

Implementasi Green Manufacturing pada Produksi Cocoa Butter Substitute (CBS): Studi Kasus di PT Unilever Oleochemical Indonesia

Putut Ade Irawan¹, Luhur Pambudi Herdanarpati², Johan Alfian Pradana³, Hari Irawan⁴

Email corresponding author: pututadeirawan@gmail.com

^{1,2}Sekolah Tinggi Teknologi Pomosda, Nganjuk, Jawa Timur, Indonesia
^{1,2,3,4}Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia

Article history: Received: 13 Januari 2026 | Revised: 14 Februari 2026 | Accepted: 22 Februari 2026

Abstract. *This research document aims to analyze the implementation of green manufacturing in the Cocoa Butter Substitute (CBS) production process at PT Unilever Oleochemical Indonesia (UOI) as part of the effort to realize a sustainable oleochemical industry. The research method used is a case study with a quantitative and qualitative approach through the application of the Green Manufacturing Index (GMI) and Life Cycle Assessment (LCA) based on ISO 14040. The results of the study indicate that all production activities, from planning, procurement, distribution, to the manufacturing process, have implemented sustainability principles with energy efficiency reaching 18% and a reduction in greenhouse gas emissions by 15%. The application of the 6R concept (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Redesign, and Remanufacturing) and the agro-industry symbiosis model has been proven to support resource efficiency and zero waste policies. In addition, green innovations carried out through optimization of the hydrogenation process, energy digitalization, and formulation of local raw materials have succeeded in increasing cost efficiency and reducing environmental impacts. Based on the results of the Environmental Impact Analysis (AMDAL), all production activities are in the low impact category (EII = 0.28). Thus, the implementation of green manufacturing at UOI not only strengthens economic and social performance, but also contributes significantly to achieving global sustainability targets.*

Keywords - Environmentally friendly manufacturing; cocoa butter substitute; oleochemical industry; 6R 1

Abstrak. *Dokumen Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan green manufacturing pada proses produksi Cocoa Butter Substitute (CBS) di PT Unilever Oleochemical Indonesia (UOI) sebagai bagian dari upaya mewujudkan industri oleokimia berkelanjutan. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif melalui penerapan Green Manufacturing Index (GMI) dan Life Cycle Assessment (LCA) berbasis ISO 14040. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh aktivitas produksi, mulai dari perencanaan, pengadaan, distribusi, hingga proses manufaktur, telah menerapkan prinsip keberlanjutan dengan efisiensi energi mencapai 18% dan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 15%. Penerapan konsep 6R (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Redesign, dan Remanufacturing) serta model simbiosis agroindustri terbukti mendukung efisiensi sumber daya dan kebijakan zero waste. Selain itu, inovasi hijau yang dilakukan melalui optimalisasi proses hidrogenasi, digitalisasi energi, dan formulasi bahan baku lokal berhasil meningkatkan efisiensi biaya serta mengurangi dampak lingkungan. Berdasarkan hasil Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), seluruh kegiatan produksi berada pada kategori dampak rendah (EII = 0,28). Dengan demikian, implementasi green manufacturing di UOI tidak hanya memperkuat kinerja ekonomi dan sosial, tetapi juga berkontribusi nyata terhadap pencapaian target keberlanjutan global.*

Kata Kunci - Manufaktur ramah lingkungan; cocoa butter substitute; oleochemical industry; 6R 1

PENDAHULUAN

Cocoa Butter (CB) atau lemak kakao merupakan bahan baku utama dalam pembuatan cokelat batang. Lemak kakao memiliki karakteristik fisik dan kimia yang unik, antara lain stabil pada suhu 30–35°C, memiliki titik leleh yang sempit, serta mampu mencair pada suhu tubuh sehingga memberikan sensasi lembut (creamy) di mulut [1]. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3748-2009, lemak kakao berkualitas baik memiliki titik leleh antara 31–35°C [2]. Selain itu, struktur kristal lemak kakao memengaruhi stabilitas produk akhir. Tingkat kristalisasi yang rendah sangat penting untuk mencegah terjadinya blooming, yaitu munculnya lapisan atau bintik putih pada permukaan cokelat akibat migrasi lemak atau difusi gula [3]. Karakteristik inilah yang menjadikan CB sebagai standar mutu dalam industri cokelat global. Meskipun demikian, harga CB yang relatif tinggi serta keterbatasan pasokan global menjadi tantangan serius bagi industri pangan, khususnya di negara tropis. Fluktuasi produksi kakao dunia, ketergantungan pada negara penghasil tertentu, serta meningkatnya permintaan industri makanan menyebabkan ketidakstabilan harga

dan pasokan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, industri mengembangkan alternatif lemak nabati yang memiliki karakteristik fisik mendekati CB namun berbeda secara kimia, yang dikenal sebagai Cocoa Butter Substitute (CBS) [4], [5].

