

Available online at: <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/JOTI>

## Jurnal Optimasi Teknik Industri

| ISSN (Print) 2656-3789 | ISSN (Online) 2657-0181 |



# Pengukuran Kinerja *Sustainable Manufacturing* Menggunakan Pendekatan *Triple Bottom Line* Untuk Menyeimbangkan Ekosistem Pada Pabrik Kelapa Sawit

Susilawati Ningsih<sup>1</sup>, Yusnawati<sup>2\*</sup>, Dewiyana<sup>3</sup>, Yusri Nadya<sup>4</sup>, Nurmalawati<sup>5</sup>, Muhammad Zeki<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Jurusan Teknik Industri, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia

\*Corresponding author: [yusnawati@unsam.ac.id](mailto:yusnawati@unsam.ac.id)

### ARTICLE INFORMATION

Received : 22 Oktober 2024  
 Revised : 12 Februari 2025  
 Accepted : 26 Maret 2025  
 Available online : 30 Maret 2025

### KATA KUNCI

Sustainable manufacturing;  
 triple bottom line;  
 analytical hierarchy process

### ABSTRAK

Minyak kelapa sawit (CPO) Indonesia merupakan hasil pengolahan tanaman kelapa sawit yang menjadi sumber penghasil devisa bagi Indonesia pada masa pengembangan era perkebunan kelapa sawit. Aceh merupakan salah satu Provinsi yang memiliki perkebunan kelapa sawit terluas kedelapan di Indonesia. PT Perkebunan Nusantara IV Regional VI KSO merupakan salah satu perusahaan BUMN, pabrik pengolahan kelapa sawit PKS Tanjung Seumantoh yang berlokasi Kecamatan Karang Baru Kabupaten Aceh Tamiang, telah berdiri sejak tahun tujuh puluhan dan sampai saat ini masih aktif memproduksi kelapa sawit. Pabrik kelapa sawit banyak memberi dampak positif dan negatif. Manufaktur berkelanjutan memiliki tiga pilar utama yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial yang biasa disebut dengan *triple bottom line* (TBL). Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja *sustainable manufacturing* di PKS Tj. Seumantoh, sehingga dampak negatif dari proses manufacturing dapat diminimalkan. Metode yang digunakan dalam pemecahan masalah dalam penelitian ini adalah *analytical hierarchy process* (AHP). Hasil penelitian diperoleh bahwa kinerja *sustainable manufaktur* di PKS Kabupaten Aceh Tamiang berada pada level *average* yaitu bernilai 63,394. Oleh sebab itu harus bisa meningkatkan kinerjanya agar lingkungan, ekonomi, dan sosial tetap terjaga keseimbangannya. Pengukuran kinerja yang rendah adalah terdapat pada kriteria lingkungan diikuti oleh sosial dan ekonomi, nilainya berturut-turut adalah 7,842, 20,817 dan 34,736. Oleh sebab itu PKS Tj. Seumantoh perlu memperbaiki kinerja.

## I. PENDAHULUAN

Minyak kelapa sawit (CPO) Indonesia dihasilkan dari pengolahan tanaman kelapa sawit dan menjadi sumber devisa utama bagi negara selama era pengembangan perkebunan kelapa sawit. Perkebunan kelapa sawit terutama dikembangkan di Aceh, Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, dan Irian Jaya. Produksi kelapa sawit Indonesia telah diekspor ke berbagai negara di dunia, termasuk India dan Cina [1]. Hal ini menyebabkan peningkatan produksi kelapa sawit domestik setiap tahun untuk memenuhi permintaan pasar global [2]. Aceh adalah salah satu provinsi dengan perkebunan kelapa sawit terluas kedelapan di Indonesia. Pada tahun 2021, total luas 25 Ningsih, S.

perkebunan kelapa sawit di Aceh mencapai 470.827 hektar. Pada tahun 2020, luas areal kelapa sawit untuk perkebunan rakyat tercatat sebesar 242.819 hektar, melibatkan 139.153 kepala keluarga. Terdapat peningkatan luas areal sebesar 4.283 hektar atau 1,76% dalam kurun waktu satu tahun [3]. PT Perkebunan Nusantara IV Regional VI KSO adalah sebuah perusahaan BUMN yang mengelola komoditas kelapa sawit, dengan wilayah operasional di Provinsi Aceh. Salah satu pabrik pengolahan kelapa sawitnya, PKS Tanjung Seumantoh, terletak di Kecamatan Karang Baru, Kabupaten Aceh Tamiang. Pabrik ini telah beroperasi sejak tahun 1970an dan hingga kini masih aktif memproduksi

kelapa sawit. Dengan luas areal perkebunan mencapai 724 hektar dan jumlah pohon kelapa sawit sebanyak 89.818 batang, perkebunan ini memproduksi 17 Ton tandan buah segar per hari [4].

