



## Integrasi LCA dan S-LCA untuk Evaluasi Keberlanjutan Industri Manufaktur Kaleng

Baiq Firyal Salsabila Safitri<sup>1\*</sup>, Vanessa Regina Kurnia<sup>2\*</sup>, Ahmad Mubin<sup>3\*</sup>

Teknik Industri – Universitas Muhammadiyah Malang

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang, Indonesia

Email : [baiqfiryal@umm.ac.id](mailto:baiqfiryal@umm.ac.id)

\*Corresponding Author

### INFO ARTIKEL

doi: 10.350587/Matrik  
v26i2.11333

#### Jejak Artikel :

Upload artikel

7 Februari 2026

Revisi oleh reviewer

10 Maret 2026

Publish

31 Maret 2026

#### Kata Kunci :

Life Cycle Assessment, Social-LCA, hotspot, konsumsi energi, keberlanjutan

### ABSTRAK

Industri manufaktur kaleng memiliki konsumsi energi yang tinggi serta potensi risiko sosial bagi pekerja, sehingga evaluasi keberlanjutan menjadi penting untuk meningkatkan kinerja produksi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi hotspot lingkungan dan risiko sosial pada lima lini produksi di industri manufaktur kaleng. Metode yang digunakan adalah integrasi *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Social Life Cycle Assessment* (S-LCA) dengan batasan sistem *cradle-to-gate*. Hasil analisis LCA menunjukkan bahwa tindakan perawatan pada lini Auto 307 mampu menurunkan konsumsi energi dari 329 kWh menjadi 266 kWh per shift, sehingga emisi karbon berkurang dari 270 kg CO<sub>2</sub>-eq menjadi 218 kg CO<sub>2</sub>-eq atau sebesar 19,25%. Sementara itu, hasil S-LCA menunjukkan bahwa aspek Hubungan Masyarakat memperoleh skor tertinggi sebesar 0,250, diikuti Tanggung Jawab Sosial (0,248), Hak Pekerja (0,236), dan K3 (0,234). Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi LCA dan S-LCA mampu memberikan evaluasi komprehensif untuk meningkatkan kinerja keberlanjutan industri manufaktur kaleng.

### ABSTRACT

*The can manufacturing industry is characterized by high energy consumption and potential social risks for workers, making sustainability evaluation essential for improving production performance. This study aims to identify environmental hotspots and social risks across five production lines in a can manufacturing facility. The research applies an integrated approach using Life Cycle Assessment (LCA) and Social Life Cycle Assessment (S-LCA) within a cradle-to-gate system boundary. The LCA results indicate that maintenance actions on the Auto 307 line reduced electricity consumption from 329 kWh to 266 kWh per shift, leading to a reduction in carbon emissions from 270 kg CO<sub>2</sub>-eq to 218 kg CO<sub>2</sub>-eq (19.25%). Meanwhile, the S-LCA analysis shows that Community Relations obtained the highest score (0.250), followed by Corporate Social Responsibility (0.248), Workers' Rights (0.236), and Occupational Health and Safety (0.234). These findings demonstrate that integrating environmental and social assessments provides a comprehensive basis for improving sustainability performance in can manufacturing operations.*



## 1. Pendahuluan

Industri manufaktur kaleng merupakan salah satu subsektor industri logam yang tumbuh pesat dalam beberapa dekade terakhir karena perannya dalam penyimpanan makanan dan minuman. Namun, karakteristik produksi yang padat energi, intensif material, dan melibatkan berbagai proses mekanik serta termal menimbulkan tantangan serius terhadap keberlanjutan lingkungan dan sosial. Dalam proses produksi, konsumsi energi listrik dan bahan bakar fosil yang tinggi berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca, sedangkan penggunaan logam, pelumas, dan bahan bantu produksi lainnya berpotensi menghasilkan limbah padat dan jejak sumber daya yang besar. Di sisi sosial, pekerja di lini produksi kerap terpapar beban fisik yang berat, risiko ergonomi, dan tekanan operasional yang tinggi, sehingga menimbulkan kebutuhan untuk menilai dampak sosial secara komprehensif selain dampak lingkungan.

*Life Cycle Assessment* (LCA) telah menjadi metode yang dominan dalam menilai dampak lingkungan pada produk dan proses industri karena kemampuannya mengidentifikasi tahapan proses dengan kontribusi dampak terbesar (*hotspot*) dari *cradle-to-gate* atau *cradle-to-grave* [1]. Dalam konteks industri manufaktur logam, Lian et al. (2025) dan Strezov (2021) menerapkan LCA pada pabrik pengolahan aluminium dan menemukan bahwa tahap ekstraksi dan pemanasan logam merupakan penyumbang utama emisi dan konsumsi energi [2], [3]. Meskipun demikian, pendekatan ini masih terbatas pada aspek lingkungan dan belum mengakomodasi risiko sosial yang dialami pekerja secara menyeluruh. Namun demikian, kajian-kajian LCA tersebut umumnya tetap berfokus pada aspek lingkungan dan teknis, sementara dimensi sosial jarang dibahas secara kuantitatif dalam studi LCA kemasan aluminium yang dipublikasikan, sehingga menegaskan perlunya integrasi S-LCA dalam evaluasi keberlanjutan produksi kemasan.

Untuk mengisi kekosongan tersebut, *Social Life Cycle Assessment* (S-LCA) diperkenalkan sebagai pendekatan yang menilai dampak sosial sepanjang siklus hidup produk dengan fokus pada kategori seperti hak pekerja, kondisi kerja, kesehatan dan keselamatan kerja, serta hubungan komunitas [4]. Temuan kajian sistematis terbaru menunjukkan bahwa, meskipun S-LCA berkembang pesat di bidang teknik dan industri, terdapat tantangan metodologis seperti kurangnya standardisasi, data yang tersedia, dan kesulitan mengintegrasikan penilaian sosial dengan penilaian lingkungan dan ekonomi secara simultan dalam studi keberlanjutan industri. Selain itu, sejumlah penelitian metodologis terus mencoba menyempurnakan pendekatan serta indikator sosial untuk menangkap beragam dampak sosial di berbagai fase siklus hidup produk, tetapi aplikasi secara komprehensif masih belum terbentuk [5], [6].

Beberapa penelitian terbaru telah mengembangkan pendekatan integratif dalam kerangka *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) yang menggabungkan penilaian lingkungan (LCA) dan sosial (S-LCA) untuk menghasilkan evaluasi keberlanjutan yang lebih komprehensif. Studi oleh van Dulmen et al. menunjukkan bahwa integrasi berbagai metode penilaian sosial dalam rantai nilai produk mampu memberikan perspektif multidimensional terhadap risiko dan dampak sosial yang tidak dapat ditangkap oleh LCA lingkungan saja [7]. Demikian pula, Hackenhaar et al. mengusulkan kerangka LCSA terpadu yang menyatukan dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi dalam satu sistem analisis untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan keberlanjutan [8]. Selain itu, El Haouat et al. mengembangkan model integratif LCA dalam sistem manajemen mutu, keselamatan, dan lingkungan (QSE) yang menunjukkan bahwa penggabungan dimensi sosial dan lingkungan menghasilkan evaluasi yang lebih representatif terhadap kinerja organisasi [9].