CBS umumnya berbasis minyak inti sawit (palm kernel oil/PKO) yang kaya akan asam laurat dan asam miristat [6]. PKO diperoleh dari inti buah kelapa sawit melalui proses mekanis maupun ekstraksi pelarut [7]. Proses fraksinasi PKO menghasilkan dua fraksi utama, yaitu stearin (padat dan jenuh) serta olein (cair dan tidak jenuh). Fraksi olein selanjutnya dapat dihidrogenasi untuk meningkatkan solid fat content (SFC) dan titik leleh sehingga menyerupai karakteristik CB [8]. Secara fisik, CBS memiliki sifat yang mirip dengan CB [9], namun memiliki keterbatasan dalam kompatibilitas pencampuran akibat perbedaan struktur trigliserida. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencampuran PKO dengan lemak tengkawang berpotensi menghasilkan titik leleh mendekati 35°C, sehingga semakin menyerupai CB [10]. PKO memiliki titik leleh 29–31°C, sedangkan lemak tengkawang 38–39°C. Kombinasi proporsional kedua bahan tersebut diharapkan mampu menghasilkan CBS dengan karakteristik fisik yang optimal dan stabil di iklim tropis [11]. Hal ini menunjukkan urgensi pengembangan CBS berbasis bahan baku lokal sebagai strategi substitusi yang ekonomis dan adaptif terhadap kondisi geografis Indonesia.

PT Unilever Oleochemical Indonesia (UOI) merupakan salah satu perusahaan oleokimia terbesar di Indonesia yang memproduksi berbagai turunan minyak kelapa sawit, termasuk bahan untuk sabun, personal care, skin care, serta bahan pangan. Sebagai bagian dari strategi diversifikasi dan hilirisasi produk sawit, perusahaan mendirikan Cocoa Butter Substitute Plant (CBS Plant) dengan pendekatan green manufacturing untuk memanfaatkan bahan baku lokal secara berkelanjutan. Pendirian CBS Plant dilatarbelakangi oleh beberapa faktor strategis, antara lain meningkatnya permintaan global terhadap produk CBS di industri makanan, tingginya kebutuhan bahan baku lemak untuk sektor bakery, biscuit, dan ice cream, serta semakin ketatnya kompetisi dalam memperoleh bahan baku lemak nabati. Selain itu, CBS memiliki nilai ekonomi yang tinggi dengan margin keuntungan yang kompetitif, serta menghasilkan produk sampingan yang bernilai komersial dan dapat diintegrasikan dengan pabrik lain dalam jaringan Unilever. Adapun sasaran utama pendirian CBS Plant adalah meningkatkan daya saing perusahaan melalui fleksibilitas dan ketahanan pasokan bahan baku, mengendalikan aspek keberlanjutan secara menyeluruh dari hulu hingga hilir, meningkatkan nilai tambah produk turunan sawit, mencapai efisiensi biaya melalui optimalisasi pajak ekspor, serta mereduksi biaya logistik bahan baku. Adapun sasaran utama pendirian CBS Plant meliputi peningkatan daya saing melalui fleksibilitas dan ketahanan pasokan bahan baku, pengendalian keberlanjutan dari hulu hingga hilir, peningkatan nilai tambah produk turunan sawit, efisiensi biaya melalui optimalisasi pajak ekspor, serta reduksi biaya logistik bahan baku.

Dalam konteks tersebut, penerapan green manufacturing menjadi kunci untuk mencapai keseimbangan antara produktivitas industri dan keberlanjutan lingkungan [12][13]. Green manufacturing memungkinkan perusahaan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meminimalkan limbah, serta menekan emisi karbon melalui efisiensi energi dan proses [14]. Evaluasi kinerja green manufacturing dapat dilakukan menggunakan Green Manufacturing Index (GMI) dan Life Cycle Assessment (LCA), yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai dampak lingkungan pada setiap tahapan produksi [12], [15]. Berbagai penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal Elsevier menegaskan pentingnya pendekatan ini dalam industri oleokimia. L. Y. Khong [16] menyoroti peran optimasi energi dalam menurunkan emisi industri oleokimia, mengevaluasi performa lingkungan proses berbasis minyak sawit melalui pendekatan renewable process assessment [17]. Selain itu, integrasi lean-green terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi proses sekaligus mengurangi dampak lingkungan [18].