Total produksi TBS di PT. Perkebunan Nusantara IV Regional VI KSO mencapai 193.736,96 Ton, dengan total limbah tangkos sebanyak 40.684,67 Ton dan limbah cair sebanyak 92.139 ton. Produksi TBS dan limbah menunjukkan fluktuasi yang signifikan sepanjang tahun. Produksi terendah tercatat pada bulan Januari dengan 13.262,5 Ton TBS, 2.785,125 Ton limbah tangkos, dan 3.050 Ton limbah cair. Sementara itu, produksi tertinggi terjadi pada bulan September dengan 19.317,5 Ton TBS, 4.056,675 Ton limbah tangkos, dan 9.923 Ton limbah cair. Fluktuasi ini mengindikasikan adanya pola musiman dalam produksi TBS, di mana produksi cenderung meningkat dari bulan Mei hingga September dan menurun pada awal dan akhir tahun. Korelasi yang kuat antara produksi TBS, limbah tangkos, dan limbah cair menunjukkan bahwa peningkatan produksi TBS diikuti oleh peningkatan produksi limbah. Data ini memberikan informasi penting bagi perusahaan untuk merencanakan produksi, mengelola limbah secara efektif, dan mengoptimalkan proses produksi untuk mengurangi dampak lingkungan. Selain itu, PKS Tanjung Seumantoh setiap harinya mengalami kapasitas olahan 45 ton/jam, bahan baku dalam pengolahan minyak kelapa sawit adalah Tandan Buah Segar (TBS), tandan buah segar yang digunakan pertahunnya mencapai 193.736,96 Ton, output dari hasil proses produksi TBS ini berupa tandan kosong atau sering disebut dengan Tangkos, hasil dari tandan kosong (Tangkos) pertahunnya mencapai 40.684,67 ton, dan dapat di lihat pada tabel 1.1 limbah cair menghasilkan 92.139 Ton. Hasil dari observasi awal di PKS Tj. Seumantoh, limbah padat yang dihasilkan terdiri dari tandan kosong, serabut dan cangkang. Tandan kosong (Tangkos) memiliki dampak negatif bagi masyarakat sekitar [5] walaupun sebagian dari tangkos tersebut diaplikasikan ke areal perkebun disekitaran pabrik, sisa yang tertupuk berhari-hari dapat mengakibatkan munculnya bau yang tidak sedap di sekitaran pemukiman warga. Disisi lain dampak negatif juga muncul dari limbah cair. PKS Tj. Seumantoh memiliki 11 kolam penampungan limbah cair dan 2 kolam lumpur, fungsi dari kolam lumpur untuk menampung jika air dikolam penampungan sudah melebihi kapasitas maka air akan mengalir ke kolam lumpur, namun jika terjadinya hujan terus menerus kolam lumpur tidak dapat menampung limbah cair tersebut, maka air akan meluap ke selokan permukiman warga dan menyebarkan bau yang tidak sedap dipermukiman setempat, 11 kolam penampungan limbah berfungsi untuk menyaring limbah, untuk proses terakhir limbah akan dibuang ke

sungai Aceh Tamiang, perilaku dapat mencemari air sungai dan merusak ekosistem makhluk hidup yang berada disungai, sedangkan limbah gas dapat menghasilkan CO<sub>2</sub> atau sering disebut sebagai rumah kaca [5]. *Sustainable manufacturing* telah menjadi perhatian baru dikalangan peneliti untuk mengatasi berbagai tantangan keberlanjutan dalam industri maufaktur [6]. Penilaian keberlanjutan organisasi manufaktur membantu meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, ekonomi dan sosial [7]. *Sustanaible manufacturing* dapat secara signifikan mengurangi atau membatasi dampak negatif terhadap lingkungan [8]. Aspek penting dalam mengukur dan menilai keberlanjutan dan upaya untuk meningkatkannya adalah indikator keberlanjutan [9]. Indikator membantu mengidentifikasi status sesuatu, kemajuan yang dibuat menuju tujuan, dan tantangan dan masalah dalam bergerak menuju tujuan serta langkah-langkah yang harus diadopsi untuk mengatasi tantangan dan masalah [10]. Indikator keberlanjutan berbeda dari indikator tradisional ekonomi, sosial dan lingkungan [11]. AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis [12].

Menurut [13] penelitian berjudul "Performa Keberlanjutan Manufaktur Pabrik Kelapa Sawit di Riau," tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur kinerja keberlanjutan manufaktur pabrik kelapa sawit di Kabupaten Kampar. Penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hasilnya, menunjukkan bahwa kriteria yang paling berpengaruh dalam meningkatkan kinerja keberlanjutan manufaktur pabrik kelapa sawit di Riau adalah aspek ekonomi dengan nilai 38,53%, diikuti oleh aspek sosial sebesar 31,85%, dan aspek lingkungan dengan nilai prioritas 29,62%. Subkriteria yang paling berpengaruh dalam meningkatkan kinerja keberlanjutan adalah pemanfaatan energi (*resources utilization*) dengan nilai prioritas 17,51%, diikuti oleh subkriteria karyawan dengan nilai prioritas 16,33%, dan subkriteria kualitas dengan nilai prioritas 11,06%.

Sedangkan Penelitian sebelumnya dilakukan oleh [14], yang berjudul "*Choosing Alternative Managements of Solid Waste from Tofu Producing Small and Medium Enterprises in East Aceh District by Analytical Hierarchy Process* (AHP)". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan alternatif pengolahan limbah padat pada UKM tahu. Hasil penelitian ini diperoleh aspek kriteria pengelolaan sampah yang menjadi prioritas utama adalah aspek ekonomis dan alternatif pilihan pengolahan sampah

padat adalah bahan pangan dengan nilai bobot alternatif 63,11 %.

