

Juni 2025

Integrating Life Cycle Thinking into Industrial Strategy:

# Menuju Kinerja Industri yang Efisien, Berkelanjutan, dan Bertanggung Jawab Melalui Pendekatan Life Cycle Assessment (LCA)

Panduan Implementasi LCA sebagai Basis Evaluasi Dampak untuk Menuju Operasi Industri yang Efisien dan Ramah Lingkungan



# Foreword

*Life Cycle Assessment (LCA)* memegang peranan krusial dalam pengambilan keputusan industri yang berkelanjutan. Sebagai alat analisis berbasis data, LCA memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengelola dampak lingkungan secara menyeluruh sepanjang siklus hidup produk atau proses. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi sumber daya, mengurangi risiko lingkungan, dan memperkuat daya saing melalui inovasi berkelanjutan yang terukur dan bertanggung jawab.

White paper ini disusun untuk mendukung para pelaku industri dan pengambil keputusan dalam memahami potensi strategis penerapan *Life Cycle Assessment (LCA)*.

Penerapan *Life Cycle Assessment (LCA)* bukan hanya sekadar memenuhi standar lingkungan melainkan pendekatan strategis untuk menciptakan efisiensi operasional, mengurangi risiko rantai pasok, dan meraih keunggulan di pasar yang semakin menuntut transparansi dan keberlanjutan.

Di tengah tantangan perubahan iklim, krisis sumber daya, dan tekanan terhadap ketaatan regulasi, mari kita bergerak menuju industri yang lebih hijau, adaptif, dan berdaya saing jangka panjang untuk bisnis yang tetap relevan di masa depan.





**Enthalphy** mendukung perusahaan Anda dalam mewujudkan kinerja keberlanjutan yang terukur. Melalui layanan *Life Cycle Assessment (LCA)*, kami membantu perusahaan menilai dampak lingkungan secara menyeluruh dan berbasis data sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih bertanggung jawab.

Layanan ini mencakup Product LCA yang disusun mengacu pada standar internasional ISO 14040 dan ISO 14044, serta dapat digunakan untuk mendukung pengembangan *eco-labelling*, *Environmental Product Declarations (EPD)*, *carbon footprint*, dan *water footprint*.

Discover how LCA can drive smarter decisions  
& discuss with our experts today.





1

What you will learn from this document



2

FAQs for You to Consider



3

Introduction

Mengapa Bisnis Anda Perlu Kajian LCA



5

Tantangan Kajian LCA di Era Modern untuk Perusahaan



26

Output Pekerjaan Layanan LCA



34

# Daftar Isi

- 1 What you will learn from this document
- 2 FAQs for You to Consider
- 3 Introduction
- 5 Mengapa Bisnis Anda Perlu Kajian LCA
- 9 Tanggapan Perusahaan Global Mengenai Life Cycle Assessment (LCA) Menguntungkan Bisnis Mereka
- 11 Hubungan Life Cycle Assessment (LCA) dengan Metode untuk menilai keberlanjutan (Sustainability) barang atau jasa
- 13 Relevansi Kajian Life Cycle Assessment (LCA) dengan Product Carbon Footprint (PCF), GHG Accounting, dan Water Footprint
- 15 Metodologi Life Cycle Assessment (LCA)
- 26 Tantangan Kajian LCA di Era Modern untuk Perusahaan
- 28 Contoh Studi Kasus
- 31 Layanan Konsultasi LCA yang Kami Tawarkan
- 33 Mekanisme Pekerjaan Layanan Life Cycle Assessment (LCA)
- 34 Output Pekerjaan Layanan LCA
- 40 Reference
- 40 Resources



# What you will learn from this document



## Pemahaman Dasar *Life Cycle Assessment* (LCA) dan Dampak Lingkungan

- Apa itu LCA?
- Mengapa bisnis perlu LCA?
- Hubungan LCA dengan Metode Keberlanjutan (*Sustainability*) Lainnya?



## Memulai Pelaporan LCA

- Langkah Awal untuk Perusahaan
- Alat dan Sumber Daya
- Contoh Implementasi Sederhana



## Mempersiapkan Organisasi untuk Pelaporan LCA

- Membangun Tim Internal
- Proses Pengumpulan Data LCA
- Integrasi dengan Strategi Bisnis



## Aspek Regulasi dan Kepatuhan

- Regulasi Global yang Relevan
- Strategi Kepatuhan, Menggunakan LCA untuk Memenuhi Persyaratan *Environmental Product Declaration* (EPD)



## Standar dan Sistem Rating Pelaporan

- Penyesuaian Kajian LCA Berdasarkan Standar Internasional
- Sistem Rating yang Diakui



## Rekomendasi untuk Implementasi LCA yang Efektif

- Praktik Terbaik, untuk Memulai dengan Produk Prioritas dan Diperluas Secara Bertahap. Melibatkan Pemasok dalam Pengumpulan Data Rantai Pasok
- Mitigasi Tantangan LCA di Era Modern
- Rencana Jangka Panjang untuk Integrasi LCA ke Dalam Bisnis



