesar 0,629.

Dengan demikian, rekomendasi yang diberikan guna mematuhi peraturan yang ada pada peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan adalah berupa penetapan kebijakan perusahaan. Dalam sebuah perusahaan, sangat penting untuk memahami peraturan dan regulasi, terutama yang berkaitan dengan hak dan tanggung jawab perusahaan serta karyawan (Tan and Stania 2021).

Perusahaan harus menetapkan kebijakan yang konsisten dengan tujuan manufaktur ramah lingkungan dan sesuai dengan peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan dalam mengendalikan pencemaran lingkungan. Kebijakan tersebut berupa peraturan yang sejalan dengan komitmen terhadap semua aspek lingkungan yang terkait dengan operasi perusahaan, termasuk pengelolaan limbah sehingga dapat meminimalkan pencemaran lingkungan. Kebijakan yang dapat ditetapkan diantaranya adalah penetapan batas limbah setiap departemen, budaya *zero waste*, penyediaan tempat penyimpanan semua jenis limbah, bekerjasama dengan pihak ketiga untuk mengelola semua jenis limbah.

Ditetapkannya batas limbah pada setiap departemen memungkinkan adanya upaya dari departemen tersebut untuk menggunakan dan mengontrol bahan maupun energi seoptimal mungkin. Dalam jangka waktu yang panjang hal tersebut akan mengakibatkan penurunan limbah yang dihasilkan setiap departemen sehingga meminimalisir adanya pencemaran. Budaya *zero waste* merupakan upaya yang tidak hanya tentang membatasi penggunaan bahan sekali pakai, tetapi juga tentang upaya mendaur ulang sampah menjadi bahan yang dapat digunakan kembali melalui proses daur ulang (Rustan, Agustang, and Idrus 2023). Dalam hal ini, perusahaan dapat memulai dengan cara mendaur ulang limbah berupa *fly ash* dan *bottom ash* menjadi batako karena limbah tersebut dihasilkan dari proses produksi setiap harinya. Kebijakan penyediaan tempat penyimpanan semua jenis limbah diharapkan dapat meminimalisir pencemaran karena pada saat ini limbah yang belum ada tempat penyimpanan diletakkan pada sembarang tempat seperti kain majun yang dibiarkan menumpuk di sekitar mesin dan zak bekas yang menumpuk di area perusahaan. Hal tersebut memicu pencemaran dan kesehatan pekerja apabila terpapar oleh bahan yang mengandung racun dan berbahaya. Kebijakan untuk menjalin kerja sama dengan pihak ketiga akan mengatasi timbunan limbah yang

dihasilkan oleh perusahaan karena pihak ketiga merupakan pihak yang memiliki kewenangan untuk melakukan pengolahan dan pengelolaan yang sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku. Dengan menjaga kepatuhan, sumber daya manusia perusahaan tidak hanya melindungi lingkungan perusahaan tetapi juga melindungi lingkungan masyarakat sekitar.

#### 4.5 Pembuktian Hipotesa

Hipotesa awal menunjukkan bahwa penelitian analisis *green manufacturing* dan pelaksanaannya untuk mengatasi pencemaran dengan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan menggunakan metode fuzzy topsis dapat menyelesaikan permasalahan yang ada di perusahaan karena dalam penelitian ini ditentukan praktik-praktik *green manufacturing* yang sesuai untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah perusahaan dan mengetahui faktor yang mendukung perusahaan agar mau/bersedia menerapkan praktik-praktik ramah lingkungan. Penggunaan metode Fuzzy TOPSIS dalam penelitian ini menjadi metode yang mampu menentukan faktor pendukung konsep *green manufacturing*. Fuzzy digunakan untuk menyelesaikan penilaian dengan toleransi terhadap data yang tidak tepat dari kuesioner, sementara TOPSIS digunakan untuk meranking faktor pendukung berdasarkan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Faktor pendukung prioritas berdasarkan perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam mendukung agar perusahaan mau/bersedia menerapkan *green manufacturing* telah diketahui, diantaranya yaitu tren pasar dengan nilai Cci 0,629 berdasarkan perspektif ekonomi, permintaan pekerja dengan nilai Cci 0,594 berdasarkan perspektif sosial, dan kepatuhan terhadap peraturan dengan nilai Cci 0,629 berdasarkan perspektif lingkungan. Dengan diketahuinya faktor pendukung prioritas maka dapat ditentukan rekomendasi agar perusahaan mengetahui langkah apa yang harus dilakukan dalam menerapkan praktik-praktik ramah lingkungan sehingga dapat mengatasi dan mengurangi masalah yang berkaitan dengan pencemaran udara, air, dan tanah, serta risiko terhadap lingkungan serta manusia.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