**II. METODE**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, yang melibatkan penelitian terhadap populasi atau sampel secara statistik, kemudian proses pengumpulan data, interpretasi, hingga penyajian hasil [15]. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel dependent adalah Parameter lingkungan, Parameter sosial dan Parameter ekonomi. *sustainable manufacturing* adalah metode yang diterapkan untuk fokus penelitian ini. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Pengumpulan data dilakukan melalui Observasi dan kajian pustaka dan wawancara. Objek penelitian ini adalah *sustainable manufacturing* di PKS Tj. Seumantoh. Penelitian ini dilaksanakan di PKS Tj. Seumantoh, yang terletak di Kecamatan Karang Baru, Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh, pada bulan Juni 2024. Kemudian untuk tahap selanjutnya dari penelitian ini, maka tahapan yang diuraikan sebagai berikut: a) Menetapkan parameter yang mempengaruhi *sustainable manufaktur*. Parameter dalam penelitian ini adalah lingkungan, ekonomi, dan sosial. b) Menyusun *struktur hierarchy* dalam penelitian. c) Menyusun matrik perbandingan berpasangan (*Pairwise comparisons matrix*). Matriks ini diperoleh dengan cara menyebarkan kuesioner AHP ke PKS Tj. Seumantoh. dan d) Menghitung bobot setiap kriteria maupun sub kriteria serta menghitung konsistensi responden.

Langkah-langkah menghitung bobot parameter *sustainable manufacturing* adalah sebagai berikut.

**Tahap 1:** Menghitung skala nilai matriks perbandingan yang diperoleh dari para responden harus dirata-rata terlebih dahulu menggunakan rata-rata geometric (*geometric mean*) dengan rumus matematis:

$$|A| = \sqrt[n]{Z1 \cdot Z2 \cdot Z3 \dots Zn} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

|A| = Matriks nilai rata-rata perbandingan berpasangan criteria  $A_i$ , dengan  $A_j$ , untuk n partisipan.

Z = Responden dengan Z1, Z2, Z3 dst adalah nilai setiap sel matriks perbandingan responden.

Hal ini dilakukan untuk rekapitulasi matriks perbandingan berpasangan dalam mencapai vektor *eigen*.

**Tahap 2:** Menghitung matriks normalisasi setiap kriteria. Rumus yang digunakan adalah:

$$\sum a_{ij} = 1 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:  $a_{ij}$  adalah elemen matriks A

**Tahap 3:** Menghitung bobot. Untuk setiap baris  $i$  dalam matriks tersebut hitung nilai rata-ratanya (*vector eigen*):

$$w_i = \frac{1}{n} \sum a_{ij} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:  $w_i$  adalah bobot ke  $i$  dari vektor bobot.

**Tahap 4:** Pengujian konsistensi matriks perbandingan dengan cara:

Jika A adalah matriks perbandingan berpasangan dan W adalah vektor bobot, maka konsistensi dari A dapat diuji dengan cara:

a. Hitung t

$$t = \frac{1}{n} \sum_1^n \left( \frac{\text{elemen ke } i \text{ pada } (A)(W^T)}{\text{elemen ke } i \text{ pada } W^T} \right) \dots \dots (4)$$

b. Hitung indeks konsistensi

$$CI = \frac{t - n}{n - 1} \dots \dots \dots (5)$$

c. Periksa *rasio konsistensi* (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (6)$$

Jika  $CR < 0,1$  maka A konsisten

Nilai RI = nilai indeks random berdasarkan Tabel 2

Tabel 1. Nilai Indeks Random

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

5. Menghitung *normalisasi snorm de boer*.

Setiap indikator mempunyai bobot yang berbeda-beda dengan parameter yang berbeda-beda, sehingga diperlukan proses pencocokan parameter dengan cara normalisasi. Proses normalisasi dilakukan dengan rumus *normalisasi Snorm de Boer*. Normalisasi berperan penting dalam mencapai nilai akhir pengukuran kinerja. Berikut *persamaan normalisasi Snorm de Boer*

Untuk nilai yang lebih besar adalah lebih baik

$$Snorm(skor) = \frac{(SI - S_{min})}{S_{max} - S_{min}} \times 100 \dots \dots \dots (7)$$

Untuk nilai yang lebih kecil adalah lebih baik

$$Snorm(skor) = \frac{(S_{max} - SI)}{S_{max} - S_{min}} \times 100 \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan;

SI : Nilai kinerja yang dicapai

S max : Nilai kinerja terbaik  
 S min : Nilai kinerja terburuk

6. Menghitung kinerja *sustainable manufacturing*.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kinerja *sustainable manufacturing* adalah:

$$\text{Nilai Kinerja} = \text{Bobot} \times \text{Snorm de Boer} \dots (9)$$

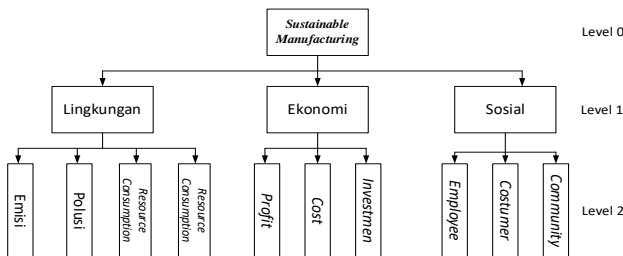
Monitoring skor kinerja dapat dilihat pada Tabel 2.

Sistem Monitoring	Performansi Indikator
<40	Poor
40-50	Marginal
50-70	Average
70-90	Good
>90	excellent

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Struktur *Hierarchy*

Pada Gambar 1 menampilkan *struktur hierarchy* penelitian untuk menghitung bobot *sustainable manufacturing*. *Sustainable manufacturing* dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu lingkungan, ekonomi dan sosial. Lingkungan dipengaruhi oleh parameter *emission, pollution, resource consumption*, dan *natural habitats conservation*. Ekonomi dipengaruhi oleh parameter *profit, cost, dan investment*. Sosial dipengaruhi oleh parameter *employee, customer, dan community*.