## Contoh Studi Kasus & Layanan Konsultasi

- Studi Kasus Nyata
- Layanan Konsultasi yang Ditawarkan
- Mekanisme Penyusunan EPD



## Output Pekerjaan LCA

- Hasil Utama, Peta Dampak Lingkungan tertinggi dalam Siklus Hidup Produk, dan memberikan Rekomendasi Strategis
- Dokumentasi Laporan Teknis LCA dengan Hasil Kuantitatif dan Dokumen EPD untuk Komunikasi ke Publik/Pelanggan

# FAQs for You to Consider

Dari pengalaman kami, ada beberapa pertanyaan kunci yang ditanyakan oleh client ketika mempertimbangkan ingin melakukan kajian *Life Cycle Assessment* (LCA)

## 🔄 Apa itu *Life Cycle Assessment* (LCA)?

LCA adalah cara untuk menilai dampak lingkungan dari suatu produk atau kegiatan sepanjang hidupnya, mulai dari bahan baku, produksi, penggunaan, hingga pembuangannya. Bayangkan seperti menghitung "jejak lingkungan" dari sepotong roti: dari menanam gandum, mengolahnya, mengirim ke toko, sampai sampahnya terurai.

---

## 🔄 Mengapa LCA penting?

Agar kita tahu mana yang lebih ramah lingkungan, misalnya antara kantong plastik dan kertas. Dengan LCA, perusahaan atau pemerintah bisa membuat keputusan yang mengurangi polusi, limbah, atau emisi.

---

## 🔄 Bagaimana cara kerja LCA?

- Tujuan: Apa yang ingin dicari? (contoh: Mana lebih baik, sedotan plastik atau besi?).
  - Data: Mengumpulkan informasi (misal: Berapa energi dipakai untuk membuat sedotan besi?).
  - Analisis: Hitung dampaknya (polusi, limbah, dll) dan tetlihat indikator dampak lingkungan (*Climate Change*, hujan asam, dll).
  - Kesimpulan: Rekomendasi untuk perbaikan.
- 

## 🔄 Siapa yang pakai LCA?

- Perusahaan (misal: Memproduksi kemasan dengan lebih hemat energi).
  - Pemerintah (membuat aturan yang ramah lingkungan).
  - Konsumen (memilih produk ramah lingkungan).
- 

## 🔄 Apakah LCA hanya untuk produk?

Tidak! Bisa untuk jasa (misal: layanan pengiriman) atau proses (misal: daur ulang sampah).

---

## 🔄 Bagaimana LCA mempengaruhi konsumen?

Dengan label seperti "ramah lingkungan" atau "hijau" pada produk, yang biasanya berdasarkan hasil LCA. Ini membantu kita memilih lebih bijak.

---

## 🔄 Apa bedanya LCA dengan "jejak karbon"?

Jejak karbon hanya fokus pada emisi gas rumah kaca, sedangkan LCA mencakup semua dampak lingkungan (*GWP*, *Eutrofikasi*, *Abiotic Depletion*, dll).

---

## 🔄 Bagaimana LCA berkaitan dengan keberlanjutan (*Sustainability*)?

Keberlanjutan berarti memenuhi kebutuhan tanpa merusak masa depan. LCA membantu mencapainya dengan mengukur dan mengurangi kerusakan lingkungan.

# Introduction

## Life Cycle Assessment (LCA) - A Quantitative Approach to Sustainability

Perusahaan di era modern ini semakin sadar untuk mengadopsi praktik yang lebih berkelanjutan (*sustainability*). Di saat yang sama, regulasi global, investor, dan konsumen peduli terhadap isu keberlanjutan lingkungan sehingga mendorong perusahaan untuk memperhatikan kembali seluruh aktivitas bisnisnya, termasuk pengurangan emisi. Karena sebagian besar emisi berkaitan dengan produk yang dihasilkan, untuk memudahkan menghitung emisi berkaitan dengan *input & output* dari seluruh proses produksi perlu mengidentifikasi peluang mengurangi jejak emisi di lingkungan dengan data yang dapat dipercaya (*Good Data*): kita harus menggunakan pendekatan kuantitatif dan transparan menuju *Sustainability*.