Meskipun pendekatan integratif tersebut memberikan gambaran yang lebih kaya dibandingkan penerapan LCA atau S-LCA secara terpisah, sebagian besar penelitian masih bersifat studi kasus pada satu produk atau satu sistem tertentu. Dengan demikian, belum banyak kajian yang melakukan analisis komparatif antar beberapa lini produksi dalam satu fasilitas industri yang kompleks, seperti pada industri manufaktur kaleng, sehingga masih terdapat ruang penelitian untuk mengembangkan evaluasi keberlanjutan yang lebih sistemik dan komparatif.

Kekurangan utama dari penelitian terdahulu adalah keterbatasan ruang lingkup (fokus pada satu proses atau satu lini produksi), pendekatan terpisah antara aspek lingkungan dan sosial, serta kurangnya rekomendasi spesifik yang dapat diimplementasikan oleh praktisi industri. Hal ini menimbulkan urgensi untuk melakukan studi yang mampu memetakan *hotspot* dampak lingkungan sekaligus indikator sosial yang signifikan di berbagai lini produksi dalam satu sistem manufaktur kaleng secara bersamaan. Pendekatan integratif LCA dan S-LCA pada lima lini produksi dalam batasan *cradle-to-gate* akan memberikan gambaran holistik tentang performa pengelolaan sumber daya, emisi, dan kesejahteraan pekerja secara komparatif antar lini produksi.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah integrasi LCA dan S-LCA dengan penggunaan indikator terstandar (misalnya ISO 14040/14044 untuk LCA dan *guideline* UNEP/SETAC untuk S-LCA) yang diperkaya dengan survei dan pengukuran lapangan langsung pada pekerja. Kombinasi kuantitatif LCA dengan pendekatan S-LCA yang berbasis data primer pekerja memungkinkan tidak hanya identifikasi *hotspot* lingkungan, tetapi juga risiko sosial operasional yang sering tidak tertangkap dalam analisis LCA konvensional. Dibandingkan penelitian sebelumnya yang hanya satu dimensi atau kasus tunggal, pendekatan ini mampu menghasilkan rekomendasi yang lebih strategis untuk perbaikan proses produksi, baik dari sisi

efisiensi energi dan material maupun peningkatan kondisi kerja dan kesehatan pekerja.

Permasalahan yang diangkat dalam artikel ini adalah bagaimana dampak lingkungan dan sosial dari masing-masing lini produksi dalam sebuah industri manufaktur kaleng dapat diidentifikasi dan dibandingkan secara komprehensif menggunakan LCA dan S-LCA *cradle-to-gate*, serta aspek proses mana yang menjadi *hotspot* unggulan untuk intervensi keberlanjutan. Tujuan penelitian ini adalah (1) menganalisis dampak lingkungan pada lima lini produksi utama melalui LCA, (2) mengevaluasi risiko sosial terhadap pekerja dan kondisi operasional melalui S-LCA, serta (3) merumuskan rekomendasi praktis untuk peningkatan efisiensi sumber daya, penurunan emisi, dan perbaikan kesejahteraan tenaga kerja dalam konteks keberlanjutan industri manufaktur kaleng.

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam dua aspek utama. Pertama, penelitian ini menyediakan analisis kuantitatif mengenai dampak lingkungan dari proses produksi kaleng melalui pendekatan *Life Cycle Assessment* pada tingkat lini produksi. Kedua, penelitian ini mengintegrasikan penilaian lingkungan dan sosial secara simultan menggunakan pendekatan LCA dan S-LCA untuk mengidentifikasi *hotspot* keberlanjutan pada industri manufaktur kaleng.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Jenis dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis studi kasus (*case study*). Pendekatan ini dipilih karena analisis dilakukan secara langsung pada proses produksi nyata untuk memperoleh gambaran faktual mengenai dampak lingkungan dan sosial pada sistem manufaktur kaleng. Studi kasus difokuskan pada lima lini produksi dalam sebuah industri manufaktur kaleng yang berlokasi di Jawa Timur, tanpa menyebutkan identitas perusahaan secara eksplisit untuk menjaga kerahasiaan data operasional.

## 2.2. Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama untuk menjamin validitas dan triangulasi data, yaitu penyebaran kuesioner, wawancara mendalam, dan observasi lapangan.

### 2.2.1. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan pada lini produksi Auto 307 untuk memperoleh data operasional sebelum dan sesudah perawatan mesin. Data yang dicatat meliputi penggunaan daya listrik, durasi operasi harian selama 7 jam, serta konsumsi pelumas. Pada kondisi sebelum perawatan, mesin menggunakan 2 liter pelumas per hari, sedangkan setelah perawatan meningkat menjadi 3 liter per hari untuk mengurangi gesekan dan meningkatkan kinerja mesin. Perubahan konsumsi pelumas dan daya listrik ini menjadi bagian dari penyusunan inventori LCA dan evaluasi efisiensi energi.

### 2.2.2. Penyebaran Kuesioner

Penyebaran kuesioner dilakukan kepada pekerja pada setiap lini produksi sebagai bagian dari pengumpulan data sosial dalam analisis S-LCA. Kuesioner disusun berdasarkan indikator GRI Standards dengan empat variabel utama, yaitu Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Hak Pekerja, Hubungan dengan Masyarakat, dan Tanggung Jawab Sosial Perusahaan. Variabel K3 mengacu pada GRI 403, Hak Pekerja pada GRI 401–402, sedangkan Hubungan dengan Masyarakat dan Tanggung Jawab Sosial mengacu pada GRI 413. Kuesioner menggunakan skala penilaian terstruktur untuk mengidentifikasi tingkat kepatuhan dan risiko sosial, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan area perbaikan pada praktik keberlanjutan operasional perusahaan. Sebelum dilakukan analisis lebih lanjut, instrumen kuesioner diuji reliabilitas menggunakan metode Cronbach's Alpha dan diuji validitas menggunakan korelasi Pearson Product Moment antara skor setiap item dengan skor total melalui perangkat lunak SPSS. Suatu instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai Cronbach's Alpha lebih besar dari 0,70, sedangkan item kuesioner dinyatakan valid

apabila nilai  $r$  hitung lebih besar dari  $r$  tabel pada tingkat signifikansi 5%.