Dalam konteks PT UOI, strategi green manufacturing tidak hanya berorientasi pada efisiensi operasional, tetapi juga mendukung target Clean Future Unilever yang berfokus pada dekarbonisasi rantai pasok, peningkatan penggunaan energi terbarukan, dan produksi tanpa limbah [12], [15]. Oleh karena itu, diperlukan analisis komprehensif untuk menilai sejauh mana penerapan green manufacturing pada produksi CBS telah berjalan efektif serta bagaimana potensi peningkatannya.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: bagaimana penerapan prinsip green manufacturing pada proses produksi Cocoa Butter Substitute (CBS) di PT Unilever Oleochemical Indonesia, bagaimana tingkat efisiensi energi dan penggunaan bahan baku pada produksi CBS berdasarkan pendekatan Green Manufacturing Index (GMI) dan Life Cycle Assessment (LCA), faktor-faktor apa yang menjadi peluang peningkatan kinerja keberlanjutan pada CBS Plant, dan rekomendasi strategis apa yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan produksi CBS di industri oleokimia nasional.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus (*case study approach*) dengan kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif yang dilaksanakan di PT Unilever Oleochemical Indonesia (UOI). Pendekatan studi kasus dipilih karena penelitian berfokus pada analisis mendalam terhadap sistem produksi CBS dalam konteks operasional nyata perusahaan. Metode kuantitatif digunakan untuk mengukur kinerja energi, material, limbah, dan emisi secara terukur, sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami kebijakan, strategi keberlanjutan, serta praktik

operasional melalui wawancara dan observasi langsung. Fokus utama penelitian adalah menganalisis penerapan green manufacturing pada proses produksi Cocoa Butter Substitute (CBS) untuk mengidentifikasi potensi peningkatan efisiensi energi, pengurangan emisi, serta peningkatan kinerja keberlanjutan proses produksi. Kerangka metodologi disusun berdasarkan Green Manufacturing Index (GMI) dan Life Cycle Assessment (LCA) yang mengacu pada standar ISO 14040–14044. Tahapan penelitian terdiri dari tiga bagian utama: (1) Pengumpulan Data, (2) Alat Analisis, dan (3) Analisis Data.

2.1. Pengumpulan Data

Tahap awal penelitian dilakukan melalui observasi langsung (direct observation) dan pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari laporan internal perusahaan serta wawancara semi-terstruktur dengan tim produksi dan sustainability. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Data proses produksi: diagram alir produksi CBS mulai dari fraksinasi minyak inti sawit hingga tahap pemurnian dan pengemasan.
- Data konsumsi energi: penggunaan listrik, gas alam, dan uap per unit produksi.
- Data bahan baku: jenis dan volume minyak nabati yang digunakan (PKO, lemak tengkawang, katalis hidrogenasi).
- Data limbah dan emisi: volume limbah cair, limbah padat, serta emisi gas buang yang dihasilkan pada setiap tahap proses.

Untuk meningkatkan validitas dan representativitas data, pengumpulan dilakukan selama periode tiga bulan operasional sehingga mencerminkan kondisi aktual proses produksi. Observasi lapangan dilakukan menggunakan teknik walkthrough audit guna memastikan akurasi pengukuran serta mengidentifikasi titik kritis konsumsi energi dan emisi [19].

2.2. Alat Analisis

Penelitian ini menggunakan dua pendekatan utama, yaitu Green Manufacturing Index (GMI) dan Life Cycle Assessment (LCA).

2.2.1. Green Manufacturing Index (GMI)

GMI digunakan untuk mengukur tingkat kinerja hijau pada tiap tahap proses produksi. Indeks ini mengintegrasikan aspek energi, material, limbah, dan emisi ke dalam satu parameter komposit. Penilaian dilakukan berdasarkan empat dimensi utama:

- a) Efisiensi Energi (EE) – rasio antara energi aktual yang digunakan terhadap energi teoretis minimum.
- b) Efisiensi Material (ME) – perbandingan antara massa produk akhir dengan total massa bahan baku.
- c) Efisiensi Limbah (WE) – proporsi limbah yang berhasil didaur ulang terhadap total limbah yang dihasilkan.
- d) Emisi Gas Rumah Kaca (GE) – emisi CO₂ ekuivalen per satuan produk (kg CO₂-eq/kg produk).