Gambar 1. Struktur *hierarchy* penelitian

2. Matriks Perbandingan Berpasangan (MPB)

Matriks perbandingan berpasangan kriteria level 1 ditampilkan pada Tabel 3.

Kriteria	Lingkungan	Ekonomi	Sosial
Lingkungan	1,00	0,375	1/2
Ekonomi	2 5/8	1	2 2/3
Sosial	2 1/6	3/8	1

Matriks perbandingan berpasangan level 2 ditampilkan pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 4.

Kriteria	Emisi	Polutan	Resouce Consumption	Natural Habit Conservation
Emisi	1	3 2/5	1 4/9	4

Polutan	2/7	1	1/4	2/7
Resouce Consumption	2/3	4	1	2
Natural Habit Conservation	1/4	3 4/9	1/2	1

Tabel 6 MPB Level 2 Parameter Ekonomi

Kriteria	Profit	Cost	Investment
Profit	1	4 8/9	1
Cost	1/5	1	1/2
Investment	1	2	1

Tabel 7 MPB Level 2 Parameter Sosial

Kriteria	Employee	Custsmer	Community
Employee	1	2 3/8	3 1/2
Custsmer	3/7	1	1 3/5
Community	1/3	5/8	1

3. Menghitung Bobot Kriteria

Tahapan yang dilakukan sebelum menghitung bobot kriteria adalah menghitung matriks normalisasi, dengan cara menjumlahkan nilai yang ada di setiap kolom, kemudian membagikan nilai setiap sel dengan jumlah masing-masing kolom. Sesuai dengan formula 1. Matriks normalisasi setiap kolom memiliki nilai sama dengan 1 yang ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Matriks normalisasi responden level 1

Kriteria	Lingkungan	Ekonomi	Sosial
Lingkungan	0,173	0,216	0,112
Ekonomi	0,453	0,568	0,644
Sosial	0,374	0,215	0,244
Total	1,000	1,000	1,000

Dari Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai normalisasi pada kolom lingkungan diperoleh 0,173, 0,453, dan 0,374. hal ini menunjukkan bahwa lingkungan memiliki prioritas yang perlu dipertimbangkan dibandingkan dengan ekonomi dan sosial. Pada kolom ekonomi nilai normalisasinya adalah 0,216, 0,568, dan 0,215. hal ini menunjukkan bahwa lingkungan memiliki prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan ekonomi dan sosial. Pada kolom sosial nilai normalisasinya adalah 0,112, 0,644, dan 0,244. hal ini menunjukkan bahwa lingkungan memiliki prioritas lebih tinggi dibandingkan ekonomi dan sosial. Matriks normalisasi level 2 parameter lingkungan

Kriteria	Emisi	Polutan	Resouce Consumption	Natural Habit Conservation
Emisi	0,448	0,285	0,454	0,549
Polutan	0,132	0,084	0,074	0,040
Resouce Consumption	0,309	0,342	0,313	0,274

<i>Natural Habit Conservation</i>	0,112	0,289	0,156	0,137
Total	1,000	1,000	1,000	1,000

Dari Tabel 9 menunjukkan bahwa pada kolom emisi, yang menjadi prioritas perlu diperhatikan adalah *natural habitats conservation* dengan nilai normalisasi adalah 0,112. Pada kolom polutan parameter yang menjadi prioritas yang perlu diperhatikan adalah *polutan* dengan nilai 0,289. Pada kolom resource consumption yang menjadi prioritas yang perlu diperhatikan adalah *natural habitats conservation* dengan nilai normalisasi adalah 0,156. Pada kolom *natural habitats conservation* yang menjadi prioritas yang perlu diperhatikan adalah polutan dengan nilai 0,137. Matriks normalisasi level 2 parameter ekonomi ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Matriks normalisasi responden level 2 parameter ekonomi

Kriteria	<i>Profit</i>	<i>Cost</i>	<i>Investment</i>
<i>Profit</i>	0,442	0,620	0,387
<i>Cost</i>	0,090	0,127	0,204
<i>Investment</i>	0,467	0,253	0,409

Tabel 10 menunjukkan bahwa pada kolom profit parameter yang menjadi prioritas perlu diperhatikan adalah profit dengan nilai 0,442. Pada kolom cost parameter yang menjadi prioritas perlu diperhatikan juga profit, begitu juga pada kolom investment. Matriks normalisasi level 2 parameter sosial ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Matriks normalisasi responden level 2 parameter sosial

Kriteria	<i>Employee</i>	<i>Custsmer</i>	<i>Community</i>
<i>Employee</i>	0,562	0,594	0,572
<i>Custsmer</i>	0,237	0,250	0,264
<i>Community</i>	0,201	0,156	0,164
Total	0,562	0,594	0,572

Tabel 11 menunjukkan bahwa pada kolom *employee* yang menjadi prioritas perhatian utama adalah *customer* dengan nilai 0,237, begitu juga pada kolom *customer*. Pada kolom *community* yang menjadi prioritas perhatian utama adalah *employee* dengan nilai normalisasi 0,562.