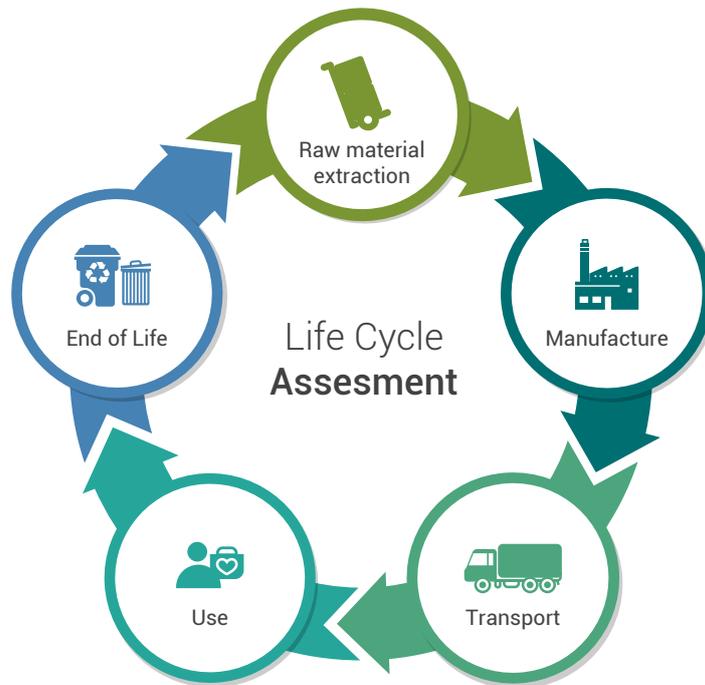
### What is an LCA?

*Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan metode komprehensif yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk, layanan, atau aktivitas bisnis sepanjang siklus hidupnya, mulai dari ekstraksi bahan baku, produksi, distribusi, penggunaan, hingga tahap akhir daur ulang atau pembuangan.

Berdasarkan standar ISO 14040 dan ISO 14044, metodologi ini mengidentifikasi aliran masuk (seperti air, energi, bahan baku, dan zat kimia) serta aliran keluar (seperti limbah padat, emisi gas rumah kaca, air limbah, dan polusi ke tanah) yang dihasilkan oleh sistem produk. Data ini kemudian diubah menjadi indikator dampak lingkungan (*environmental impact indicator*) yang terukur.

Indikator-indikator ini menjadi kunci dalam mengidentifikasi dampak lingkungan ke dalam satuan yang lebih mudah dipahami, memungkinkan perusahaan untuk memetakan titik kritis (*hotspot*) yang paling berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan. Misalnya, emisi karbon di fase produksi atau konsumsi air berlebih di rantai pasok dapat diidentifikasi melalui indikator spesifik.

Dengan demikian, LCA tidak hanya memberikan visibilitas terhadap dampak, tetapi juga menjadi dasar ilmiah bagi perusahaan untuk merancang strategi mitigasi, seperti optimalisasi energi terbarukan, pengurangan limbah, atau pemilihan bahan baku berkelanjutan. Hasil analisis ini juga mendorong inovasi dalam desain produk ramah lingkungan, efisiensi manufaktur, dan pengelolaan rantai pasok yang rendah emisi, sekaligus memenuhi tuntutan regulasi dan konsumen akan transparansi lingkungan. Melalui pendekatan ini, LCA menjadi alat vital dalam transisi menuju ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan.



## What is an environmental impact indicator?

Indikator dampak lingkungan mengelompokkan konsumsi dan emisi yang berbeda menjadi satu efek pada lingkungan, sesuai dengan area dampak spesifik yang memengaruhi kualitas ekosistem, penggunaan sumber daya, atau kesehatan manusia. Beberapa kategori dampak (*impact categories*) dalam LCA antara lain: pengasaman (*acidification*), eutrofikasi (*eutrophication*), pemanasan global (*global warming*), penipisan ozon (*ozone depletion*), ekotoksisitas (*ecotoxicity*), pembentukan kabut asap fotokimia (*photochemical smog formation*), kelangkaan air (*water scarcity*), dan penipisan abiotik (*abiotic depletion*). Pemilihan tergantung pada ruang lingkup LCA sementara perhitungannya tergantung pada metodologi yang dipilih dan faktor karakterisasi yang sesuai.

Impact indicator	=	Example: Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq)
Inventory Indicator	X	Amount of CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , water emissions (kg)
Characterization factor	X	Characterization factor (of the IPCC 2021 GWP 100 methodology)

# Mengapa Bisnis Anda Perlu Kajian LCA

Dalam industri modern, metode Life Cycle Assessment (LCA) berfungsi sebagai solusi serbaguna yang membantu perusahaan memahami dampak lingkungan dari produk atau layanan, sekaligus mendorong praktik keberlanjutan. Enthalphy hadir untuk mendukung perusahaan dalam mencapai tujuan industri berkelanjutan melalui penerapan metode perhitungan LCA. Namun, penting untuk dicatat bahwa metode ini mungkin tidak berlaku secara universal untuk semua jenis LCA atau setiap perusahaan. Oleh karena itu, setiap perusahaan perlu menetapkan tujuan spesifik mereka sendiri, disesuaikan dengan kebutuhan dan konteks operasional mereka.