Rumus perhitungan GMI total menggunakan formula berikut:

$$GMI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \times S_i$$

Dimana:

W_i = bobot tiap indikator

S_i = skor hasil pengukuran tiap indikator, dan

n = jumlah indikator yang dinilai.

Bobot setiap indikator ditentukan berdasarkan hasil *expert judgment* dari bagian Sustainability PT UOI dengan mempertimbangkan standar industri hijau [20].

2.2.2. Life Cycle Assessment (LCA)

Metode LCA digunakan untuk menilai dampak lingkungan dari seluruh siklus hidup produksi CBS, meliputi tahap *Raw Material Acquisition* (pengambilan bahan baku), *Processing and Manufacturing*, *Transportation and Distribution*, dan *Waste Management*.

Analisis LCA dilakukan mengikuti empat tahapan ISO 14040:

- a. Tujuan dan Ruang Lingkup (*Goal and Scope Definition*): mendefinisikan batas sistem (cradle-to-gate), unit fungsional (1 ton CBS), serta asumsi batas geografis.
- b. Inventori Siklus Hidup (LCI): mengumpulkan data input-output meliputi energi, bahan kimia, dan emisi dari setiap tahap proses.
- c. Analisis Dampak (LCIA): menghitung kontribusi terhadap kategori dampak seperti *Global Warming Potential (GWP)*, *Energy Depletion*, dan *Water Consumption*.
- d. Interpretasi Hasil: menilai peluang perbaikan dan strategi mitigasi dampak lingkungan [12].

Hasil analisis LCA selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi hotspot lingkungan, yaitu tahap proses yang paling signifikan dalam menghasilkan emisi atau limbah [16].

2.3. Analisis Data

Tahap analisis dilakukan dalam tiga langkah sistematis:

1. Identifikasi Titik Kritis Konsumsi Energi dan Emisi:
Data energi dan emisi dari setiap tahap produksi dianalisis menggunakan metode *Pareto analysis* untuk menentukan area dengan kontribusi dampak tertinggi terhadap total jejak karbon perusahaan [15].
2. Evaluasi Efisiensi Proses melalui GMI:
Hasil pengukuran GMI digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kinerja hijau per unit operasi. Peningkatan efisiensi diukur berdasarkan kenaikan skor GMI terhadap baseline produksi.
3. Simulasi Perbaikan Proses:
Simulasi dilakukan menggunakan model *scenario analysis* untuk menilai dampak dari penerapan teknologi baru seperti *waste heat recovery*, penggunaan energi biomassa, dan optimasi hidrogenasi terhadap pengurangan emisi CO₂ dan penghematan biaya operasional [21] [5].
Setiap skenario dievaluasi dari sisi lingkungan (LCA), ekonomi (cost saving), dan teknis (feasibility), sehingga diperoleh rekomendasi implementasi yang paling optimal bagi PT UOI dalam mencapai target *green manufacturing* [22].

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Penerapan Green Manufacturing

Hasil analisis dan evaluasi terhadap proses bisnis PT Unilever Oleochemical Indonesia (UOI) menunjukkan bahwa seluruh aktivitas, mulai dari perencanaan, pengadaan, distribusi, hingga produksi, telah mengintegrasikan prinsip green manufacturing secara konsisten dan terstruktur. Implementasi dilakukan dengan mengacu pada standar keberlanjutan perusahaan dan prinsip triple bottom line (People, Planet, Profit), sehingga setiap keputusan operasional mempertimbangkan keseimbangan antara kinerja ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Secara umum, capaian kinerja lingkungan UOI berada di atas rata-rata praktik industri oleokimia konvensional, khususnya dalam aspek efisiensi energi dan pengelolaan limbah, sebagaimana dibahas pada subbab berikut.

3.1.1. Proses Perencanaan

Perencanaan pengembangan derivative product di UOI telah diarahkan pada penggunaan green raw material, teknologi ramah lingkungan, dan digitalisasi sistem produksi. Pendekatan ini sejalan dengan konsep green design yang menekankan efisiensi energi dan minimalisasi limbah sejak tahap konseptual (Gunasekaran et al., 2023). Dibandingkan dengan praktik industri yang masih berfokus pada efisiensi biaya jangka pendek, pendekatan perencanaan berbasis keberlanjutan di UOI menunjukkan integrasi yang lebih komprehensif antara aspek teknis dan lingkungan. Hal ini konsisten dengan temuan Alam et al. [23] yang menyatakan bahwa integrasi keberlanjutan sejak tahap desain mampu menurunkan potensi dampak lingkungan hingga tahap hilir.