Selanjutnya Bobot parameter dihitung dengan cara menjumlahkan nilai yang ada di setiap baris dari matriks normalisasi, kemudian membagikan nilai setiap sel dengan jumlah masing-masing baris. Sesuai dengan formula 2. Bobot parameter level 1 ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Bobot parameter level 1

Kriteria	Lingkungan	Ekonomi	Sosial	Jumlah Baris	Vektor Eigen ( $w^T$ )
Lingkungan	0,173	0,216	0,112	0,501	0,167
Ekonomi	0,453	0,568	0,644	1,665	0,555
Sosial	0,374	0,215	0,244	0,833	0,278
Total	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Dari Tabel 12 menunjukkan bahwa pada level 1 lingkungan memiliki prioritas yang perlu diperhatikan dengan nilai bobot sebesar 0,501 diikuti dengan ekonomi dengan nilai 1,665 dan sosial dengan nilai 0,833. Apabila dilihat dari konsep triple bottom line maka hasil yang diperoleh masih jauh dari keseimbangan, karena tidak terjadi keseimbangan antara lingkungan, ekonomi, dan sosial. Bobot parameter level 2 parameter lingkungan ditampilkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Bobot parameter level 2 parameter lingkungan

Kriteria	<i>Emisi</i>	<i>Polutan</i>	<i>Resource consumption</i>	<i>Natural habit concervation</i>	Jumlah Baris	Vektor Eigen ( $w^T$ )
<i>Emisi</i>	0,448	0,285	0,454	0,549	1,735	0,434
<i>Polutan</i>	0,132	0,084	0,074	0,040	0,330	0,082
<i>Resource Consumption</i>	0,309	0,342	0,313	0,274	1,238	0,310
<i>Natural Habit Concervation</i>	0,112	0,289	0,156	0,137	0,695	0,174
Total	1,000	1,000	1,001	1,000	4,001	1,000

Berdasarkan Tabel 13 dapat disimpulkan bahwa bobot prioritas perusahaan dalam manufaktur berkelanjutan pada parameter lingkungan adalah emisi diikuti *resource consumption*, *natural habit concervation* dan *polutan*. Selanjutnya untuk perhitungan bobot prioritas berpasangan level 2 untuk parameter ekonomi dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Bobot parameter level 2 parameter ekonomi

Kriteria	<i>Profit</i>	<i>Cost</i>	<i>Investment</i>	Jumlah Baris	Vektor Eigen ( $w^T$ )
<i>Profit</i>	0,442	0,620	0,387	1,449	0,483
<i>Cost</i>	0,090	0,127	0,204	0,421	0,140
<i>Investment</i>	0,467	0,253	0,409	1,129	0,376
Total	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Berdasarkan Tabel 14 dapat disimpulkan bahwa bobot prioritas perusahaan dalam manufaktur berkelanjutan pada parameter ekonomi adalah *profit*, diikuti *investment* dan *cost*. Selanjutnya untuk perhitungan normalisasi matriks berpasangan level 2 untuk parameter sosial dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Bobot parameter level 2 parameter sosial

Kriteria	Costumer	Community	Employee	Jumlah Baris	Vektor Eigen (w <sup>T</sup> )
Costumer	0,562	0,594	0,572	1,728	0,576
Community	0,237	0,250	0,264	0,751	0,250
Employee	0,201	0,156	0,164	0,521	0,174
Total	1,000	1,000	1,000	3,000	1,000

Berdasarkan Tabel 15 dapat disimpulkan bahwa bobot prioritas perusahaan dalam manufaktur berkelanjutan pada parameter ekonomi adalah *costumer*, diikuti *community* dan *employee*. Setelah bobot prioritas didapat, langkah selanjutnya menghitung bobot parsial dan total bobot. Hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 16 berikut :

Tabel 16. Bobot parsial dan bobot total setiap parameter

Kriteria level 1	Bobot Parsial lvl 1	Subkriteria lvl 2	Bobot Parsial lvl 2	Level 3	Bobot Total
Lingkungan	0,167	<i>Emisi</i>	0,434	0,333	0,024
		<i>Polutan</i>	0,082	0,333	0,005
		<i>Resource consumption</i>	0,310	0,333	0,017
		<i>Natural habit conversion</i>	0,174	0,333	0,010
Ekonomi	0,555	<i>Profit</i>	0,483	0,500	0,134
		<i>Cost</i>	0,140	0,333	0,026
		<i>Investment</i>	0,376	0,250	0,052
Sosial	0,278	<i>Customer</i>	0,576	0,250	0,040
		<i>Community Employee</i>	0,250	0,333	0,023
			0,174	0,333	0,016

Pada Tabel 16 dapat dilihat bahwa pada level 1 kriteria yang paling di prioritaskan PKS Tj. Seumantoh ialah parameter ekonomi dan dilanjutkan oleh parameter lingkungan lalu parameter sosial. Paramter lingkungan berada pada bobot terkecil yang menunjukkan tingkat kepedulian perusahaan pada lingkungan masih rendah.

Dari keseluruhan parameter yang memiliki bobot paling tinggi adalah parameter ekonomi, aspek yang menjadi prioritas diparameter ekonomi adalah *profit* dengan nilai 0,483, kemudian *Invesment* dengan nilai 0,376, dan *cost* dengan nilai 0,140.

Kemudian parameter yang memiliki bobot tertinggi setelah parameter ekonomi ialah para meter sosial, pada parameter sosial aspek yang menjadi prioritas adalah *custemer* dengan nilai 0,576, kemudian *community* dengan nilai 0,250 dan *employee* dengan nilai 0,174.