Beberapa parameter relevan yang dapat dipertimbangkan dalam pelaksanaan LCA meliputi: penggunaan energi (baik energi terbarukan, maupun tidak terbarukan), emisi gas rumah kaca (seperti CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O), penggunaan air, limbah yang dihasilkan (baik padat, cair, maupun gas), serta dampak pada ekosistem (seperti deforestasi atau hilangnya keanekaragaman hayati). Selain itu, parameter sosial seperti dampak terhadap masyarakat sekitar dan kesehatan pekerja juga dapat diintegrasikan untuk menciptakan pendekatan LCA yang lebih holistik. Dengan mempertimbangkan parameter-parameter ini, perusahaan tidak hanya dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional dan membangun citra positif di mata konsumen dan pemangku kepentingan.

## Meningkatkan Daya Saing Global



EPD dan sertifikasi hijau membuka akses ke pasar premium (Uni Eropa, AS, Jepang) yang mensyaratkan transparansi lingkungan.

Contoh: **Produsen semen** dengan EPD mengalami **peningkatan ekspor 25% ke** proyek infrastruktur hijau **Eropa**.

## Pengembangan Produk Ramah Lingkungan



Identifikasi peluang inovasi melalui analisis siklus hidup, seperti kemasan *biodegradable*, produk modular yang mudah diperbaiki, atau bahan daur ulang.

Pemetaan aliran material memungkinkan perusahaan mengembangkan *take-back program*, *industrial symbiosis*, atau pemanfaatan limbah sebagai sumber daya baru sehingga meningkatkan loyalitas konsumen.

## Penghematan Biaya Jangka Panjang



Optimisasi penggunaan energi dan material mengurangi biaya produksi hingga 15-30%.

Contoh: Perusahaan F&B mengurangi biaya kemasan dengan **mengganti plastik ke bahan daur ulang** berbasis analisis LCA.

## Manajemen Risiko & Ketahanan Bisnis



Analisis LCA mengidentifikasi ketergantungan pada bahan baku berisiko (misal: mineral konflik) atau pemasok dengan jejak karbon tinggi.

Perusahaan dengan jejak karbon rendah lebih tahan terhadap fluktuasi harga karbon dan pajak lingkungan.

## Penguatan Citra Merek & Loyalitas Konsumen



Analisis LCA membantu menghindari *greenwashing* dan krisis reputasi dengan klaim yang berbasis sains.

EPD terverifikasi dan label hijau meningkatkan kepercayaan dan *brand equity*.

## Kolaborasi Stakeholder & Kepemimpinan Industri



Program *supplier engagement* berbasis data LCA memperkuat kolaborasi dalam dekarbonisasi rantai pasok.

Perusahaan dengan LCA komprehensif dapat memimpin inisiatif sektor (misal: penyusunan standar industri hijau) atau dialog dengan pemerintah.

## Kepatuhan Regulasi & Akses Pendanaan Hijau



Implementasi LCA membantu perusahaan meraih peringkat Hijau/Emas dalam PROPER KLHK, yang berdampak pada insentif fiskal dan kemudahan perizinan.

LCA mendukung pelaporan ESG yang kredibel (GRI/SASB/TCFD), meningkatkan daya tarik investor dan akses ke pendanaan hijau (*green bonds*) dengan insentif suku bunga kompetitif

## Future-Proofing Bisnis



Analisis LCA menjadi dasar investasi teknologi rendah karbon (misal: hidrogen hijau, CCUS) yang relevan untuk dekade mendatang.

Pelatihan LCA internal menciptakan tim yang kompeten dalam ekonomi hijau, meningkatkan nilai aset intelektual perusahaan.

Fleksibilitas *Life Cycle Assessment* (LCA) memungkinkan metode ini untuk digunakan secara lintas departemen dalam perusahaan untuk berbagai tujuan. Dengan pendekatan yang komprehensif, LCA dapat diterapkan di departemen produksi untuk mengoptimalkan efisiensi sumber daya, di bagian pemasaran untuk menyoroti keunggulan produk ramah lingkungan, atau di divisi R&D (*Research and Development*) untuk merancang inovasi yang lebih berkelanjutan. Selain itu, LCA juga dapat dimanfaatkan oleh tim manajemen dalam pengambilan keputusan strategis terkait keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan perusahaan. Kemampuannya untuk menganalisis dampak lingkungan dari suatu produk atau proses secara holistik menjadikan LCA alat yang serbaguna dan relevan bagi seluruh bagian dalam organisasi.

## Meningkatkan Pengembangan Produk



Memiliki metrik dan indikator khusus dalam setiap produk yang dikembangkan untuk dilakukannya tindakan berdasarkan kriteria kuantitatif. Hal ini bertujuan untuk mengurangi dan menghilangkan dampak negatif produk pada berbagai tahap siklus hidupnya (*Life Cycle Stage*). Dengan mengidentifikasi tahap yang paling merusak lingkungan merupakan langkah awal dalam pengembangan produk yang lebih ramah lingkungan. Analisis ini membantu perusahaan untuk fokus pada area yang memerlukan perbaikan, seperti penggunaan bahan baku, proses produksi, atau tahap pembuangan. Dengan demikian, produk yang dihasilkan tidak hanya memenuhi standar kualitas, tetapi juga memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik. Upaya ini merupakan bagian penting dari tanggung jawab perusahaan dalam menjaga keberlanjutan planet ini.