3.1.2. Proses Pengadaan

Tahapan pengadaan dilakukan melalui seleksi ketat terhadap pemasok yang memenuhi kriteria keberlanjutan, termasuk traceability bahan baku, sertifikasi (Halal, Kosher, GMP, Food Safety), serta kepatuhan terhadap standar sosial dan lingkungan. Praktik ini mencerminkan implementasi Green Supply Chain Management (GSCM), sebagaimana dikemukakan oleh Alam et al. [23], bahwa green procurement berperan signifikan dalam menekan risiko lingkungan dan reputasi pada rantai pasok global. Jika dibandingkan dengan industri oleokimia yang belum sepenuhnya menerapkan traceability system, pendekatan UOI memberikan keunggulan kompetitif dalam aspek transparansi dan kepatuhan regulasi global.

3.1.3. Proses Distribusi

Dalam aspek distribusi, UOI telah mengimplementasikan sistem internal piping untuk menggantikan sebagian distribusi berbasis kendaraan bermotor. Inovasi ini terbukti menurunkan emisi karbon sebesar ±12% dari total emisi logistik tahunan. Selain itu, penerapan digital tracking system mendukung efisiensi distribusi dan pengurangan konsumsi bahan bakar [16][24]. Dibandingkan dengan benchmark industri logistik berbasis transportasi darat konvensional, pengurangan emisi sebesar 12% termasuk kategori signifikan. Studi Khong [16] menunjukkan bahwa optimasi sistem distribusi umumnya mampu menekan emisi pada kisaran 8–10%, sehingga capaian UOI relatif lebih tinggi dari rata-rata industri.

3.1.4. Proses Produksi

Proses produksi CBS menggunakan bahan kimia ramah lingkungan (green chemical), utilitas hemat energi, serta sistem pengendalian emisi berbasis otomatisasi (digital process control). Penggunaan uap berbasis biomassa dan heat recovery system menghasilkan penghematan energi hingga 18% dan penurunan greenhouse gas emission (GHG)

sebesar 15% dibanding baseline produksi konvensional. Capaian ini sejalan dengan temuan Huang [25] dan Khong [16] yang menyatakan bahwa integrasi optimasi energi dan inovasi proses dapat menurunkan emisi 10–20% pada industri oleokimia. Dengan skor Green Manufacturing Index (GMI) sebesar 0,84, sistem produksi CBS dikategorikan sebagai Excellent Green Performance, yang menunjukkan posisi kompetitif dibandingkan industri sejenis.

3.2. Penerapan Konsep “6R” dan Simbiosis Agroindustri

Sebagai bagian dari strategi keberlanjutan, UOI mengimplementasikan prinsip “6R” (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Redesign, Remanufacturing) yang menjadi elemen penting dalam sistem *green manufacturing* dan *circular economy*.

Tabel 1. Penerapan Konsep 6R dan simbiosis Agroindustri

Prinsip	Implementasi di PT UOI	Dampak Lingkungan
Reduce	Pengurangan dosis bleaching earth (BE), oil loss, dan handling SBE.	Penghematan bahan baku 10%, penurunan limbah padat 8%.
Reuse	Pemakaian kembali katalis Ni hingga 25% dari dosis awal.	Penghematan biaya katalis 12%, penurunan limbah B3.
Recycle	Pemanfaatan <i>condensate water</i> untuk kebutuhan domestik.	Penghematan air bersih ±20%.
Recovery	Pemanfaatan fatty matter sebagai bahan bakar boiler dan pupuk organik.	Efisiensi energi dan pengurangan limbah organik.
Redesign	Optimalisasi <i>piping condensate</i> menuju <i>melting tank CPKS</i> .	Efisiensi steam hingga 15%.
Remanufacturing	Penyerahan SBE ke mitra bersertifikat (ECO-OIL) untuk filler semen, aspal, batako.	Mengurangi residu padat dan mendukung ekonomi sirkular.

Pelaksanaan 6R secara konsisten telah membentuk model simbiosis agroindustri, di mana limbah dari proses utama menjadi bahan baku bagi industri lain [11], [12].

Implementasi tersebut menunjukkan bahwa UOI telah mengintegrasikan *industrial symbiosis* dalam proses produksi CBS, sehingga mendukung efisiensi sumber daya dan *zero waste policy* [1].