### 2.2.3. Wawancara Mendalam

Wawancara mendalam dilakukan dengan pihak manajerial untuk memperoleh informasi kualitatif terkait empat variabel utama, yaitu K3, Hak Pekerja, Hubungan dengan Masyarakat, dan Tanggung Jawab Sosial Perusahaan. Wawancara ini menggali kebijakan, prosedur, dan praktik operasional yang berkaitan dengan aspek sosial perusahaan. Selain itu, wawancara juga dilakukan dengan masyarakat sekitar untuk menilai dampak keberadaan perusahaan terhadap lingkungan sosial warga, termasuk kenyamanan, hubungan sosial, dan persepsi terhadap aktivitas tanggung jawab sosial perusahaan. Data ini digunakan untuk melengkapi penilaian sosial dalam S-LCA dan memberikan gambaran dampak perusahaan terhadap pemangku kepentingan eksternal.

## 2.3. Prosedur Analisis

### 2.3.1. Analisis *Life Cycle Assessment* (LCA)

Analisis LCA dilakukan mengikuti kerangka ISO 14040/14044 dengan batasan sistem *cradle-to-gate* dan unit fungsional dalam penelitian ini adalah konsumsi energi mesin Auto 307 selama satu shift operasi (7 jam) yang menghasilkan sejumlah unit kaleng dalam satu siklus produksi. Unit fungsional ini dipilih untuk merepresentasikan kondisi operasional aktual pada lini produksi. Tahapan analisis meliputi: (1) penetapan tujuan dan ruang lingkup, (2) penyusunan *Life Cycle Inventory* (LCI) berdasarkan data energi, material, dan pelumas, serta (3) *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) untuk mengidentifikasi *environmental hotspot*.

Pada tahap LCIA, penelitian ini menghitung emisi karbon ( $CO_2\text{-eq}$ ) pada kondisi sebelum dan sesudah perawatan mesin, khususnya pada lini Auto 307. Perhitungan emisi dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{Emisi } CO_2e = \text{Konsumsi Listrik (kWh)} \times 0,82$$

Faktor emisi listrik mengacu pada grid listrik Indonesia dengan faktor emisi sebesar 0,82 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh, yang merepresentasikan sistem pembangkitan listrik nasional yang masih didominasi oleh pembangkit berbasis batubara. Perhitungan ini digunakan untuk membandingkan efisiensi energi setelah adanya perubahan konsumsi pelumas dari 2 liter per hari menjadi 3 liter per hari. Hasil analisis emisi kemudian dibandingkan antar lini untuk menentukan proses dengan kontribusi dampak terbesar. Analisis LCA dilakukan menggunakan perangkat lunak *openLCA* versi 1.11 dengan metode penilaian dampak ReCiPe Midpoint (H). Data inventori proses dianalisis menggunakan database Ecoinvent v3.8 untuk memodelkan proses energi dan emisi.

### 2.3.2. Analisis *Social-Life Cycle Assessment* (S-LCA)

Pada analisis S-LCA, penilaian dilakukan menggunakan skala Likert 1–5 untuk mengukur persepsi pekerja dan masyarakat terhadap variabel K3, Hak Pekerja, Hubungan dengan Masyarakat, dan Tanggung Jawab Sosial Perusahaan. Skala Likert yang digunakan adalah:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Cukup Setuju
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

Nilai Likert yang diperoleh kemudian diproses dengan metode *Simple Additive Weighting* (SAW). Tahapannya meliputi normalisasi skor dan perhitungan nilai akhir berdasarkan bobot masing-masing indikator. Rumus SAW yang digunakan adalah:

$$V_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times r_j)$$

Keterangan :

- $V_i$  : nilai total untuk alternatif ke- $i$
- $W_j$  ; bobot dari kriteria ke- $j$
- $r_j$  : hasil normalisasi untuk kriteria ke- $j$

Pada penelitian ini, penilaian risiko sosial ditentukan berdasarkan hasil skor skala Likert 1–5 yang diperoleh dari respon pekerja dan

masyarakat terhadap variabel K3, Hak Pekerja, Hubungan dengan Masyarakat, dan Tanggung Jawab Sosial Perusahaan. Skor Likert yang telah dinormalisasi dan dibobot menggunakan metode SAW kemudian diklasifikasikan ke dalam lima tingkat risiko, yaitu Risiko Rendah (1.00–2.00), Risiko Rendah ke Sedang (2.01–3.00), Risiko Sedang (3.01–4.00), Risiko Sedang ke Tinggi (4.01–4.50), dan Risiko Tinggi (4.51–5.00). Variabel yang berada pada kategori Sedang ke Tinggi dan Tinggi diprioritaskan sebagai indikator risiko sosial yang memerlukan perhatian lebih lanjut, karena kategori tersebut menunjukkan adanya potensi masalah yang signifikan terhadap kondisi sosial pekerja maupun masyarakat sekitar.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Analisis *Life Cycle Assessment* (LCA)

Pada penelitian ini, perhitungan emisi karbon difokuskan pada penggunaan daya listrik mesin Auto 307, dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perawatan. Perawatan dilakukan melalui penyesuaian volume dan frekuensi pelumasan menggunakan minyak goreng. Pada kondisi awal, mesin menggunakan 2 liter pelumas per hari, dengan frekuensi penyemprotan setiap 3 menit selama 2 detik. Setelah perawatan, konsumsi pelumas meningkat menjadi 3 liter per hari, dengan penyemprotan setiap 2 menit selama 3 detik.

#### 3.1.1 Kondisi Sebelum Perawatan Mesin

Pada Tabel 1, mesin Auto 307 beroperasi dengan pola pelumasan menggunakan 2 liter minyak goreng per hari, dengan frekuensi penyemprotan setiap 3 menit selama 2 detik. Pola pelumasan ini menyebabkan gesekan mekanik antar komponen mesin tetap tinggi, sehingga beban kerja motor tidak optimal.

**Tabel 1.** Mesin Auto 307 Sebelum Perawatan

Lokasi Motor	kWh	Jumlah Motor	Total
--------------	-----	--------------	-------

Roll Feeder	0,75	2	1,5
CNC	2	2	4
Conveyor			
Stamping	0,37	2	0,74
Stamping 2	0,55	1	0,55
Stamping 1	7,5	1	7,5

Blower	2,2	1	2,2
Trimming	5,5	1	5,5
Lifter	2,5	1	2,5
Conveyor			
Palet	0,75	2	1,5
<b>TOTAL</b>			<b>25,99</b>
			<b>25</b>
Kompresor			22
<b>Total Keseluruhan Daya</b>			<b>47</b>
Beban / Hari			329

Selama satu shift operasional selama 7 jam, konsumsi daya listrik tercatat sebesar 329 kWh. Nilai ini menggambarkan tingginya energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan kinerja mesin pada kondisi pelumasan awal. Data konsumsi energi tersebut kemudian dihitung sebagai emisi karbon menggunakan formula:

$$\begin{aligned} \text{Emisi } CO_{2e} &= \text{Konsumsi Listrik (kWh)} \times 0,82 \\ &= 329 \times 0,82 = 269,78 \text{ kg } CO_2 \text{ eq} \end{aligned}$$

Berdasarkan pengolahan data pada perangkat lunak openLCA menggunakan metode ReCiPe Midpoint (H) pada kategori *Global Warming Potential (GWP)*, emisi karbon pada kondisi sebelum perawatan tercatat sebesar 270 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Tingginya nilai GWP ini menunjukkan bahwa tahap operasional mesin memberikan kontribusi signifikan terhadap total dampak lingkungan, terutama karena konsumsi listrik yang besar dan sumber energi industri yang masih didominasi pembangkit berbasis batubara. Kondisi awal ini menjadi acuan atau dasar yang digunakan untuk membandingkan efektivitas tindakan perawatan pada tahapan berikutnya.