Selanjutnya parameter yang paling renda dari keseluruhan adalah parameter lingkungan, aspek yang menjadi prioritas adalah *emisi* dengn nilai 0,434, *resource consumption* dengan nilai 0,310, *natural habit conversion* dengan nilai 0,174,

kemudian aspek yang terendah pada parameter lingkungan adalah polutan dengan nilai 0,082.

#### 4. Menghitung konsistensi responden

Setelah mendapatkan bobot prioritas, matriks perbandingan semula (A)w<sup>T</sup> akan dikalikan dengan vektor bobot (w<sup>T</sup>) sesuai dengan formula . Sehingga:

Hitung: (A)(w<sup>T</sup>)

Ket: (A)= Matriks Perbandingan Berpasangan  
(W<sup>T</sup>)= Vektor eigen

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,381 & 0,461 \\ 2,627 & 1 & 2,639 \\ 2,169 & 0,379 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,167 \\ 0,555 \\ 0,278 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,507 \\ 1,727 \\ 0,851 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya menghitung nilai *eigen* utama (t) sesuai dengan rumus (4)

$$t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\text{elemen ke } i \text{ pada } (A) (w^T)}{\text{elemen ke } i \text{ pada } w^T} \right)$$

$$t = \frac{1}{3} \left( \frac{0,507}{0,167} + \frac{1,727}{0,555} + \frac{0,851}{0,278} \right) = 3,068$$

Selanjutnya adalah menghitung *consistency index* sesuai dengan rumus (5)

$$CI = \frac{t - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{3,068 - 3}{3 - 1} = 0,034$$

Selanjutnya menghitung *consistency ratio* sesuai dengan rumus (6)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

nilai RI = 0,58

$$CR = \frac{0,042}{0,58} = 0,059$$

Karena nilai CR < 0,1 maka jawaban responden konsisten terhadap kuesioner AHP. Dengan cara yang sama rekapitulasi uji konsistensi responden level 2 dapat dilihat pada Tabel 17

Tabel 17. nilai CR level 2

Parameter	t	Consistency Index (CI)	Random Index	Consistency Ratio (CR)
Lingkungan	4,232	0,057	0,9	0,064
Ekonomi	3,102	0,051	0,58	0,088
Sosial	3,003	0,041	0,58	0,0715

Tabel 17 menunjukkan bahwa nilai CR parameter lingkungan adalah 0,64, parameter ekonomi adalah 0,088 dan parameter sosial adalah 0,0715. Ketiga nilai parameter tersebut memiliki nilai

lebih dari 0,1, sehingga dapat disimpulkan bahwa responden konsisten dalam menjawab pertanyaan. Oleh sebab itu nilai yang diperoleh dari kuesioner dianggap valid dan bisa digunakan untuk analisis.

Besarnya bobot yang ditunjukkan pada Tabel 15 menunjukkan pandangan responden terhadap pentingnya parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi parameter *sustainable manufaktur*. Perbedaan nilai bobot masing-masing parameter menunjukkan Tingkat kepentingan yang perlu diperhatikan. Urutan prioritas yang perlu diperhatikan adalah *polutan* (0,005), *Natural habitats conservation* (0,010), *profit* (0,134), *emisi* (0,024), *customer* (0,040), *cost* (0,026), *Resource consumption* (0,017), *investment* (0,052), *employee* (0,016), dan *community* (0,023).

### 5. Menghitung Normalisasi Snorm De Boer.

Pada Tabel 18 menunjukkan perhitungan normalisasi menggunakan *snorm de boer*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai snorm maksimum adalah 100 yaitu karyawan diizinkan mengembangkan profesionalitasnya. Nilai snorm yang rendah adalah 25,00 yaitu Produk yang dihasilkan tidak berdampak lingkungan, Investasi pengolahan limbah cair sudah dilakukan, dan Investasi pengolahan limbah cair sudah dilakukan

Tabel 18. Normalisasi Snorm de Boer

Kriteria dan Sub Kriteria		Total Skor	Snorm De Boer
Lingkungan	Mesin produksi yang digunakan memiliki emisi yang baik	68	47,22
	Emisi Pembangkit tenaga listrik yang digunakan memiliki emisi yang baik	91	63,19
	Mesin pengolah limbah yang digunakan memiliki emisi yang baik	63	43,75
	Limbah padat sudah diurai dengan baik	70	48,61
	Polutan Limbah cair sudah dinetralkan dengan baik	71	49,31
	Limbah gas dinetralkan sebelum dibuang ke udara	68	47,22
	Penggunaan material yang ramah lingkungan	72	50,00
	Resouce consumption Penggunaan air yang ramah lingkungan	60	41,67
	Penggunaan energi yang ramah lingkungan	63	43,75
	Natural habitat conservation Keanekaragaman hayati tetap terjaga	79	54,86
Ekonomi	Tidak mengganggu habitat hewan liar	75	52,08
	Tidak meningkatkan kebencanaan	82	56,94
	Profit Perusahaan mengalami kenaikan pendapatan sesuai target	67	46,53
	Perusahaan mendapatkan keuntungan setiap sesuai target	75	52,08