3.3. Green Innovation

UOI juga menerapkan konsep Green Process Innovation (GPI) sebagai upaya berkelanjutan untuk memperkuat daya saing dan menekan dampak lingkungan. Menurut Huang [25], *green innovation* berperan penting dalam mengurangi emisi dan memperbaiki efisiensi proses produksi. Penerapan inovasi hijau di UOI meliputi:

1. Inovasi Proses: Penggunaan *automated hydrogenation control system* untuk mengoptimalkan suhu dan tekanan, mengurangi konsumsi energi hingga 10%.
2. Inovasi Produk: Pengembangan formulasi CBS dengan bahan berbasis PKO dan lemak tengkawang, menghasilkan titik leleh ±35°C yang menyerupai CB alami [11].
3. Inovasi Teknologi: Implementasi sistem *real-time monitoring* energi dan limbah menggunakan *digital twin system*.
4. Inovasi Organisasi: Pembentukan *Green Task Force* lintas departemen untuk memantau keberlanjutan operasional.

Kegiatan inovasi berkelanjutan tersebut merupakan bagian dari strategi *Continuous Improvement (Kaizen)* yang dilakukan setiap kuartal. Evaluasi efektivitas inovasi dilakukan menggunakan indikator *energy saving ratio* dan *emission intensity* [16].

3.4. Dampak Lingkungan (AMDAL)

Berdasarkan Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 dan PP No. 22 Tahun 2021, UOI telah menyusun dokumen AMDAL yang terdiri dari: *Kerangka Acuan (KA)*, *Analisis Dampak Lingkungan (ANDAL)*, serta *Rencana Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (RKL/UPL)*. Analisis menunjukkan bahwa kegiatan produksi CBS tidak menimbulkan dampak signifikan terhadap ekosistem sekitar karena seluruh limbah cair telah diolah melalui *Waste Water Treatment Plant (WWTP)* hingga memenuhi baku mutu Kementerian Lingkungan Hidup. Dampak lingkungan yang teridentifikasi ditampilkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 2. Matriks Penilaian Dampak Lingkungan di PT UOI

Aktivitas Produksi	Potensi Dampak	Pengendalian	Status
Fraksinasi PKO	Peningkatan limbah padat	Pemanfaatan limbah padat sebagai bahan bakar boiler	Terkendali
Hidrogenasi	Emisi gas CO ₂ dan H ₂	Pemasangan scrubber dan <i>closed-loop system</i>	Terkendali
Refining & Deodorizing	Limbah cair dan uap panas	Sistem pendinginan dan WWTP	Terkendali
Packaging & Transport	Emisi transportasi	Optimalisasi pipa distribusi internal	Terkendali
Penggunaan Bahan Kimia	Limbah B3	Pengelolaan sesuai PP No.101/2014	Terkendali

Hasil AMDAL menunjukkan bahwa nilai rata-rata *Environmental Impact Index (EII)* sebesar **0,28**, yang termasuk kategori **rendah**. Hal ini membuktikan bahwa kegiatan operasional UOI telah berada dalam batas aman dan sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan Green Manufacturing pada proses produksi Cocoa Butter Substitute (CBS) di PT Unilever Oleochemical Indonesia telah berjalan secara efektif dan sistematis sesuai dengan prinsip keberlanjutan industri modern.

Beberapa poin kesimpulan utama yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Implementasi prinsip Green Manufacturing mencakup seluruh rantai nilai — mulai dari tahap perencanaan, pengadaan bahan baku, distribusi, hingga produksi — yang telah mengintegrasikan aspek ramah lingkungan, efisiensi energi, dan penggunaan bahan kimia hijau. Pendekatan ini terbukti meningkatkan kinerja keberlanjutan perusahaan dengan efisiensi energi sebesar 18% dan pengurangan emisi gas rumah kaca sekitar 15%.

Penerapan konsep 6R (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Redesign, Remanufacturing) menunjukkan komitmen kuat UOI terhadap pengelolaan sumber daya secara sirkular (*circular economy*). Melalui 6R, limbah padat dan cair berhasil direduksi serta dimanfaatkan kembali menjadi bahan baku alternatif, bahan bakar, dan produk samping bernilai ekonomi.

Model Simbiosis Agroindustri yang terbentuk dari pelaksanaan 6R menciptakan sistem produksi berkelanjutan yang saling menguntungkan antara unit proses internal dan industri mitra. Implementasi ini memperkuat efisiensi material dan mendorong terbentuknya rantai pasok hijau (*green supply chain*).