## Meningkatkan Efisiensi dari Produksi dan Manajemen Limbah



*Life Cycle Assessment* (LCA) menawarkan pandangan holistik mengenai dampak lingkungan yang mencakup setiap tahap dalam siklus hidup produk, tidak hanya terbatas pada proses manufaktur. Pendekatan komprehensif ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang konsekuensi nyata dari suatu sistem, sehingga dapat mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian khusus dan memandu tindakan tepat untuk mengurangi risiko lingkungan yang tinggi. Selain itu, LCA juga meningkatkan efisiensi rantai pasokan dengan mengatasi masalah lingkungan sejak tahap awal, mencegahnya berkembang ke tahap selanjutnya. Dengan demikian, LCA tidak hanya membantu dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga mendorong terciptanya praktik bisnis yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab.

## Meningkatkan Profitabilitas & Kinerja Lingkungan



*Life Cycle Assessment* LCA membantu perusahaan menganalisis data lingkungan untuk mengidentifikasi masalah dan peluang di *supply Chain*. Metode ini tidak hanya mendukung perlindungan lingkungan dan menjaga sumber daya alam, tetapi juga menekan biaya operasional serta meningkatkan daya saing bisnis. Dengan pendekatan menyeluruh, perusahaan bisa memahami dampak setiap tahap produksi, lalu mengoptimalkan jejak lingkungan dan anggaran secara bersamaan. Singkatnya, LCA menguntungkan bisnis sekaligus berperan positif bagi kelestarian alam.

## Sebagai Alat Komunikasi ke Pelanggan

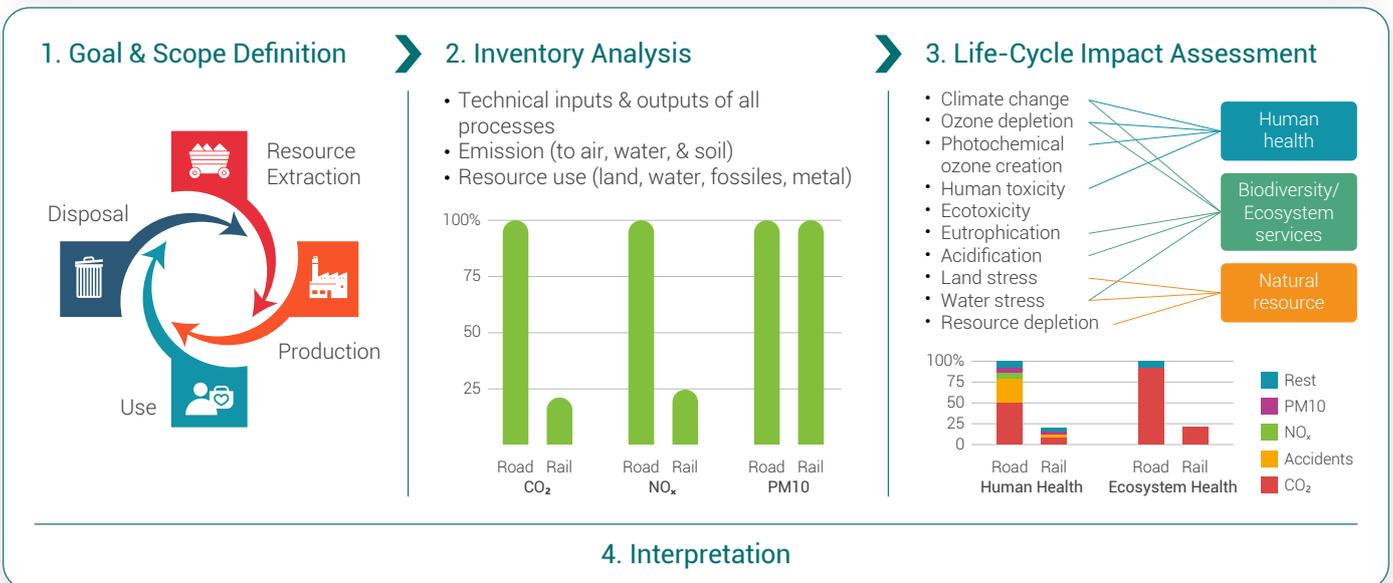
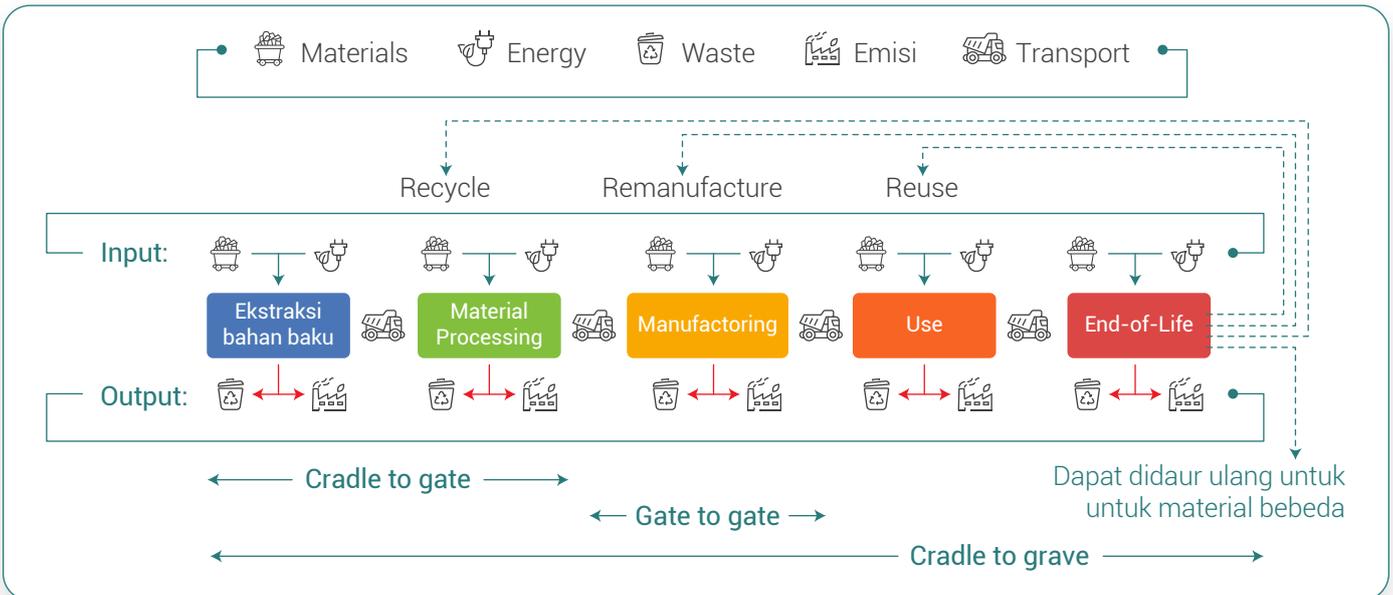