Kriteria dan Sub Kriteria		Total Skor	Snorm De Boer	
Cost	Biaya material yang ramah lingkungan	72	50,00	
	Biaya produksi yang ramah lingkungan	118	81,94	
	Biaya pengiriman produk yang ramah lingkungan	115	79,86	
	Investasi peralatan yang digunakan sudah ramah lingkungan	132	91,67	
	Investasi pengolahan limbah cair sudah dilakukan	100	69,44	
	Investment	Investasi pengolahan limbah padat sudah dilakukan	114	79,17
		Investasi pengolahan limbah gas sudah dilakukan	100	69,44
		Kesehatan karyawan terjamin saat bekerja	144	100,00
		Keselamatan karyawan terjamin saat bekerja	98	68,06
	Sosial	Employee	Karyawan diizinkan mengembangkan profesionalitasnya	126
Karyawan selalu menghasilkan produk yang berkualitas			104	72,22
Produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan pelanggan			93	64,58
Produk yang dihasilkan sudah memenuhi standar nasional			68,75	
Customer Indonesia			99	
Produk yang dihasilkan mudah digunakan oleh konsumen		88	61,11	
Produk yang dihasilkan tidak berdampak lingkungan		36	25,00	
Proses produksi tidak mengganggu lingkungan		36	25,00	
Community		Limbah tidak mengganggu lingkungan	34	23,61

Perhitungan kinerja manufaktur berkelanjutan setiap subkriteria ditunjukkan pada Tabel 18, menunjukkan bahwa pada parameter lingkungan kriteria *natural habit conservation* memiliki nilai kinerja yang yang paling rendah dengan nilai kinerja 40,79, diikuti *resouce consumption* dengan nilai kinerja 44,69, polutan dengan nilai 47,90 dan emisi dengan nilai kinerja 50,87. Pada performansi monitoring kriteria *natural habit conservation* berada pada level *marginal*.

Pada parameter ekonomi, kriteria yang memiliki total kinerja terendah adalah *profit* dengan nilai 49,31, diikuti kriteria *cost* yang memiliki total kinerja 69,89, dan yang paling tinggi ialah kriteria *investment* dengan total kinerja 77,09. berdasarkan monitoring performansi kriteria *profit* berada pada level *marginal*.

Pada parameter sosial, nilai kinerja yang tertinggi adalah kriteria *employee* dengan total kinerja 82,99. diikuti kriteria *customer* dengan total kinerja 58,21, dan kriteria *community* yang memiliki total

kinerja terendah dengan nilai 24,29. Berdasarkan monitoring performansi, kriteria *community* berada pada level poor. Secara keseluruhan, monitoring performansi manufaktur berkelanjutan kriteria level 2 menunjukkan bahwa kriteria *community* perlu diperhatikan dan ditingkatkan karena berada pada level poor.

### 6. Menghitung Kinerja Sustainable Manufaktur

Perhitungan kinerja *sustainable manufacturing* setiap sub kriteria ditunjukkan pada Tabel 18

Tabel 18. Nilai Kinerja Pada Setiap Sub Kriteria

Kriteria dan Sub Kriteria		Bobot	Snorm De Boer	Skor Akhir	Total Kinerja Setiap Sub Kriteria	
Lingkungan	Emisi	Mesin produksi yang digunakan memiliki emisi yang baik	0,33	47,22	15,58	50,87
		Pembangkit tenaga listrik yang digunakan memiliki emisi yang baik	0,33	63,19	20,85	
		Mesin pengolah limbah yang digunakan memiliki emisi yang baik	0,33	43,75	14,44	
	Polutan	Limbah padat sudah diurai dengan baik	0,33	48,61	16,04	47,90
		Limbah cair sudah dinetralkan dengan baik	0,33	49,31	16,27	
	Resouce consumption	Limbah gas dinetralkan sebelum dibuang ke udara	0,33	47,22	15,58	44,69
		Penggunaan material yang ramah lingkungan	0,33	50	16,50	
		Penggunaan air yang ramah lingkungan	0,33	41,67	13,75	
		Penggunaan energi yang ramah lingkungan	0,33	43,75	14,44	
	Natural habit conservation	Keanekaragaman hayati tetap terjaga	0,33	39,58	13,06	40,79
Tidak mengganggu habitat hewan liar		0,33	27,08	8,94		
Tidak meningkatkan kebencanaan		0,33	56,94	18,79		
Ekonomi	Profit	Perusahaan mengalami kenaikan pendapatan sesuai target	0,50	46,53	23,27	49,31
		Perusahaan mendapatkan keuntungan setiap sesuai target	0,50	52,08	26,04	
	Cost	Biaya material yang ramah lingkungan	0,33	50	16,50	69,89
		Biaya produksi yang ramah lingkungan	0,33	81,94	27,04	
		Biaya pengiriman produk yang ramah lingkungan	0,33	79,86	26,35	
	Investment	Investasi peralatan yang digunakan sudah ramah lingkungan	0,25	91,67	22,92	77,09
		Investasi pengolahan limbah cair sudah dilakukan	0,25	69,44	17,36	
		Investasi pengolahan limbah padat sudah dilakukan	0,25	79,17	19,79	
Sosial	Employee	Investasi pengolahan limbah gas sudah dilakukan	0,25	68,06	17,02	82,99
		Kesehatan karyawan terjamin saat bekerja	0,25	100	25,00	
		Keselamatan karyawan terjamin saat bekerja	0,25	68,06	17,02	
		Karyawan diizinkan mengembangkan profesionalitasnya	0,25	87,5	21,88	
		Karyawan selalu menghasilkan produk yang berkualitas	0,25	76,39	19,10	
	Customer	Produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan pelanggan	0,33	53,47	17,65	58,21
		Produk yang dihasilkan sudah memenuhi standar nasional Indonesia	0,33	68,75	22,69	
		Produk yang dihasilkan mudah digunakan oleh konsumen	0,33	54,17	17,88	
		Produk yang dihasilkan tidak berdampak lingkungan	0,33	25	8,25	
		Proses produksi tidak mengganggu lingkungan	0,33	25	8,25	
Community	Limbah tidak mengganggu lingkungan	0,33	23,61	7,79	24,29	