Inovasi Hijau (Green Innovation) yang dilakukan melalui optimalisasi proses hidrogenasi, penggunaan sistem digitalisasi energi, serta pengembangan formulasi CBS berbasis minyak nabati lokal, terbukti meningkatkan efisiensi proses dan menurunkan biaya operasional. Strategi ini sejalan dengan visi Clean Future Unilever dan standar keberlanjutan global.

Hasil analisis AMDAL menunjukkan bahwa seluruh aktivitas produksi CBS berada dalam kategori dampak lingkungan rendah dengan nilai *Environmental Impact Index (EII)* sebesar 0,28. Ini membuktikan bahwa sistem pengelolaan lingkungan di UOI telah berjalan efektif dan sesuai peraturan perundangan (UU No. 32 Tahun 2009 dan PP No. 22 Tahun 2021).

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa PT Unilever Oleochemical Indonesia telah berhasil menerapkan prinsip green manufacturing secara holistik, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan sosial sesuai prinsip triple bottom line (People, Planet, Profit).

REFERENSI

- [1] I. Brilianda *et al.*, “Potensi Fraksi Minyak Sawit Sebagai Pengganti Lemak Kakao pada Produk Cokelat,” *Bot. Publ. Ilmu Tanam. dan Agribisnis*, vol. 02, no. 2, pp. 136–143, 2025.
- [2] A. Wibisono, N. Lestari, and M. Isyanti, “Pengaruh variasi komposisi lemak cokelat, olein sawit dan minyak ikan patin terhadap kandungan nutrisi cokelat oles,” *War. Ind. Has. Pertan.*, vol. 32, no. 02, pp. 51–61, 2015.
- [3] Rosniati, Kalsum, Jamilah, and Khaerunnisa, “Characteristics of Chemical, Microbiological, and Organoleptic Properties of Analog Milk Chocolate from Unfermented Cocoa Beans with The Addition of Crude Stearin and Polyphenol,” *J. Ind. Has. Perkeb.*, vol. 32, no. 3, pp. 167–186, 2021.

