

Penilaian Manajemen Rantai Pasok *Sustainable Packaging* : Studi Literatur

Natashia Deborah Pangaribuan dan Mushonnifun Faiz Sugihartanto
Departemen Manajemen Bisnis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: mushonnifun@its.ac.id

Abstrak—Berdasarkan survei Greenpeace International, perusahaan *Fast Moving Consumer Goods* (FMCG) adalah kekuatan dominan di balik model ekonomi sekali pakai yang mendorong krisis sampah plastik yang berasal dari konsumsi dan proses produksi dalam rantai pasok yang juga menghasilkan limbah industri. Limbah industri harus ditangani secara tepat agar tidak menimbulkan efek lanjutan yang sehingga diperlukan adanya konsep *sustainable supply chain management* (SSCM). Dalam praktiknya, SSCM belum berjalan sempurna karena hingga saat ini perusahaan FMCG masih tercatat menjadi penyumbang sampah plastik terbesar di Indonesia. Penelitian ini membahas praktik SSCM yang berfokus pada rantai pasok *sustainable packaging*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui penerapan dan melakukan penilaian terhadap SSCM dalam rantai pasok serta dampak negatif yang ditimbulkan dari rantai pasok. Penilaian dari praktik rantai pasok ini bisa menggunakan *software Life Cycle Assessment* yaitu Simapro dengan metode CML-IA *baseline* V3.06 / EU25. Dalam metode CML-IA *baseline* merepresentasikan dampak lingkungan dari model sistem yang dievaluasi menggunakan 11 indikator dan ditambah dengan total penggunaan air dalam alur rantai pasok perusahaan. Dampak negatif lingkungan yang dihasilkan dari penilaian rantai pasok dengan metode *Life Cycle Impact Assessment* adalah *Abiotic Depletion*, *Abiotic Depletion (fossil fuels)*, *Climate change* atau *Global warming (GWPI00a)*, *Ozone depletion*, *Human toxicity*, *Fresh-water aquatic eco-toxicity*, *Marine ecotoxicity*, *Terrestrial ecotoxicity*, *Photochemical oxidation*, *Acidification*, dan *Eutrophication*.

Kata Kunci—LCA, Packaging, Sustainable Supply Chain.

I. PENDAHULUAN

BERDASARKAN Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional pada tahun 2021, komposisi sampah berdasarkan jenis sampah di Indonesia didominasi oleh sisa makanan dengan sebaran 40,5% dan disusul oleh sampah plastik dengan sebaran 17,2% [1]. Menurut data World Economic Forum-National Plastics Action Partnership (WEF-NPAP) dan SYSTEMIQ pada 2022, sampah plastik fleksibel (jenis plastik yang paling sulit untuk didaur ulang) mendominasi tiga perempat atau 76% dari sampah plastik yang mencemari lingkungan Indonesia. Berdasarkan survei komprehensif yang dirilis *Greenpeace International*, perusahaan produsen barang kebutuhan sehari-hari (*Fast Moving Consumer Goods* atau FMCG) adalah kekuatan dominan di balik model ekonomi sekali pakai yang mendorong krisis sampah plastik. Tak satu pun dari perusahaan yang disurvei memiliki rencana untuk mengerem produksi yang terus meningkat dan pemasaran plastik sekali pakai.

Dalam perusahaan FMCG, sampah plastik ini bukan hanya berasal dari konsumsi pemakainya, melainkan juga berasal dari setiap proses produksi dalam rantai pasok yang berjalan di perusahaan tersebut. Pada perusahaan FMCG

yang memiliki produktivitas tinggi dalam menghasilkan suatu barang, tentu terdapat rantai pasok yang mempengaruhi segala aspek operasional dan menghasilkan limbah industri yang akan berdampak pada lingkungan yang di dalamnya termasuk limbah plastik. Pertumbuhan industri FMCG yang cepat tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga menghasilkan peningkatan pelepasan zat beracun di tanah atau reservoir air [2]. Limbah industri yang dihasilkan tersebut harus ditangani secara tepat agar tidak menimbulkan efek lanjutan yang berbahaya seperti mencemari lingkungan sekitar [3].