*Life Cycle Assessment* (LCA) menjembatani siklus hidup produk menjadi data lingkungan yang dapat diakses dan dikomunikasikan kepada konsumen. Dengan memanfaatkan metode ini, perusahaan dapat mengintegrasikan informasi tersebut ke dalam strategi pemasaran untuk meningkatkan transparansi. Misalnya, produk listrik ramah lingkungan dapat memperkuat citra hijau perusahaan melalui data autentik yang membuktikan dampak positifnya terhadap lingkungan. Hal ini sejalan dengan tuntutan regulasi global yang mendorong akuntabilitas, seperti pencegahan *greenwashing* (pencucian hijau), dengan memastikan klaim keberlanjutan didukung bukti konkret. Dengan demikian, LCA tidak hanya menjadi kajian bukti komitmen lingkungan yang kredibel, tetapi juga sarana membangun kepercayaan konsumen melalui transparansi dan integritas data.



Dalam beberapa tahun terakhir, regulasi global dan nasional di sektor energi—khususnya yang terkait bahan bakar tak terbarukan—telah bergerak menuju perubahan sistemik untuk mendorong praktik berkelanjutan. Perubahan ini mengharuskan industri meminimalkan dampak lingkungan dan sosial, sekaligus menjadikan *Life Cycle Assessment* (LCA) sebagai alat utama yang direkomendasikan pemerintah untuk menilai kinerja perusahaan. Dengan LCA, sektor energi tidak hanya mampu memenuhi persyaratan regulasi baru, tetapi juga mengukur dan memperbaiki kontribusinya pada pembangunan berkelanjutan secara akurat.

## Customer Data



# Tanggapan Perusahaan Global Mengenai Life Cycle Assessment (LCA) Menguntungkan Bisnis Mereka



## Menjadi Pelopor Keberlanjutan Dalam Industri Pelumas

Shell Lubricants menegaskan posisinya sebagai pelopor keberlanjutan dalam industri pelumas dengan memimpin penyusunan API Technical Report 1533, menggunakan metodologi standar untuk *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Carbon Footprinting* (CFP). Inisiatif ini tidak hanya memperkuat reputasi mereka sebagai perusahaan yang transparan dan bertanggung jawab lingkungan, tetapi juga membuka keunggulan kompetitif melalui harmonisasi data keberlanjutan yang diminta pelanggan global. Dengan mengadopsi panduan terstandarisasi, Shell menyederhanakan proses pelaporan, mengurangi biaya operasional, dan memperkuat kolaborasi rantai pasok (*Supply Chain*). Lebih jauh, kesiapan mereka memenuhi permintaan data lingkungan yang terpercaya memungkinkan penetrasi pasar baru, khususnya di kalangan bisnis yang prioritaskan kriteria *Environmental, Social, Governance* (ESG). Proaktif dalam menyusun standar ini juga menjadi strategi jangka panjang untuk mengantisipasi regulasi lingkungan yang semakin ketat, sekaligus memposisikan Shell sebagai acuan industri. Dengan demikian, komitmen terhadap LCA tidak hanya mendorong praktik berkelanjutan, tetapi juga menjadi katalis pertumbuhan bisnis yang selaras dengan tren global menuju ekonomi rendah karbon.