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data, analisis dan pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut. Di PKS Tj. Seumantoh, bobot prioritas yang mempengaruhi *manufaktur* berkelanjutan menunjukkan bahwa kriteria lingkungan memiliki bobot 0,167, kriteria ekonomi 0,555, dan kriteria sosial 0,278. Meskipun seharusnya kriteria lingkungan memiliki bobot yang paling besar dalam mendukung *manufaktur* berkelanjutan, hasil penelitian menunjukkan nilai bobotnya adalah yang terendah. Kinerja *manufaktur* berkelanjutan yang memiliki nilai tertinggi adalah ekonomi dengan nilai kinerja 34,736, diikuti sosial dengan nilai 20,817, dan lingkungan sebesar 7,842. Secara keseluruhan nilai kinerja *manufaktur* berkelanjutan pada PKS Tj. Seumantoh berada pada level *average*. Kriteria lingkungan memiliki nilai yang paling rendah sehingga perusahaan perlu meningkatkan kinerjanya agar lingkungan, ekonomi dan sosial terjaga keseimbangannya.

#### REFERENSI

- [1] M. A. Tarigan, "Optimalisasi Kelapa Sawit Untuk Mengurangi Pemanasan Global".
- [2] Y. Yusnawati, M. Zeki, T. A. Adlie, Y. Nadya, and S. Ningsih, "Identifikasi bobot parameter sustainable manufacturing pabrik kelapa sawit menggunakan metode analytical hierarchy process," *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, vol. 5, no. 1, pp. 138–149, 2024.
- [3] H. M. Saragih and H. Rahayu, "Pengaruh kebijakan Uni Eropa terhadap ekspor kelapa sawit Indonesia. JPPI (Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia), 8 (2), 296," 2022.
- [4] B. P. Statistik, "Provinsi Aceh dalam angka," Aceh, 2022.
- [5] M. A. Putri, S. D. Afriwana, S. H. Pulungan, and A. Hasibuan, "Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Bagi Masyarakat Simandiangin Kab. Labuhanbatu Selatan," *Zahra: Journal Of Health And Medical Research*, vol. 3, no. 3, pp. 408–412, 2023.
- [6] R. S. Sumarsih, D. Permatasari, and A. Amyati, "Transformasi Manufaktur Di Era Industri 4.0: Peran Teknologi Cerdas, Ekonomi Sirkular, Dan Pengembangan Sdm Dalam Meningkatkan Kinerja Dan Keberlanjutan," in *National Conference on Applied Business, Education, & Technology (NCABET)*, 2024, pp. 59–81.
- [7] F. O. Widarta, N. Muhammad, and Y. I. M. Nur, "Plant Diversity in Oil Palm Plantations in Tanjung Seumantoh, Karang Baru, Aceh Tamiang," *Biologi Edukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, vol. 12, no. 1, pp. 22–29, 2020.
- [8] L. Judijanto and M. A. Muhtadi, "Pengaruh Kepemimpinan Berkelanjutan, Inovasi Ramah Lingkungan, dan Keterlibatan Masyarakat terhadap Keberhasilan Pembangunan Berkelanjutan di Sektor Perkebunan Kelapa Sawit Sumatera," *Jurnal Bisnis dan Manajemen West Science*, vol. 3, no. 02, pp. 164–177, 2024.
- [9] R. Sonia and R. Purwaningsih, "Desain Peningkatan Eco-Efficiency Produk Jenang Pada UMKM Jenang Kudus Rizqina dengan Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (LCA)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 13, no. 1, 2024.
- [10] Y. A. Iskandar, I. Sukarno, A. C. Kurniawan, and R. Vikaliana, *Pengelolaan Kinerja Rantai Pasok dengan Pendekatan SCOR*. Penerbit Salemba, 2024.
- [11] V. Swarnakar *et al.*, "Prioritizing indicators for sustainability assessment in manufacturing process: An integrated approach," *Sustainability*, vol. 14, no. 6, p. 3264, 2022.
- [12] R. Sharma, C. J. C. Jabbour, and A. B. Lopes de Sousa Jabbour, "Sustainable manufacturing and industry 4.0: what we know and what we don't," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 34, no. 1, pp. 230–266, 2021.
- [13] M. Yola and N. Nofirza, "Perfomansi Keberlanjutan Manufaktur Pabrik Kelapa Sawit di Riau," *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 100–107, 2019.
- [14] N. Handayani, Y. Yusnawati, and Y. Nadya, "Choosing alternative managements of solid waste from tofu producing small and medium enterprises in East Aceh district by analytical hierarchy process (AHP)," in *2019 1st International conference on engineering and management in industrial system (ICOEMIS 2019)*, Atlantis Press, 2019, pp. 336–343.
- [15] A. suci Sukmawati *et al.*, *Metode Penelitian Kuantitatif: Teori dan Penerapan Praktis Analisis Data berbasis Studi Kasus*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.