### 3.1.2 Kondisi Mesin Setelah Perawatan

Setelah dilakukan perawatan, pola pelumasan mesin Auto 307 mengalami penyesuaian berupa peningkatan volume dan frekuensi pelumas. Penggunaan minyak goreng meningkat dari 2 liter menjadi 3 liter per hari, dengan frekuensi penyemprotan yang diubah menjadi setiap 2 menit selama 3 detik. Penyesuaian ini bertujuan untuk mengurangi gesekan mekanik secara lebih efektif sehingga beban kerja motor dapat berkurang.

Perubahan pola pelumasan ini berdampak langsung pada konsumsi energi listrik. Pada

Tabel 2, konsumsi listrik dalam satu shift operasi (7 jam) menurun menjadi 266 kWh, atau berkurang 63 kWh dibandingkan kondisi awal. Penurunan ini menunjukkan peningkatan efisiensi energi sebesar 19,15%, menandakan bahwa pelumasan yang lebih optimal mampu mengurangi hambatan mekanis pada komponen mesin.

**Tabel 2.** Mesin Auto 307 Setelah Perawatan  
**Lokasi Motor kWh Jumlah Total Motor**

Roll Feeder	0,6	2	1,2
CNC	1,2	2	2,4
Conveyor			
Stamping	0,24	2	0,48
Stamping 2	0,4	1	0,4
Stamping 1	6,5	1	6,5
Blower	1,7	1	1,7
Trimming	4	1	4
Lifter	2	1	2
Conveyor			
Palet	0,65	2	1,3
<b>TOTAL</b>			<b>19,98</b>
			<b>20</b>
Kompresor			18
<b>Total Keseluruhan Daya</b>			<b>38</b>
Beban / Hari			266

Data konsumsi energi yang telah diperbarui kemudian dianalisis di openLCA menggunakan metode ReCiPe Midpoint (H) pada kategori dampak *Global Warming Potential (GWP)*. Hasil menunjukkan bahwa emisi karbon pada kondisi setelah perawatan turun menjadi 218 kg CO<sub>2</sub>-eq, lebih rendah 52 kg CO<sub>2</sub>-eq dibandingkan sebelumnya.

$$\text{Emisi } CO_{2e} = \text{Konsumsi Listrik (kWh)} \times 0,82$$

$$= 266 \times 0,82 = 218,12 \text{ kg } CO_2 \text{ eq}$$

Penurunan sebesar 19,25% ini terutama berasal dari berkurangnya penggunaan energi listrik, yang memiliki kontribusi dominan terhadap emisi karbon di sektor industri. Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa tindakan perawatan berupa peningkatan pelumasan memberikan dampak positif terhadap efisiensi energi dan penurunan beban lingkungan. Meskipun konsumsi minyak goreng meningkat, kontribusi emisinya tetap

jauh lebih kecil dibandingkan penghematan emisi akibat penurunan konsumsi listrik, sehingga perawatan ini dapat dikategorikan sebagai strategi perbaikan proses yang ramah lingkungan.

### 3.2 Hasil Analisis *Social-Life Cycle Assessment* (S-LCA)

Analisis S-LCA pada penelitian ini dilakukan untuk menilai aspek sosial perusahaan melalui tiga sumber data: kuesioner pekerja, wawancara manajerial, dan wawancara masyarakat sekitar. Kuesioner pekerja menggunakan skala Likert 1–5 untuk menilai empat aspek sosial, yaitu K3, Hak Pekerja, Hubungan dengan Masyarakat, dan Tanggung Jawab Sosial. Data kuesioner kemudian dianalisis menggunakan SPSS dan dibobot menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk menentukan aspek sosial yang menjadi prioritas. Untuk memperkuat hasil tersebut, dilakukan wawancara dengan tiga responden manajerial guna menggali informasi mengenai pelaksanaan kebijakan sosial dan kondisi operasional yang memengaruhi persepsi pekerja. Selain itu, wawancara masyarakat sekitar dilakukan untuk menilai dampak eksternal perusahaan terhadap lingkungan sosial warga. Ketiga sumber data ini memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai performa sosial perusahaan dalam konteks S-LCA.

#### 3.2.1 Hasil Kuesioner Pekerja

Kuesioner yang diberikan kepada pekerja mencakup empat variabel utama S-LCA dengan beberapa indikator pada setiap variabel.

**Tabel 3.** Kuesioner Pekerja  
**Pertanyaan Kuesioner**

No	Pertanyaan Kuesioner
<b>K3 (X1)</b>	
1.	Perusahaan memberikan fasilitas K3 (Alat Pelindung Diri, ventilasi, alarm, dll) yang memadai.
2.	Saya merasa lingkungan kerja aman dan tidak membahayakan kesehatan.
3.	Perusahaan selalu rutin memberikan pelatihan terkait keselamatan kerja.

4. Saya **tidak pernah** mengalami/mengetahui kecelakaan kerja akibat kurangnya pengendalian risiko

#### **Keadilan dan Perlindungan Hak Pekerja (X2)**

5. Perusahaan sudah memberikan hak dan jaminan sosial sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- 6.. Hak pekerja untuk bersuara dan menyampaikan keluhan selalu dihargai oleh perusahaan.
7. Tidak pernah ada diskriminasi (gender, usia, latar belakang) dalam lingkungan kerja.
8. Saya merasa hak atas lingkungan kerja yang sehat dan aman dihormati perusahaan.

#### **Hubungan Masyarakat (X3)**

9. Saya mengetahui bahwa perusahaan rutin melakukan program sosial untuk masyarakat sekitar.
10. Perusahaan selalu menanggapi keluhan masyarakat sekitar secara serius.
11. Saya merasa keberadaan perusahaan membawa dampak positif bagi masyarakat sekitar.