Konsep *sustainable supply chain management* adalah jawaban yang tepat agar dapat mengurangi dampak lingkungan dalam proses *supply chain*. Adapun yang menjadi tujuan dari *sustainable supply* adalah untuk meminimalkan kerusakan lingkungan dari faktor-faktor seperti penggunaan energi, konsumsi air, dan produksi limbah sambil memberikan dampak positif pada orang-orang dan komunitas di dalam dan di sekitar operasional [4]. Dalam praktiknya, *sustainable supply chain management* belum berjalan sempurna karena hingga saat ini masih tercatat, penyumbang sampah plastik terbesar di Indonesia adalah perusahaan FMCG. Maka penelitian ini akan membahas penilaian praktik *sustainable supply chain management* yang berfokus pada rantai pasok *sustainable packaging*.

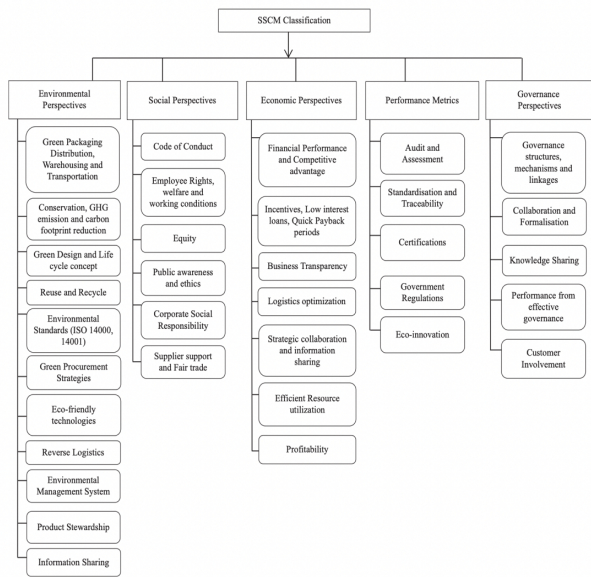
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Supply Chain Management

Supply chain adalah jaringan perusahaan-perusahaan yang bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir. Dalam *supply chain* ada 3 aliran yang terlibat yaitu aliran material, aliran informasi dan aliran uang [5]. Bisnis dapat menghemat uang untuk logistik dan mempercepat pengiriman ke pelanggan dengan mengoordinasikan rantai pasokan mereka. Manajemen rantai pasokan diperlukan untuk meminimalkan biaya sekaligus memaksimalkan ketersediaan barang dan jasa.

B. Sustainable Supply Chain Management

Sustainable supply chain mengacu pada upaya perusahaan untuk mempertimbangkan dampak lingkungan dan manusia dari perjalanan produk mereka melalui rantai pasokan, mulai dari sumber bahan baku hingga produksi, penyimpanan, pengiriman, dan setiap hubungan transportasi di antaranya. Tujuannya adalah untuk meminimalkan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti penggunaan energi, penggunaan air dan produksi limbah dan untuk mempengaruhi orang dan komunitas secara positif dalam kegiatan mereka dan lingkungan



Gambar 1. Klasifikasi Sustainable Supply Chain Management.

mereka. Kekhawatiran ini selain kekhawatiran rantai pasokan perusahaan tradisional adalah kekhawatiran seputar pendapatan dan laba.