Sumber: [www.shell.com](http://www.shell.com)



## Coca-Cola Berusaha untuk Menjadi Pemimpin dalam Industri Minuman yang Lebih Ramah Lingkungan

Coca-Cola berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GHG) melalui ekonomi sirkular. Mereka meningkatkan penggunaan bahan daur ulang, mengurangi berat kemasan, berinvestasi dalam infrastruktur daur ulang, dan menggunakan lebih banyak kemasan yang dapat digunakan kembali. Pada tahun 2023, Coca-Cola memperkuat kemampuan mereka dalam *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk mengoptimalkan sinergi antara upaya pengemasan dan iklim. Inisiatif ini bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan secara keseluruhan dan mendukung keberlanjutan. Dengan pendekatan ini, Coca-Cola berusaha untuk menjadi pemimpin dalam industri minuman yang lebih ramah lingkungan.

Sumber: [www.coca-colacompany.com](http://www.coca-colacompany.com)



## Meningkatkan Tren Perbaikan dalam Supply Chain

IKEA menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk menghitung *climate footprint* material dari ekstraksi bahan baku hingga proses produksi di pabrik pemasok utama mereka. Mereka menggunakan faktor emisi yang spesifik berdasarkan kandungan daur ulang, kandungan terbarukan, negara asal, dan perusahaan material, dengan data dariecoinvent dan basis data LCA lainnya. Data ini terus diperbarui seiring dengan peningkatan keterlacakan dan data primer dari pemasok. Untuk bahan seperti kayu dan kertas, data diukur secara tahunan, sementara bahan lainnya diestimasi melalui kolaborasi dengan pemasok. *Climate footprint* juga disesuaikan dengan pembaruan faktor emisi di basis data LCA. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap tren perbaikan berasal dari peningkatan material, bukan hanya kualitas data.

Sumber: [www.ikea.com](http://www.ikea.com)



## Tanggapan Hyundai Mengenai LCA dan Komitmen Terhadap Biodiversitas

Sebagai perusahaan yang berkomitmen pada keberlanjutan, Hyundai secara aktif mengintegrasikan *Life Cycle Assessment* (LCA) dalam operasi kami untuk meminimalkan dampak terhadap biodiversitas. Kami menganalisis setiap tahap siklus hidup produk, mulai dari produksi hingga daur ulang, guna memastikan bahwa aktivitas bisnis tidak mengganggu keseimbangan ekosistem. Dengan menilai komposisi spesies, keanekaragaman hayati, serta faktor lingkungan seperti kualitas udara, air, dan tanah, kami merancang solusi yang selaras dengan alam. Melalui proyek restorasi habitat, pembangunan koridor ekologi, dan kolaborasi dengan komunitas lokal, kami berupaya memulihkan populasi spesies yang terancam di sekitar lokasi operasi. Hyundai juga berinovasi menciptakan habitat alternatif yang mendukung rantai kehidupan, sekaligus memperkuat ketahanan ekosistem jangka panjang. Dengan pendekatan holistik ini, kami yakin bahwa kemajuan industri dapat berjalan beriringan dengan pelestarian alam untuk masa depan yang lebih berkelanjutan.

Sumber: [www.hyundai.com](http://www.hyundai.com)