#### **Tanggung Jawab Sosial (X4)**

12. Perusahaan sudah mematuhi SOP yang berlaku terkait operasional dan dampak sosial.

Sebelum dilakukan analisis deskriptif, dilakukan uji validitas terhadap seluruh item kuesioner menggunakan korelasi Pearson Product Moment melalui perangkat lunak SPSS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh item memiliki nilai  $r$  hitung lebih besar dari  $r$  tabel (0.361) pada tingkat signifikansi 5%, sehingga seluruh indikator dinyatakan valid dan dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut.

Selain itu, dilakukan uji reliabilitas menggunakan metode Cronbach's Alpha untuk menguji konsistensi internal instrumen penelitian. Hasil pengujian menunjukkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.81, yang menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat reliabilitas yang baik karena nilai  $\alpha$  lebih besar dari 0.70. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan SPSS melalui analisis deskriptif distribusi frekuensi untuk memperoleh nilai mean dan standar deviasi dari setiap aspek sosial.

		Statistics			
		K3	Hak_Pekerja	Hub_Masyara kat	TggJwb_Sosi al
N	Valid	4	4	3	3
	Missing	0	0	1	1
Mean		3.3000	3.3250	3.5333	3.5000
Median		3.3000	3.2250	3.5500	3.5500
Mode		3.30	2.95 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	3.25 <sup>a</sup>
Std. Deviation		.20412	.41733	.22546	.22913
Variance		.042	.174	.051	.053
Range		.50	.95	.45	.45
Minimum		3.05	2.95	3.30	3.25
Maximum		3.55	3.90	3.75	3.70

**Gambar 1.** Hasil SPSS Kuesioner Pekerja

Gambar 1 menunjukkan bahwa aspek K3 memiliki nilai mean 3,30 dengan standar deviasi 0,204, aspek Hak Pekerja memiliki mean 3,33 dengan standar deviasi 0,417, aspek Hubungan dengan Masyarakat memiliki mean 3,53 dengan standar deviasi 0,226, dan aspek Tanggung Jawab Sosial memiliki mean 3,50 dengan standar deviasi 0,229. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan persepsi responden yang cenderung positif dan relatif konsisten.

**Tabel 4.** Hasil Uji Korelasi Pearson Antar Variabel Sosial

Variabel	K3	Hak Pekerja	Hubungan Masyarakat	Tanggung Jawab Sosial
<b>K3</b>	1	0.61	0.54	0.49
<b>Hak Pekerja</b>	0.61	1	0.48	0.46
<b>Hubungan Masyarakat</b>	0.54	0.48	1	0.52
<b>Tanggung Jawab Sosial</b>	0.49	0.46	0.52	1

Selain analisis deskriptif, dilakukan uji korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan antar variabel sosial. Tabel 4 menunjukkan bahwa variabel K3 memiliki korelasi signifikan dengan variabel Hak Pekerja ( $r = 0.61, p < 0.05$ ) dan Hubungan Masyarakat ( $r = 0.54, p < 0.05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kondisi keselamatan kerja berpotensi meningkatkan persepsi kesejahteraan pekerja dan hubungan sosial perusahaan dengan masyarakat.

Setelah itu, dilakukan pembobotan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk menentukan prioritas

aspek sosial berdasarkan nilai yang telah dinormalisasi dan dibobot. Proses SAW dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata (mean) tiap aspek, melakukan normalisasi dengan membagi setiap mean terhadap mean tertinggi (karena seluruh aspek termasuk kategori benefit), memberikan bobot pada masing-masing aspek, dan menghitung skor akhir sebagai hasil penjumlahan nilai normalisasi yang telah dikalikan dengan bobotnya. Rumus SAW yang digunakan :

$$V_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times r_j)$$

Keterangan :

- $V_i$  : nilai total untuk alternatif ke- $i$
- $W_j$  ; bobot dari kriteria ke- $j$
- $r_j$  : hasil normalisasi untuk kriteria ke- $j$

Tahap pertama adalah **normalisasi**, yang dilakukan dengan membagi setiap nilai mean terhadap mean tertinggi karena seluruh aspek termasuk kategori *benefit*. Normalisasi ini menghasilkan nilai perbandingan antar-aspek yang digunakan sebagai dasar pembobotan yang dapat dilihat di Tabel 5.

**Tabel 5.** Normalisasi Kuesioner

Variabel	Mean	Normalisasi (Mean / 3.53)
K3	3.30	0.935
Hak Pekerja	3.33	0.944
Hubungan Masyarakat	3.53	1.00
Tanggung Jawab Sosial	3.50	0.992

Tahap berikutnya adalah pemberian bobot pada setiap aspek sosial sesuai tingkat kepentingannya dalam analisis. Nilai normalisasi yang telah dibobot kemudian dijumlahkan untuk memperoleh skor akhir SAW, yang menunjukkan prioritas aspek sosial berdasarkan persepsi responden.

**Tabel 6.** Pembobotan Kuesioner

Variabel	Normalisasi	Bobot	Nilai Akhir (r x w)
K3	0.935	0.25	0.234
Hak Pekerja	0.944	0.25	0.236
Hubungan Masyarakat	1.00	0.25	0.250
Tanggung Jawab Sosial	0.992	0.25	0.248

Dalam penelitian ini, setiap variabel sosial diberikan bobot yang sama sebesar 0,25 karena keempat variabel (K3, Hak Pekerja, Hubungan Masyarakat, dan Tanggung Jawab Sosial) dianggap memiliki tingkat kepentingan yang setara dalam evaluasi keberlanjutan sosial perusahaan. Pendekatan pembobotan yang seimbang ini sering digunakan dalam metode Simple Additive Weighting (SAW) ketika tidak terdapat preferensi prioritas tertentu antar kriteria. Nilai bobot sebesar 0.25 kemudian dikalikan dengan nilai normalisasi. Sehingga mendapatkan nilai akhir. Tabel 7 merupakan ranking untuk kuesioner pekerja:

**Tabel 7.** Ranking Kuesioner Pekerja

Ranking	Variabel	Nilai Akhir	Interpretasi
1	Hubungan Masyarakat	0.250	Aspek sosial paling kuat menurut hasil kuesioner
2	Tanggung Jawab Sosial	0.248	Hampir setara dengan hubungan masyarakat
3	Hak Pekerja	0.236	Cukup baik, namun masih bisa ditingkatkan
4	K3	0.234	Perlu penguatan lebih

Dari hasil pembobotan, dapat ditarik kesimpulan bahwa aspek sosial hubungan masyarakat memperoleh nilai paling tinggi

berdasarkan hasil pengumpulan data kuesioner pekerja dengan nilai akhir 0.250, disusul oleh aspek tanggung jawab sosial dengan nilai 0.248, berikutnya ada aspek hak pekerja dengan nilai 0.236 dan terakhir adalah K3 dengan nilai 0.234.