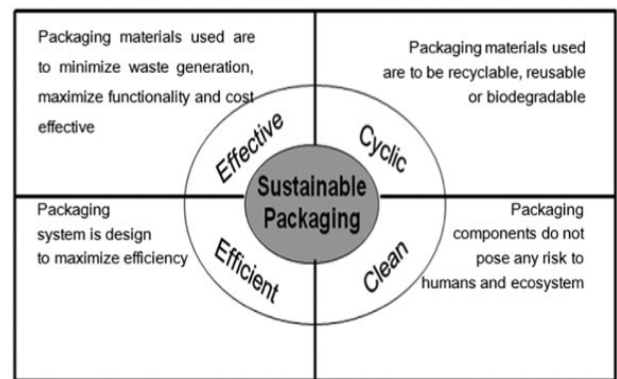
Sustainable supply chain management (SSCM) menghasilkan set kemampuan yang tepat bagi perusahaan untuk dapat membedakan diri dari perusahaan sesamanya. SSCM memiliki beberapa klasifikasi dari mulai *Environmental Perspective*, *Social Perspective*, *Economic Perspective*, *Performance Metrics*, dan *Governance Perspective* [6] yang ditunjukkan oleh Gambar 1.

C. *Life Cycle Assessment*

Life Cycle Assessment (LCA) mengevaluasi dampak di sepanjang masa pakai produk, mulai dari ekstraksi bahan mentah melalui pemrosesan bahan, manufaktur, distribusi, penggunaan, perbaikan dan pemeliharaan, dan akhirnya pembuangan atau daur ulang. LCA distandarisasi dalam seri *International Standards Organization* (ISO) 14040. Panduan ini difokuskan untuk menjelaskan pemikiran siklus hidup dan bagaimana hal itu dapat digunakan untuk memahami kontribusi kimia terhadap ekonomi yang lebih berkelanjutan melalui penerapan produknya. Analisis siklus hidup penuh akan membantu mengidentifikasi aspek dan positif dari suatu produk atau layanan [7]. ISO memberikan definisi singkat tentang “Penilaian Siklus Hidup”, menggambarkannya untuk menilai aspek lingkungan dan potensi dampak yang terkait dengan suatu produk Dalam kerangka LCA terdapat 3 aspek penting yaitu *Goal & Scope*, *Inventory Analysis*, dan *Impact Assessment* [8].

D. *Sustainable Packaging*

Packaging memiliki peran kunci dalam pembangunan berkelanjutan/ *sustainable development*. *Sustainable packaging* adalah konsep kompleks yang memerlukan analisis dan dokumentasi untuk mengevaluasi desain kemasan, pemilihan bahan, pemrosesan, dan siklus hidup. Tujuannya adalah pembangunan berkelanjutan dengan mempertimbangkan peran sistem produk/pengemasan dan seluruh siklus hidup serta . Fungsi ekonomi, sosial dan lingkungan dari kemasan dipertimbangkan dalam konteks keberlanjutan dan dibedakan antara berbagai tingkat



Gambar 2. Prinsip Definisi Sustainable Packaging.

perhatian prinsip dari *Sustainable Packaging* menurut *Sustainable Packaging Alliance* adalah *effective*, *cyclic*, *efficient* dan *clean* yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

E. *Waste Hierarchy*

Kebijakan pengolahan limbah di berbagai negara didasarkan pada pengelolaan bahan berkelanjutan/*Sustainable Materials Management* (SMM). Pendekatan sistemik untuk menggunakan dan menggunakan kembali bahan secara produktif selama siklus hidupnya. Metode ini didasarkan pada hierarki sampah/*waste hierarchy*, yang terdiri dari lima langkah: pengurangan sampah pada sumbernya, penggunaan kembali bahan, daur ulang, pemulihan energi, dan penimbunan. Tujuan utama dari kebijakan limbah ini adalah mengubah limbah dari gangguan menjadi sumber daya.