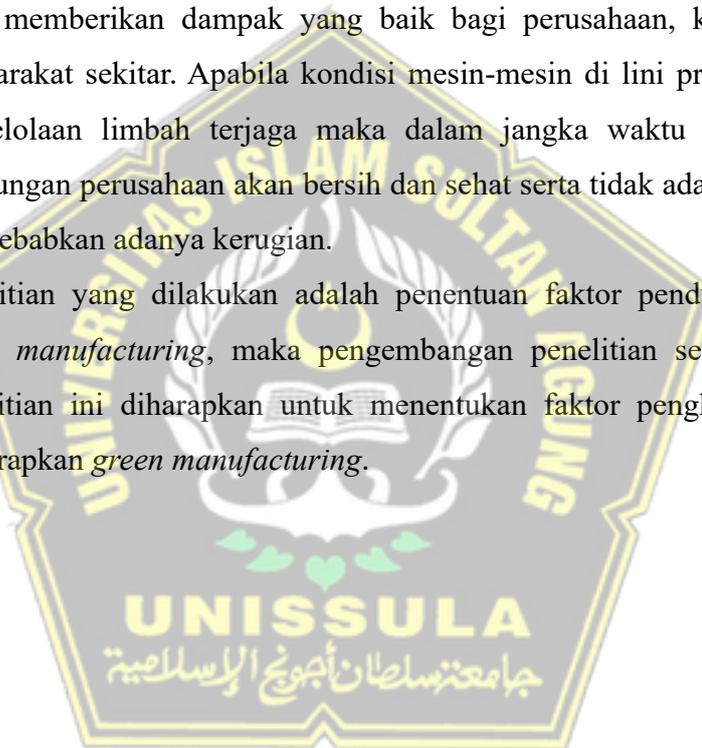
1. Praktik *green manufacturing* yang sesuai untuk mengatasi masalah pencemaran akibat limbah yang belum dikelola CV. XYZ Plant 1 adalah sebagai berikut :
  - Mengurangi penggunaan kain majun dengan menggunakan serbuk gergaji kayu untuk membersihkan tumpahan oli.
  - Penambahan *scrubber system* untuk mengontrol *fly ash*.
  - Bekerja sama dengan pihak ketiga untuk mengolah *fly ash* dan *bottom ash* menjadi batako, mengolah filter bekas dan minyak pelumas bekas, mengolah zak, dan mengolah arang kayu sebagai bahan campuran pembuatan beton ringan.
2. Faktor-faktor yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan praktik ramah lingkungan dibedakan berdasarkan 3 perspektif yaitu perspektif ekonomi, sosial, dan lingkungan. Dari masing-masing perspektif terdapat 4 faktor pendukung.
  - Faktor-faktor pendukung berdasarkan perspektif ekonomi adalah keuntungan finansial, pesaing, tren pasar, dan kebutuhan rantai pasok.
  - Faktor-faktor pendukung berdasarkan perspektif sosial adalah citra perusahaan, pelanggan, motivasi internal, dan permintaan pekerja.
  - Faktor-faktor pendukung berdasarkan perspektif lingkungan adalah kepatuhan terhadap peraturan, inovasi ramah lingkungan, pelestarian lingkungan hidup, dan pengelolaan lingkungan.
3. Nilai preferensi faktor-faktor yang mendukung perusahaan agar bersedia menerapkan praktik ramah lingkungan dihitung dengan menggunakan metode fuzzy TOPSIS. Nilai preferensi dari setiap faktor adalah sebagai berikut :