### 3.2.2 Hasil Wawancara Manajerial

Wawancara mendalam dilakukan dengan tiga responden dari pihak manajerial, yaitu HRD, Kepala Divisi Teknik, dan Kepala Produksi, untuk memperkuat dan memvalidasi hasil penilaian sosial melalui kuesioner pekerja.

**Tabel 8.** Pertanyaan Manajerial

No	Pertanyaan Manajerial
1	Bagaimana perusahaan memastikan kondisi kerja yang aman dan sehat bagi karyawan?
2	Apa bentuk program atau kebijakan K3 (Keselamatan & Kesehatan Kerja) yang sudah berjalan?
3	Bagaimana perusahaan menangani kasus kecelakaan kerja atau risiko kesehatan yang timbul?
4	Bagaimana perusahaan memastikan hak pekerja, termasuk hak berserikat dan menyampaikan pendapat?
5	Apakah terdapat kebijakan khusus terkait non-diskriminasi di tempat kerja?
6	Bagaimana perusahaan mengelola isu upah layak, jam kerja, dan kesejahteraan pekerja?
7	Apa bentuk keterlibatan perusahaan dengan komunitas lokal di sekitar area operasi?
8	Apakah perusahaan memiliki mekanisme untuk menanggapi keluhan dari masyarakat sekitar?
9	Sejauh mana perusahaan menilai kontribusi sosial dan ekonomi yang diberikan kepada masyarakat local?
10	Bagaimana perusahaan memastikan kepatuhan terhadap regulasi sosial dan lingkungan yang berlaku?
11	Apakah pernah terjadi pelanggaran atau sanksi terkait aspek sosial, dan bagaimana penyelesaiannya?
12	Bagaimana perusahaan menjaga transparansi dan akuntabilitas dalam pelaporan aspek sosial?
13	Apakah perusahaan memiliki kebijakan untuk menghormati HAM, terutama hak atas lingkungan kerja dan hidup sehat?
14	Bagaimana perusahaan mengukur keberhasilan atau efektivitas program tanggung jawab sosial?

Secara umum, ketiga manajerial menyatakan bahwa perusahaan telah menunjukkan komitmen yang baik terhadap aspek sosial dalam kegiatan operasionalnya. Pada aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), perusahaan menyediakan alat pelindung diri seperti sarung tangan, masker, earplug, dan sepatu khusus, serta memastikan setiap mesin berada dalam kondisi emergency off saat dilakukan perbaikan. Perusahaan juga bekerja sama dengan rumah sakit terdekat untuk penanganan darurat, serta memberikan jaminan K3 melalui program BPJS. Dari hasil penilaian, aspek K3 memperoleh mean 3,75 dengan skor akhir SAW 0,216.

Pada aspek Hak dan Jaminan Pekerja, manajerial memastikan bahwa seluruh pekerja memperoleh haknya, seperti pembayaran upah tepat waktu, kompensasi lembur, dan jam kerja sesuai ketentuan. Perusahaan juga memfasilitasi penyampaian pendapat melalui briefing rutin dan forum penyampaian keluhan lewat leader divisi. Lingkungan kerja dijaga tetap kondusif dengan penerapan mediasi jika terjadi konflik. Aspek ini memperoleh mean 4,00 dengan skor akhir SAW 0,231.

Pada aspek Hubungan dan Dampak terhadap Masyarakat, perusahaan dinilai aktif menjalin komunikasi dengan warga sekitar, termasuk dalam penetapan jam operasional pabrik agar tidak mengganggu kenyamanan lingkungan. Perusahaan juga memberikan dukungan kegiatan warga, membuka peluang kerja untuk masyarakat sekitar, serta memprioritaskan jasa dan produk lokal. Namun, masih terdapat keluhan masyarakat terkait kebisingan operasional. Aspek ini memperoleh mean 4,34 dengan skor akhir SAW 0,250, menjadi salah satu nilai tertinggi dalam penilaian.

Untuk aspek Tanggung Jawab Sosial, perusahaan menyatakan telah mematuhi regulasi sosial dan lingkungan, melakukan audit ISO secara rutin, serta menyelenggarakan program CSR bulanan bagi masyarakat sekitar. Aspek ini juga mendapatkan nilai tinggi dengan mean 4,34 dan skor akhir SAW 0,250, sama dengan aspek hubungan masyarakat.

**Tabel 9.** Ranking Wawancara Manajerial

Ranking	Variabel	Nilai Akhir	Interpretasi
1	Hubungan Masyarakat	0.250	Aspek sosial paling kuat menurut hasil wawancara
2	Tanggung Jawab Sosial	0.250	Setara dengan hubungan masyarakat
3	Hak Pekerja	0.231	Masih bisa ditingkatkan
4	K3	0.216	Perlu penguatan lebih

Secara keseluruhan, hasil wawancara manajerial memperkuat temuan kuesioner pekerja bahwa kinerja sosial perusahaan berada dalam kategori baik, dengan implementasi yang cukup konsisten pada berbagai aspek sosial. Hasil perankingan menunjukkan bahwa Hubungan Masyarakat dan Tanggung Jawab Sosial berada pada peringkat tertinggi, diikuti oleh Hak Pekerja, dan terakhir K3. Temuan ini juga menunjukkan bahwa persepsi antara pihak manajerial dan pekerja berada pada tingkat yang relatif sama.

### 3.2.3 Hasil Wawancara Masyarakat Sekitar

Wawancara dilakukan dengan lima responden yang tinggal pada radius 150–400 meter dari area perusahaan, termasuk Ketua RT setempat, untuk mengetahui dampak sosial perusahaan terhadap lingkungan sekitar.

Tabel 10. Pertanyaan Wawancara Masyarakat

No	Pertanyaan
1	Apakah kegiatan perusahaan ini memberikan manfaat ekonomi bagi warga sekitar (misalnya peluang kerja atau usaha)?
2	Apakah Anda merasa aktivitas perusahaan ini mengganggu kenyamanan lingkungan sekitar (misalnya kebisingan, bau, atau limbah)?
3	Apakah perusahaan pernah melakukan kegiatan sosial seperti donasi, pelatihan, atau bantuan untuk warga?
4	Apakah Anda merasa perusahaan berkomunikasi dengan baik jika ada keluhan dari masyarakat?

- 5 Menurut Anda, perusahaan ini membawa lebih banyak manfaat atau gangguan bagi warga sekitar?

Hasil wawancara menunjukkan bahwa sebagian masyarakat merasakan manfaat ekonomi secara langsung, terutama karena dua dari lima responden memiliki anggota keluarga yang bekerja di perusahaan. Responden juga menyampaikan bahwa warga sesekali dilibatkan dalam proses pengambilan keputusan, terutama terkait kegiatan lingkungan dan penggunaan fasilitas perusahaan seperti lapangan untuk kerja bakti atau kegiatan peringatan hari besar. Selain itu, perusahaan dinilai cukup aktif memberikan bantuan sosial, baik melalui pemberian sembako maupun kegiatan CSR rutin yang diterima oleh beberapa warga.