III. METODE PENELITIAN

A. *Desain Penelitian*

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian studi literatur (*literature study*). Penelitian ini termasuk jenis penelitian kajian literatur dengan mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan [9]. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari studi literatur. Penelitian kepustakaan merupakan metode yang digunakan untuk mengumpulkan informasi atau sumber-sumber yang berkaitan dengan topik yang diangkat dalam penelitian. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan metode analisis deskriptif. Metode analisis deskriptif dalam penelitian ini dilakukan dengan memaparkan fakta-fakta, dilanjutkan dengan analisis yang tidak hanya memaparkan tetapi juga memberikan pengertian dan penjelasan yang cukup.

IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

A. *Metode Life Cycle Assessment (LCA)*

Menurut Álvarez-Rodríguez (2019), metodologi *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan perspektif dinamis dan jaringan terbukti menjadi alat yang layak untuk perhitungan skor efisiensi dan tolok ukur keberlanjutan rantai pasok [10]. *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat digunakan dalam menilai dan memperkirakan dampak lingkungan yang terkait dengan *packaging* produk di sepanjang setiap tahap siklus hidupnya. Metode LCA yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan pengolahan data melalui

Tabel 1.
Indikator *Life Cycle Assessment*

Indikator	Instrumen Pertanyaan Proses Produksi
Bahan bakar alternatif	Berapa banyak bahan atau zat yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar konvensional yang digunakan dalam rantai pasok produksi dalam hal kemasan?
Bahan baku alternatif	Berapa banyak limbah yang digunakan sebagai bahan baku dalam rantai pasok produksi dalam hal kemasan?
Konsumsi energi	- Energi apa saja yang digunakan dalam rantai pasok produksi dalam hal kemasan? - Berapa konsumsi energi yang digunakan dalam rantai pasok produksi dalam hal kemasan? - Berapa konsumsi air yang digunakan dalam rantai pasok produksi dalam hal kemasan? - Berapa konsumsi listrik yang digunakan dalam rantai pasok produksi dalam hal kemasan?
<i>Carbon footprint</i>	Berapa jejak karbon yang dihasilkan dalam rantai pasok produksi dalam hal kemasan?
Limbah industri	- Berapa jumlah emisi gas buang yang dilepaskan ke udara dalam proses rantai pasok produksi? - Berapa jumlah limbah yang dilepaskan ke air dalam proses rantai pasok produksi?
<i>Scrap</i> Limbah	- Scrap limbah apa saja yang dihasilkan dalam proses rantai pasok produksi? - Berapa jumlah <i>scrap</i> limbah yang dihasilkan dalam proses rantai pasok produksi?
<i>Reuse</i>	- Berapa jumlah scrap limbah dari hasil proses rantai produksi yang dapat digunakan kembali? - Berapa jumlah scrap limbah dari hasil proses rantai produksi yang disalurkan ke TPA?
<i>Recycle</i>	Berapa jumlah bahan limbah dari hasil proses rantai produksi yang dapat digunakan untuk membuat produk baru yang dapat dijual kembali?

software Simapro. Simapro adalah pengembangan dari konsultan PRE yang disetujui dan dikembangkan menjadi perangkat lunak yang berfokus pada LCA dan telah dipasarkan selama lebih dari 20 tahun. Simapro mengumpulkan, menganalisis, dan mengendalikan dampak lingkungan dari suatu produk atau layanan. Menurut standar ISO 14040 dan ISO 14044, metode LCA ini memiliki empat sistem, yang meliputi definisi *goal and scope*, analisis inventaris, penilaian dampak, dan interpretasi hasil. Menentukan batas sistem, mendefinisikan unit fungsional, dan mengalokasikan sumber daya adalah salah satu tujuan dari sistem pertama.