- Hasil perhitungan dengan metode fuzzy TOPSIS berdasarkan perspektif ekonomi pada faktor tren pasar adalah 0,629, keuntungan finansial adalah 0,591, pesaing adalah 0,591, dan kebutuhan rantai pasok adalah 0,520.
  - Hasil perhitungan dengan metode fuzzy TOPSIS berdasarkan perspektif sosial pada faktor citra perusahaan adalah 0,569, pelanggan adalah 0,521, motivasi internal adalah 0,569, dan permintaan pekerja adalah 0,594.
  - Hasil perhitungan dengan metode fuzzy TOPSIS berdasarkan perspektif lingkungan pada faktor kepatuhan terhadap peraturan adalah 0,629, inovasi ramah lingkungan adalah 0,520, pelestarian lingkungan hidup adalah 0,591, dan pengelolaan lingkungan 0,591.
4. Rekomendasi yang diberikan agar CV. XYZ *Plant* 1 mengetahui langkah yang harus dilakukan dalam menerapkan praktik ramah lingkungan adalah
- Melaksanakan 3R yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Prinsip *reduce* dapat dilakukan dengan cara penambahan *scrubber system* untuk mengontrol limbah yang diakibatkan oleh pembakaran kayu. Prinsip *reuse* dapat dilakukan dengan cara mengumpulkan limbah zak lalu dijual kepada pihak ketiga. Prinsip *recycle* dapat dilakukan dengan cara mengolah *fly ash* dan *bottom ash* menjadi batako.
  - Melibatkan karyawan dalam menjalankan praktik *green manufacturing* melalui program pelatihan ISO 14001 dan pelatihan AMDAL.
  - Menetapkan kebijakan perusahaan berupa penetapan batas limbah setiap departemen, budaya *zero waste*, penyediaan tempat penyimpanan semua jenis limbah, bekerjasama dengan pihak ketiga untuk mengelola semua jenis limbah.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan dapat mempertimbangkan dan menerapkan rekomendasi yang diberikan pada penelitian ini sebagai acuan dalam mewujudkan praktik-praktik konsep *green manufacturing*.
2. Perusahaan perlu melakukan pengecekan rutin dan evaluasi secara berkala pada segala proses produksi yang dilakukan oleh perusahaan. Hal tersebut akan memberikan dampak yang baik bagi perusahaan, karyawan, dan masyarakat sekitar. Apabila kondisi mesin-mesin di lini produksi hingga pengelolaan limbah terjaga maka dalam jangka waktu yang panjang lingkungan perusahaan akan bersih dan sehat serta tidak ada keluhan yang menyebabkan adanya kerugian.
3. Penelitian yang dilakukan adalah penentuan faktor pendukung konsep *green manufacturing*, maka pengembangan penelitian selanjutnya dari penelitian ini diharapkan untuk menentukan faktor penghambat dalam menerapkan *green manufacturing*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agusinta, Lira et al. 2022. "Analisis Pengaruh Green Manufacturing, Green Distribution, Dan Reverse Logistics Dalam Membangun Green Supply Chain Management." *Jurnal Sosial Dan Sains* 2(2): 278–85.
- Alireza, Soloukdar, and Akram Parpanchi Seyedeh. 2015. "Comparing Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS for Evaluation of Business Intelligence Vendors." *Decision Science Letters* 4(2): 137–64.
- Annisa, Muhsinah, Fadhlán Muchlas Abrori, and Listiani Listiani. 2018. "Pemberdayaan Mahasiswa Dalam Penerapan Prinsip Pengelolaan Sampah Menggunakan Pola 4R." *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA* 8(2): 75–81.
- Ardiansyah, R, M L Ashari, and D Dermawan. 2017. "Studi Pemanfaatan Limbah Karbon Aktif Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Beton Ringan (Studi Kasus Di PT PETRONIKA)." *Seminar K3* (2581): 298–303.
- Auliya, Desty Fara, Novi Marlyana, and Wiwiek Fatmawati. 2021. "Analisis Penentuan Faktor Pendorong Dalam Penerapan Green Manufacturing Di PT. Aneka Adhilogam Karya Dengan Metode Fuzzy Topsis." *Jurnal Teknik Industri* 11(2): 156–63.
- Aviasti. 2017. "Knowledge Sharing in the Implementation of Green Manufacturing at the Industrial Esatates." *Prosiding SNaPP 2017 Sains dan Teknologi* : 363–71.
- Ayuningtyas, Utari et al. 2021. "Material Konstruksi Ramah Lingkungan Dalam Rangka Mendukung Kriteria Bangunan Hijau." : 51–56.
- Bahari, Floaton. 2022. "Bagaimana Cara Wet Scrubber Menghilangkan Polusi Udara." *Floaton Group*. <https://www.floatank.com/post/bagaimana-cara-wet-scrubber-menghilangkan-polusi-udara>.
- DLH Jatim. 2019. *Kriteria Pengelolaan Limbah B3 Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur*.
- Fitriani, A, and G Darussalam. 2020. "Optimalisasi Pengemasan Limbah B3 Filter Oli Bekas Dengan Metode Pressure Hydraulic System (Studi Kasus: PT Satria