Meskipun demikian, terdapat keluhan terkait kebisingan pada malam hari, mengingat lokasi pabrik berada di area pemukiman yang relatif tenang. Suara mesin produksi yang terdengar cukup jelas menjadi salah satu keluhan utama masyarakat sekitar. Dari sisi komunikasi, warga menilai perusahaan cukup terbuka terhadap penyampaian keluhan, meskipun penyelesaian masalah terkadang membutuhkan waktu.

Secara umum, persepsi masyarakat terhadap keberadaan perusahaan bersifat beragam. Sebagian warga merasa mendapatkan manfaat nyata, terutama dalam hal dukungan sosial dan peluang ekonomi, sementara sebagian lainnya menganggap dampaknya tidak terlalu signifikan terhadap kehidupan sehari-hari. Namun, temuan ini menunjukkan bahwa hubungan antara perusahaan dan masyarakat sudah terbangun cukup baik, meskipun masih terdapat ruang perbaikan terutama pada pengendalian kebisingan dan respons terhadap keluhan masyarakat.

### 3.3 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis LCA dan S-LCA, beberapa rekomendasi diajukan untuk meningkatkan kinerja keberlanjutan perusahaan. Pada aspek lingkungan, perusahaan disarankan untuk melanjutkan optimasi pelumasan mesin secara berkala karena terbukti

efektif dalam menurunkan konsumsi energi dan emisi karbon. Selain itu, monitoring intensitas energi per unit produksi perlu ditingkatkan agar perbaikan efisiensi dapat diukur secara konsisten. Perusahaan juga dapat mempertimbangkan penggunaan pelumas ramah lingkungan atau sistem pelumasan otomatis untuk mengurangi variasi operasional.

Pada aspek sosial, hasil kuesioner dan wawancara menunjukkan perlunya peningkatan pada aspek K3 dan Hak Pekerja, khususnya terkait beban kerja dan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan. Perusahaan disarankan memperkuat pengawasan dan menambah frekuensi *briefing* keselamatan. Dari sisi hubungan masyarakat, pengurangan kebisingan dan peningkatan respons terhadap keluhan warga perlu menjadi prioritas. Selain itu, program CSR yang sudah berjalan dapat dikembangkan menjadi program berkelanjutan yang memberi dampak sosial jangka panjang.

### 3.4 Diskusi dan Implikasi Temuan

Penurunan konsumsi energi dan emisi karbon pada lini Auto 307 setelah dilakukan tindakan perawatan sederhana dapat dijelaskan melalui prinsip dasar efisiensi energi pada sistem mekanik dan elektromekanis. Perawatan seperti pelumasan ulang, penyetelan komponen bergerak, pembersihan sistem pendingin, serta kalibrasi motor listrik berperan dalam menurunkan gesekan mekanis dan kehilangan energi akibat *mechanical drag*. Secara fisik, gesekan yang lebih rendah menurunkan kebutuhan daya input untuk menghasilkan output kerja yang sama, sehingga konsumsi listrik berkurang. Studi pada sektor manufaktur menunjukkan bahwa optimasi operasional dan perawatan preventif dapat menghasilkan penghematan energi signifikan karena sebagian besar kehilangan energi dalam sistem produksi berasal dari inefisiensi mekanik dan listrik yang terakumulasi selama operasi jangka panjang [2], [10].

Penurunan emisi karbon yang teramati merupakan konsekuensi langsung dari berkurangnya konsumsi energi listrik. Dalam

sistem kelistrikan yang masih memiliki faktor emisi relatif tinggi, penurunan konsumsi listrik berbanding lurus dengan penurunan emisi CO<sub>2</sub> ekuivalen. Fenomena ini sejalan dengan prinsip *eco-efficiency*, di mana peningkatan produktivitas dapat dicapai bersamaan dengan pengurangan beban lingkungan per unit produk. Hasil ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa intervensi teknis berskala proses (*process-level improvement*) dapat memberikan kontribusi nyata terhadap dekarbonisasi industri manufaktur intensif energi [2], [5].

Pada dimensi sosial, konsistensi persepsi antara pekerja dan manajemen pada aspek Hubungan Masyarakat dan Tanggung Jawab Sosial dapat dijelaskan melalui teori legitimasi organisasi dan *stakeholder engagement*, di mana perusahaan yang aktif membangun komunikasi eksternal cenderung memperoleh persepsi sosial yang selaras [7], [11]. Namun, skor lebih rendah pada variabel K3 dan Hak Pekerja menunjukkan adanya tekanan operasional internal yang belum sepenuhnya terkelola. Dari sudut pandang ergonomi industri, pekerjaan berulang, postur statis, paparan kebisingan, serta ritme produksi tinggi meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal dan kelelahan kerja. Temuan ini konsisten dengan penelitian S-LCA sektor manufaktur yang menunjukkan bahwa aspek keselamatan dan kesehatan kerja sering menjadi indikator sosial dengan nilai risiko tertinggi dalam lingkungan produksi logam dan manufaktur ringan [5], [12], [13].

Keluhan masyarakat sekitar terkait kebisingan juga memiliki dasar ilmiah yang kuat. Proses pembentukan dan pemotongan logam menghasilkan gelombang suara frekuensi menengah-tinggi yang dapat merambat melalui struktur bangunan dan udara ambien. Tanpa sistem peredam akustik yang memadai, tingkat kebisingan lingkungan dapat melampaui ambang kenyamanan komunitas. Studi dampak sosial industri menunjukkan bahwa kebisingan merupakan salah satu faktor eksternal yang paling sering memengaruhi persepsi masyarakat terhadap operasi industri,

meskipun dampak pencemaran udara dan air relatif terkendali [6], [8], [14].

Dibandingkan penelitian terdahulu yang menilai LCA atau S-LCA secara terpisah, hasil penelitian ini memberikan pemahaman lebih komprehensif karena menunjukkan bahwa lini produksi dengan dampak lingkungan tertinggi belum tentu memiliki risiko sosial tertinggi. Integrasi LCA dan S-LCA memungkinkan identifikasi prioritas perbaikan yang lebih seimbang antara efisiensi teknis dan kesejahteraan manusia, sebagaimana direkomendasikan dalam kerangka *Life Cycle Sustainability Assessment modern* [15].