Analisis inventaris, sumber daya sistem, bahan baku dan sumber daya pada tiap tahap proses *supply chain*, jenis emisi polutan yang dihasilkan ke dalam air, udara, ataupun tanah dimasukkan ke dalam fase kedua LCA, yang dikenal sebagai inventaris siklus hidup (*Life Cycle Inventory/LCI*). Selanjutnya, langkah penilaian dampak/*impact assessment* (IA) menyediakan kerangka kerja untuk melacak dan mengukur arus input dan output bahan dan energi yang terkait dengan produk atau proses. Ini adalah bagian integral dari LCA untuk memahami potensi dampak lingkungan dari sistem produksi dan hubungan antara input dan output. *Impact Assessment* dilakukan dengan menggunakan software SimaPro 9.1.1 serta metode yang digunakan adalah CML (*Center of Environmental Science of Leiden University*)-IA (*Impact Assessment*) *baseline* V3.06 / EU25. CML-IA adalah database yang berisi faktor karakterisasi untuk penilaian dampak siklus hidup atau *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). CML adalah prosedur yang digunakan untuk memperkirakan ukuran dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh produk. Metode ini menggunakan berbagai kategori dampak seperti eutrofikasi, radiasi ionisasi, ekotoksitas perairan, penggunaan lahan, dan toksitas manusia. Kategori dampak lingkungan ditunjukkan oleh Gambar 3. Metode penilaian dampak yang diterapkan sebagai metodologi CML-IA didefinisikan untuk pendekatan titik tengah, normalisasi disediakan tetapi tidak ada pembobotan maupun penambahan.

B. Indikator *Life Cycle Assessment*

Tahap pertama dari LCA adalah penentuan batas sistem pada rantai pasok kemasan yang dilakukan penilaian. Pada tahap awal *Life Cycle Assessment* ini, definisi *goal and scope* adalah fase LCA di mana adanya penjabaran tujuan penelitian, dan dalam kaitannya dengan itu, keluasan dan kedalaman penelitian ditetapkan. Maka selanjutnya ditentukan beberapa indikator dan instrumen pertanyaan yang ditanyakan dalam proses pengumpulan data. Berdasarkan indikator maka nantinya akan dimasukkan sebagai *inventory data* dan dimasukkan pada proses awal dari *impact assessment* pada software yang digunakan yaitu Simapro. Indikator *Life Cycle Assessment* disajikan oleh Tabel 1. Berikut merupakan penjelasan dari indikator pada setiap faktor:

1) *Bahan bakar dan bahan baku alternatif*

Bahan bakar alternatif dapat bervariasi asal dan proses produksinya, tetapi kesamaannya adalah bahwa bahan bakar tersebut diproduksi secara berkelanjutan dan bersih tanpa emisi karbon dioksida (CO₂) tambahan [11]. Ada dua jalur utama untuk sintesis bahan bakar alternatif: pemanfaatan langsung surplus listrik dan konversi bahan baku termokimia. Untuk yang pertama, istilah bahan bakar listrik akhir-akhir ini diperkenalkan untuk secara jelas menekankan jalur produksi dan penggunaan listrik. Jalur lain yang disebutkan di atas untuk sintesis bahan bakar alternatif adalah melalui konversi termokimia dari bahan mentah menjadi bahan bakar gas atau cair yang berguna [12].

Pemanasan global disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca di atmosfer, bersama dengan distribusi sumber energi global yang tidak merata. Hal itu sangat membutuhkan perubahan drastis dalam cara kita menghasilkan dan memasok energi. Untuk menghadapi perubahan yang cepat ini, kita perlu secara bersamaan mengembangkan strategi inovatif untuk mengatur harga emisi karbon, mengurangi biaya pembangkitan energi dari sumber terbarukan, dan mengembangkan teknologi yang lebih ramah lingkungan, lebih murah, dan dapat diskalakan

individu dan memprosesnya kembali untuk membuat bahan atau barang yang berbeda. Salah satu metode yang paling banyak digunakan secara global untuk memberikan residu penggunaan baru adalah daur ulang mekanik. Metode ini digunakan untuk mendaur ulang plastik, baik yang diperoleh dari sisa industri, atau pembuangan domestik, atau komersial. Residu secara mekanis diubah menjadi bahan baru tanpa mengubah struktur kimianya.