- Bahana Sarana Job Site TJMO.” *Prosiding Seminar Nasional Lahan ...* 3(1): 978–79.
- Gandhi, Nevil S., Shashank J. Thanki, and Jitesh J. Thakkar. 2018. 171 *Journal of Cleaner Production Ranking of Drivers for Integrated Lean-Green Manufacturing for Indian Manufacturing SMEs*. Elsevier B.V.
- Govindan, Kannan, Ali Diabat, and K. Madan Shankar. 2015. “Analyzing the Drivers of Green Manufacturing with Fuzzy Approach.” *Journal of Cleaner Production* 96: 182–93.
- Hanafi, Jessica. 2016. “Menuju Manufaktur Berkelanjutan Di Indonesia: Tantangan Dan Kesempatan.” *Jurnal Teknik Industri* 17(2).
- Kannan, Devika, Kannan Govindan, and Sivakumar Rajendran. 2015. “Fuzzy Axiomatic Design Approach Based Green Supplier Selection: A Case Study from Singapore.” *Journal of Cleaner Production* 96: 194–208.
- Leliana, Arinda, Armyta Puspitasari, and Nurul Fitria Apriliani. 2021. “Pelatihan Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Batako Di Geger Madiun.” *Madiun Spoor (JPM)* 1(2): 52–56.
- Mashuri, Andi Arham Adam, Rahmatang Rahman, and Arief Setiawan. 2012. “Penggunaan Abu Terbang Pada Pembuatan Batako Di Kota Palu.” *Majalah Ilmiah Mektek* 3: 85–92.
- Mazenda, Galuh, Arief Andy Soebroto, and Candra Dewi. 2014. “Implementasi Fuzzy Inference System (Fis) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai.” *Journal of Enviromental Engineering and Sustainable Technology* 1(2): 92–103.
- Mittal, Varinder Kumar, and Kuldip Singh Sangwan. 2014. “Prioritizing Drivers for Green Manufacturing: Environmental, Social and Economic Perspectives.” *Procedia CIRP* 15: 135–40.
- Muafi, Said Muhammad, Yoessi Oktarini, Moehammad Ediyani, and Raza Karmel. 2023. “Analisis Pengelolaan Limbah Oli Pada Aktivitas Operasional Penambangan Batu Gamping Di Area Tambang Bukit Karang Putih PT Semen Padang , Batu Gadang , Padang , Sumatera Barat.” *Journal of Geosciences, Mining ...* 7(1): 53–63.