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menjawab hipotesis awal bahwa terdapat variasi kontribusi dampak lingkungan dan sosial antar lini produksi, serta bahwa intervensi teknis sederhana dapat menurunkan dampak lingkungan secara signifikan tanpa otomatis memperbaiki seluruh aspek sosial. Hal ini menegaskan bahwa strategi keberlanjutan industri harus bersifat multidimensi: efisiensi energi dan pengendalian emisi perlu berjalan seiring dengan perbaikan kondisi kerja, perlindungan hak pekerja, dan pengelolaan dampak terhadap masyarakat sekitar.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini menilai dua aspek keberlanjutan perusahaan, yaitu aspek lingkungan melalui analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) dan aspek sosial melalui *Social-Life Cycle Assessment* (S-LCA). Pada aspek lingkungan, hasil LCA menunjukkan bahwa perawatan mesin Auto 307 berup[7]a peningkatan frekuensi dan volume pelumasan terbukti mampu menurunkan konsumsi energi secara signifikan. Penggunaan listrik berkurang dari 329 kWh menjadi 266 kWh dalam satu shift, yang kemudian menurunkan emisi karbon dari 270 kg CO<sub>2</sub>-eq menjadi 218 kg CO<sub>2</sub>-eq. Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan teknis sederhana pada tahap proses produksi memberikan dampak positif yang nyata terhadap efisiensi energi dan penurunan beban lingkungan.

Pada aspek sosial, hasil S-LCA yang diperoleh dari kuesioner pekerja, wawancara

manajerial, dan wawancara masyarakat memperlihatkan bahwa perusahaan memiliki performa sosial yang cukup baik, terutama pada aspek hubungan dengan masyarakat dan tanggung jawab sosial. Pekerja dan manajerial memiliki persepsi yang relatif sejalan, yaitu bahwa fasilitas K3 sudah tersedia, pekerja menerima haknya dengan cukup baik, dan perusahaan menjalankan kegiatan sosial kepada warga sekitar. Namun, beberapa aspek masih memerlukan perhatian, seperti penguatan kepatuhan K3, evaluasi beban kerja, peningkatan efektivitas komunikasi internal, serta perbaikan respons terhadap keluhan masyarakat terkait kebisingan.

Berdasarkan temuan tersebut, beberapa rekomendasi diajukan. Pada aspek lingkungan, perusahaan perlu melanjutkan optimalisasi pelumasan mesin dan memastikan pemantauan konsumsi energi dilakukan secara rutin untuk menjaga stabilitas kinerja mesin. Pada aspek sosial, diperlukan peningkatan implementasi K3 melalui pengawasan yang lebih konsisten, mekanisme penyampaian keluhan pekerja yang lebih efektif, serta pengurangan kebisingan operasional yang menjadi keluhan utama masyarakat. Program CSR yang telah berjalan dapat diperluas menjadi kegiatan berkelanjutan agar memiliki dampak sosial jangka panjang. Selain itu, perusahaan disarankan memperkuat komunikasi formal dengan masyarakat untuk memperbaiki hubungan dan meningkatkan penerimaan sosial. Temuan penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan strategi keberlanjutan perusahaan yang lebih terarah pada bidang lingkungan maupun sosial.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] A. Fernández Gil, E. Lalla-Ruiz, M. Gómez Sánchez, and C. Castro, “A Review of Heuristics and Hybrid Methods for Green Vehicle Routing Problems considering Emissions,” *J. Adv. Transp.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/5714991.
- [2] X. Lian, H. Gao, L. Shen, Y. Yu, Y. Wang, and Z. Peng, “Life Cycle Assessment of Primary Aluminum Production,” 2025.
- [3] V. Strezov, X. Zhou, and T. J. Evans, “Life cycle impact assessment of metal production industries in Australia,” *Sci. Rep.*, pp. 1–9, 2021, doi: 10.1038/s41598-021-89567-9.
- [4] S. Life and C. Assessment, “Guidelines for SOCIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PRODUCTS AND ORGANIZATIONS 2020,” 2020.
- [5] Y. A. Yuksek, Y. Haddad, R. Cox, and K. Salonitis, “Social life cycle assessment : a systematic review from the engineering perspective ABSTRACT,” *Int. J. Sustain. Eng.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–34, 2026, doi: 10.1080/19397038.2025.2605864.
- [6] P. Dunuwila *et al.*, “Social Life Cycle Assessment Methodology to Capture ‘ More-Good ’ and ‘ Less-Bad ’ Social Impacts — Part 1 : A Methodological Framework,” pp. 1–19, 2025.
- [7] N. Van Dulmen, C. Felipe, B. Rocha, S. T. Chavero, and R. Heijungs, “Evaluating the landscape of social assessment methods : integrating the social dimension in sustainability assessment of product value chains,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 30, no. 12, pp. 3622–3641, 2025, doi: 10.1007/s11367-025-02432-z.
- [8] I. C. Hackenhaar, G. Moraga, G. Thomassen, S. E. Taelman, J. Dewulf, and T. M. Bachmann, “A comprehensive framework covering Life Cycle Sustainability Assessment, resource circularity and criticality,” *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 45, pp. 509–524, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.01.018>.
- [9] Z. El Haouat, S. Essalih, F. Bennouna, and D. Amegouz, “Development of a Global Framework for an Integrated Life Cycle Assessment (LCA) Model in Quality, Safety and Environmental (QSE) Management Systems: Improving Environmental, Social and Economic Sustainability Performance,” *Sustainability*, vol. 17, no. 8, p. 3521, 2025, doi: 10.3390/su17083521.
- [10] A. Astarita, M. De Luca, and C. Sinagra, “Impact of rolling processes in the production of aluminum packaging assessed through LCA,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 28, no. 12, pp. 1756–1772, 2023, doi: 10.1007/s11367-023-02220-7.

- [11] M. Traverso, L. Petti, M. D'Eusanio, B. M. Tragnone, and R. N. Mankaa, "Finally, an international standard on social life cycle assessment: ISO 14075," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 30, no. 12, pp. 2559–2564, 2025, doi: 10.1007/s11367-025-02522-y.
- [12] P. Di Giorgio, M. D. Eusanio, M. Serreli, and L. Petti, "Social risks assessment of the supply chain of an aluminium semi- finished profile for window," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 30, no. 6, pp. 1306–1325, 2025, doi: 10.1007/s11367-024-02334-6.
- [13] A. I. Ashraf, E. Mohareb, M. Vahdati, and A. Khandakar, "Social Life Cycle Assessment (S-LCA) of formal and informal waste collectors in decentralized waste to compost facility," *Clean. Environ. Syst.*, vol. 17, p. 100284, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2025.100284>.
- [14] X. Wang *et al.*, "Human health risk assessment of bisphenol A (BPA) through meat products," *Environ. Res.*, vol. 213, p. 113734, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113734>.
- [15] M. Torabi and R. Evins, "Towards net-zero carbon buildings: Investigating the impact of early-stage structure design on building embodied carbon," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 30, no. 11, pp. 2374–2389, 2025, doi: 10.1007/s11367-024-02287-w.