C. Life Cycle Impact Assessment

Penilaian dampak lingkungan dari rantai pasok *sustainable packaging* ini akan diperoleh dari perhitungan *software Life Cycle Assessment* yaitu Simapro dengan metode CML-IA baseline V3.06 / EU25. Dalam metode CML-IA baseline merepresentasikan dampak lingkungan dari model sistem yang dievaluasi menggunakan 11 indikator dan ditambah dengan data *water use* atau total penggunaan air dalam alur rantai pasok perusahaan.

1) Depletion of abiotic resources

Berkaitan dengan perlindungan kesejahteraan manusia, kesehatan manusia dan kesehatan ekosistem.

2) Human toxicity

Kategori ini menyangkut efek zat beracun pada lingkungan manusia.

3) Global warming

Perubahan iklim dapat mengakibatkan dampak buruk terhadap kesehatan ekosistem, kesehatan manusia dan kesejahteraan material. Perubahan iklim terkait dengan emisi gas rumah kaca ke udara.

4) Fresh-water aquatic eco-toxicity

Indikator kategori ini mengacu pada dampak terhadap ekosistem air tawar, akibat emisi zat beracun ke udara, air, dan tanah.

5) Marine ecotoxicity

Ekotoksitasitas laut mengacu pada dampak zat beracun pada ekosistem laut.

6) Terrestrial ecotoxicity

Kategori ini mengacu pada dampak zat beracun pada ekosistem darat

7) Photo-oxidant formation

Pembentukan foto-oksidan adalah pembentukan zat reaktif (terutama ozon) yang merugikan kesehatan manusia dan ekosistem dan juga dapat merusak tanaman.

8) Acidification

Zat pengasaman menyebabkan berbagai dampak pada tanah, air tanah, air permukaan, organisme, ekosistem dan material (bangunan).

9) Eutrophication

Eutrofikasi (juga dikenal sebagai nutrifikasi) mencakup semua dampak akibat tingkat nutrisi makro yang berlebihan di lingkungan yang disebabkan oleh emisi nutrisi ke udara, air dan tanah.

Setelah dampak negatif lingkungan dari rantai pasok diperoleh maka akan diperoleh juga potensi *impact assessment* per unit mesin atau proses rantai pasok yang dihasilkan dari perhitungan *software Life Cycle Assessment* yaitu Simapro dengan metode CML-IA baseline V3.06 /