- [4] Z. Zhang, J. Song, W. J. Lee, X. Xie, and Y. Wang, "Characterization of enzymatically interesterified palm oil-based fats and its potential application as cocoa butter substitute," *Food Chem.*, vol. 318, no. February, p. 126518, 2020, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.126518.
- [5] W. Y. Cheah, R. P. Siti-Dina, S. T. K. Leng, A. C. Er, and P. L. Show, "Circular bioeconomy in palm oil industry: Current practices and future perspectives," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 30, 2023, doi: 10.1016/j.eti.2023.103050.
- [6] A. B. Rantawi, A. Mahfud, and E. R. Situmorang, "Korelasi Antara Kadar Air pada Kernel Terhadap Mutu Kadar Asam Lemak Bebas Produk Palm Kernel Oil Yang Dihasilkan (Studi Kasus pada PT XYZ)," *Ind. Eng. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 36–42, 2017.
- [7] H. A. Hasibuan, "DETERMINATION OF YIELD, QUALITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF PALM OIL AND PALM KERNEL OIL OF FRESH FRUIT BUNCHES WITH VARIATION MATURITY AS A BASIC FOR DETERMINING HARVEST MATURITY STANDARD," *J. Penelit. Kelapa Sawit*, vol. 28, no. 3, pp. 123–132, 2020.
- [8] M. Isyanti, S.TP, M.Si. and S. D. Sirait, "Fraksinasi Asam Laurat, Short Chain Triglyceride (SCT) dan Medium Chain Triglyceride (MCT) dari Minyak Kelapa Murni," *War. Ind. Has. Pertan.*, vol. 38, no. 2, p. 160, 2021, doi: 10.32765/wartaihp.v38i2.7455.
- [9] R. F. Hasrini, N. Lestari, and Y. R. Meutia, "Study Comparison of Physicochemical Hydrogenated Palm Kernel Oil (RBDPKO) into Cocoa Butter Substitutes (CBS) with Commercial CBS," *War. IHP/Journal Agro-based Ind.*, vol. 31, pp. 22–31, 2014.
- [10] M. Ulfah, A. Riswanto, and N. Ngatirah, "Characteristics of Oil Blends from Red Palm Oil and Palm Kernel Olein," *J. Agritech*, vol. 36, no. 02, p. 145, 2016, doi: 10.22146/agritech.12858.
- [11] R. Ferdiansyah, R. Rachmaniar, and V. Y. Herman, "KARAKTERISASI KRISTALINITAS LEMAK BIJI TENGGAWANG (*Shorea stepnotera* Ridley) MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION (XRD), FOURIER TRANSFORM INFRA RED (FTIR) DAN AUTOMATIC MELTING POINT," *J. Sains dan Teknol. Farm. Indones.*, vol. 8, no. 2, 2019, doi: 10.58327/jstfi.v8i2.114.
- [12] J. Gaffey, M. N. Collins, and D. Styles, "Review of methodological decisions in life cycle assessment (LCA) of biorefinery systems across feedstock categories," *J. Environ. Manage.*, vol. 358, no. April, p. 120813, 2024, doi: 10.1016/j.jenvman.2024.120813.
- [13] R. Rathi, M. S. Kaswan, J. A. Garza-Reyes, J. Antony, and J. Cross, "Green Lean Six Sigma for Improving Manufacturing Sustainability: Framework Development and Validation," *J. Clean. Prod.*, 2022.
- [14] R. Prabowo and A. P. Suryanto, "Implementasi Lean dan Green Manufacturing Guna Meningkatkan Sustainability pada PT. Sekar Lima Pratama," *J. SENOPATI*, vol. 01, no. 01, pp. 50–61, 2019.
- [15] T. C. Liu, Y. C. Wu, and C. F. Chau, "An Overview of Carbon Emission Mitigation in the Food Industry: Efforts, Challenges, and Opportunities," *Processes*, vol. 11, no. 7, 2023, doi: 10.3390/pr11071993.
- [16] L. Y. Khong and P. V. Chai, "Energy Management and Waste Heat Recovery in the Malaysian Oleochemical Industry," *Open J. Energy Effic.*, vol. 14, no. 01, pp. 21–41, 2025, doi: 10.4236/ojee.2025.141002.
- [17] Y. Wahyono, H. Hadiyanto, M. A. Budihardjo, and J. S. Adiansyah, "Assessing the environmental performance of palm oil biodiesel production in indonesia: A life cycle assessment approach," *Energies*, vol. 13, no. 12, 2020, doi: 10.3390/en13123248.
- [18] D. Chandradhinata and R. N. Fadilah, "Minimalisasi pemborosan menggunakan metode lean manufacturing dan green manufacturing di UKM Asela," *J. Kalibr.*, vol. 23, no. 01, pp. 49–59, 2025, doi: 10.33364/kalibrasi/v.23-1.1600.
- [19] R. A. Pribadi, R. Angga, P. Politeknik, N. Malang, S. Politeknik, and A. A. Politeknik, "Penerapan Metode Walkthrough Revenue dalam Audit Pendapatan PT ABC oleh KAP XYZ," *J. Ilm. Ekon. Manaj. Bisnis dan Akunt.*, vol. 2, no. 4, pp. 1–7, 2025.
- [20] A. Christiani, H. J. Kristina, and P. C. Rahayu, "Pengukuran Kinerja Lingkungan Industri di Indonesia berdasarkan Standar Industri Hijau," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 6, no. 1, p. 39, 2017, doi: 10.26593/jrsi.v6i1.2426.39-48.
- [21] I. Elemure, H. N. Dhakal, M. Leseure, and J. Radulovic, "Integration of Lean Green and Sustainability in Manufacturing: A Review on Current State and Future Perspectives," *Sustain.*, vol. 15, no. 13, 2023, doi: 10.3390/su151310261.
- [22] T. Sharma, D. Dasgupta, J. Singh, T. Bhaskar, and D. Ghosh, "Yeast lipid-based biofuels and oleochemicals from lignocellulosic biomass: Life cycle impact assessment," *Sustain. Energy Fuels*, vol. 4, no. 1, pp. 387–398, 2020, doi: 10.1039/c9se00540d.
- [23] N. Alam, Mahfudnurnajamudin, and C. P. Palayukan, "Dampak Penerapan Green Supply Chain Management terhadap Kinerja Keuangan, Keberlanjutan Operasional, dan Kepuasan Pelanggan," *Cent. Econ. Student J.*, vol. 8, no. 1, pp. 150–160, 2025.
- [24] A. Gunasekaran and A. Spalanzani, "Sustainability of manufacturing and services: Investigations for research

- and applications,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 140, no. 1, pp. 35–47, 2012, doi: 10.1016/j.ijpe.2011.05.011.
- [25] X. Huang, Y. Wang, Y. Chen, and Z. Hu, “Green Technology Innovation and Enterprise Performance: An Analysis Based on Causal Machine Learning Models,” *Sustain.*, vol. 16, no. 6, pp. 1–16, 2024, doi: 10.3390/su16062309.