- Murni, Marbun, and Sinaga Bosker. 2019. 0 Rudang Mayang Publisher *Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Hasil Belajar | 1 STMIK Pelita Nusantara Medan*.
- Pangesti, Rahayu, Dian Rahayu Jati, and Govira Christiadora Asban. 2023. "Perencanaan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Pada Perusahaan Kelapa Sawit (Studi Kasus: PT X Di Kalimantan Barat)." *Jurnal Rekayasa Hijau* 6(3): 208–18. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekayasahijau/article/view/7859>.
- Papilo, Petir, Taufik Djatna, Yandra Arkeman, and Marimin. 2018. "The Application of Fuzzy TOPSIS to Determine The Location for Area Development of Palm Oil Based Bioenergy Supply Chain." *Agritech* 38(1): 79–87.
- Peraturan Pemerintah. 2014. World Health Organization, World Bank Group, OECD *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun*.
- Peraturan Pemerintah Nomor 24 tahun 2009. "PP 24 Tahun 2009 Kawasan Industri."
- Permenkes. 2016. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 Tentang Standar Dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri*.
- PP Nomor 22 Tahun 2021. "Lampiran VI Tentang Baku Mutu Air Nasional - PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup." *Sekretariat Negara Republik Indonesia* 1(078487A): 483.
- Sekretariat Negara Republik Indonesia *PP No 22 Tahun 2021*.
- Prasetyo, Septian Dwi, and Evi Yulawati. 2023. "Pengukuran Kinerja Operasional Perusahaan Meubel Berdasarkan Konsep Green Manufacturing Untuk Mewujudkan Keberlanjutan Proses." 8(1): 49–55.
- Pratiwi, Adellia Mega et al. 2023. "Analisis Dampak Pencemaran Nuklir Terhadap Kehidupan Masyarakat Di Kabupaten Sidoarjo." *Jurnal Ilmiah Multidisiplin* 1(4): 141–51.

- Priadana, Sidiq, and Denok Sunarsi. 2021. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Pascal Books.
- Riska Gustiana, Taufik Hidayat, Achmad Fauzi. 2022. “Pelatihan Dan Pengembangan Sumber Daya Manusia (Suatu Kajian Literatur Review Ilmu Manajemen Sumber Daya Manusia).” *Jemsi* 3(6): 657–66.
- Rustan, Kartini, Andi Agustang, and Idham Irwansyah Idrus. 2023. “Penerapan Gaya Hidup Zero Waste Sebagai Upaya Penyelamatan Lingkungan Di Indonesia.” *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan* 2(6): 1763–68.
- Saaty, R. W. 1987. “The Analytic Hierarchy Process-What It Is and How It Is Used.” *Mathematical Modelling* 9(3–5): 161–76.
- Setiawan, Aldi Agus et al. 2017. “Pemanfaatan Fly Ash Pltu Sebagai Agregat Dalam Pembuatan Batako.” *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Iv* (101): 16–25.
- Setiyaningsih, Wiji. 2015. 1 Yayasan Edelweis *Konsep Sistem Pendukung Keputusan*. ed. Eko Fachtur Rochman. Yayasan Edelweis.
- Silalahi, Marto et al. 2022. *Manajemen Sumber Daya Manusia (Strategi Organisasi Modern)*. Angewandte Chemie International Edition.
- Sudrajat. 2008. 1 *Dasar-Dasar Fuzzy Logic*. Jurusan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran Bandung.
- Sulaeman, Budiawan. 2018. “PEMANFAATAN LIMBAH KARUNG PLASTIK.” *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik* 3(1): 93.
- Tan, David, and Michelle Alice Stania. 2021. “Penyusunan Rancangan Peraturan Perusahaan Pada Pt Focus Digisellindo Utama.” *Conference on Community Engagement Project* 1(1): 237–43.
- Tinambunan, Sari Maribot, and Irwan Budiman. 2023. “Penentuan Prioritas Utama Faktor Kecelakaan Kerja Dan Alternatif Pencegahannya Menggunakan Metode AHP.” *Jurnal Penelitian Teknik Informatika Universitas Prisma Indonesia (UNPRI) Medan* 6(1): 67–75.

UU RI Nomor 32 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2009.

*Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang  
Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*