EU25. Berdasarkan potensi *impact assessment*, dapat ditinjau juga kontribusi yang menimbulkan dampak negatif lingkungan dari rantai pasok tersebut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penilaian rantai pasok *sustainable packaging* dapat dilakukan dengan menganalisa dampak negatif untuk lingkungan yang ditimbulkan dari rantai pasok produksi dalam hal kemasan. Dampak negatif lingkungan tersebut dapat dinilai melalui metode *Life Cycle Assessment*, dimana terdapat sebelas kategori dampak lingkungan menurut hasil analisis menggunakan metode CML Baseline di software SimaPro. Kategori dampak negatif lingkungan tersebut adalah *Abiotic Depletion*, *Abiotic Depletion (fossil fuels)*, *Climate change* atau *Global warming (GWP100a)*, *Ozone depletion*, *Human toxicity*, *Fresh-water aquatic eco-toxicity*, *Marine ecotoxicity*, *Terrestrial ecotoxicity*, *Photochemical oxidation*, *Acidification*, dan *Eutrophication*. Masing-masing kategori dampak lingkungan ini akan dipersentase berdasarkan kontribusi dari tiap-tiap tahapan dalam rantai pasok *packaging/kemasan* sehingga dapat dianalisis penyebab dari dampak negatifnya dan perbaikan yang dapat dilakukan akibat dampak negatif tersebut.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis penelitian, Penulis menemukan beberapa saran yang dapat diberikan untuk mendukung dan memberikan masukan bagi penelitian berikutnya yaitu diharapkan dapat melakukan pengembangan model penelitian yaitu *circular supply chain*. Diharapkan juga untuk penelitian berikutnya dapat melakukan pengembangan model penelitian dan menambahkan variabel – variabel yang dapat memengaruhi *sustainable supply chain*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. L. H. dan Kehutanan, L. dan B. Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, and D. P. Sampah, "Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah," Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.2020. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.
- [2] T. Ahmad *et al.*, "Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 88, pp. 361–372, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.tifs.2019.04.003.
- [3] R. Verma, K. S. Vinoda, M. Papireddy, and A. N. S. Gowda, "Toxic pollutants from plastic waste-A review," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 35, pp. 701–708, 2016, doi: 10.1016/j.proenv.2016.07.069.
- [4] S. Yildiz Çankaya and B. Sezen, "Effects of green supply chain management practices on sustainability performance," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 30, no. 1, pp. 98–121, Jan. 2019, doi: 10.1108/JMTM-03-2018-0099.
- [5] I. N. Pujawan, *Supply Chain Management*, Edisi 1. Surabaya: Guna Widya, ISBN: 979-545-038-7, 2005.
- [6] M. Pagell and Z. Wu, "Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars," *J. Supply Chain Manag.*, vol. 45, no. 2, pp. 37–56, 2009.
- [7] W. Klöpffer, "Life cycle assessment: From the beginning to the current state," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 223–228, Dec. 1997, doi: 10.1007/BF02986351.
- [8] G. Finnveden *et al.*, "Recent developments in life cycle assessment," *J. Environ. Manage.*, vol. 91, no. 1, pp. 1–21, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.jenvman.2009.06.018.
- [9] B. Mudjiyanto, "Tipe penelitian eksploratif komunikasi," *J. Stud. Komun. dan Media*, vol. 22, no. 1, p. 65, Jun. 2018, doi: 10.31445/jskm.2018.220105.
- [10] C. Álvarez-Rodríguez, M. Martín-Gamboa, and D. Iribarren, "Combined use of data envelopment analysis and life cycle assessment for operational and environmental benchmarking in the

- service sector: A case study of grocery stores,” *Sci. Total Environ.*, vol. 667, pp. 799–808, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.433.
- [11] R. Arvidsson, K. Fransson, M. Fröling, M. Svanström, and S. Molander, “Energy use indicators in energy and life cycle assessments of biofuels: review and recommendations,” *J. Clean. Prod.*, vol. 31, pp. 54–61, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.03.001.
- [12] H. Stančin, H. Mikulčić, X. Wang, and N. Duić, “A review on alternative fuels in future energy system,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 128, p. 109927, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.109927.
- [13] J. Hanaf *et al.*, *Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA)*, Edisi 1. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2021.
- [14] C. Álvarez-Rodríguez, M. Martín-Gamboa, and D. Iribarren, “Sustainability-oriented efficiency of retail supply chains: A combination of life cycle assessment and dynamic network data envelopment analysis,” *Sci. Total Environ.*, vol. 705, p. 135977, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135977.
- [15] O. Heidrich, J. Harvey, and N. Tollin, “Stakeholder analysis for industrial waste management systems,” *Waste Manag.*, vol. 29, no. 2, pp. 965–973, Feb. 2009, doi: 10.1016/j.wasman.2008.04.013.
- [16] D. Saner, T. Walser, and C. O. Vadenbo, “End-of-life and waste management in life cycle assessment—Zurich, 6 December 2011,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 17, no. 4, pp. 504–510, May 2012, doi: 10.1007/s11367-012-0390-2.
- [17] L. Rigamonti, M. Grosso, and M. Giugliano, “Life cycle assessment of sub-units composing a MSW management system,” *J. Clean. Prod.*, vol. 18, no. 16–17, pp. 1652–1662, Nov. 2010, doi: 10.1016/j.jclepro.2010.06.029.