## Our Client Perspective about LCA



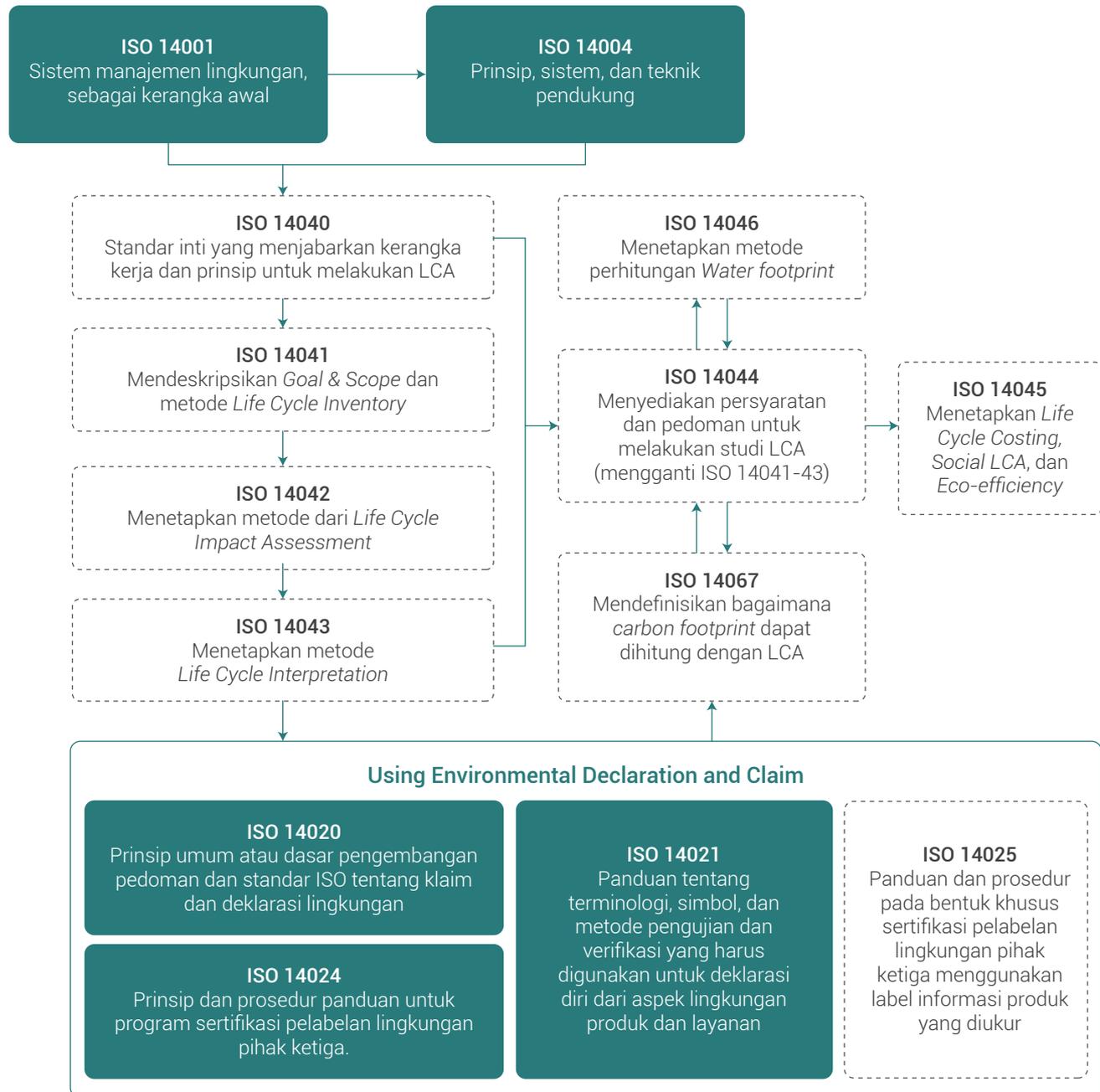
Berkat kajian LCA produk kami, kami menjadi sadar akan dampak yang dihasilkan oleh produk kami (biji nikel laterit) terutama pada proses pembukaan lahan dan transportasi. Untuk alasan ini, kami memutuskan untuk mencari alternatif untuk jarak tempuh transportasi bijih nikel basah dari *stockpile* ke *barging*, yang mana proses ini mengkonsumsi bahan bakar cukup tinggi. Alternatif ini menekan biaya operasional untuk bahan bakar dan mengurangi jejak lingkungan terutama *Global warming potential*.

**Chandra P.M. Mayor**

- Enviro. LC & RD Spv

# Hubungan Life Cycle Assessment (LCA) dengan Metode untuk Menilai Keberlanjutan (Sustainability) Barang atau Jasa

Life Cycle Assessments (LCA) merupakan bagian dari ISO 14000-series of environmental management standards.



Kaitan dengan Manajemen Lingkungan  
 Berelevansi langsung dengan LCA

*Life Cycle Assessments (LCA)*, merupakan bagian dari standar ISO 14000 (terutama ISO 14040 dan 14044), merupakan alat kritis untuk mengevaluasi dampak lingkungan suatu produk atau layanan secara holistik, mulai dari ekstraksi bahan baku hingga pembuangan akhir. LCA memiliki kaitan erat dengan konsep *carbon footprint* (ISO 14067), *water footprint* (ISO 14046), dan *eco-labeling* (ISO 14020-25) yang diatur dalam standar ISO.

ISO 14067, sebagai standar internasional yang mengatur jejak karbon produk (*Product Carbon Footprint/PCF*), secara eksplisit mengadopsi prinsip-prinsip *Life Cycle Assessment (LCA)* yang diuraikan dalam ISO 14040 dan 14044. Standar ini menetapkan metodologi terstruktur untuk menghitung emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dalam seluruh tahapan siklus hidup suatu produk—mulai dari ekstraksi bahan baku, produksi, distribusi, penggunaan, hingga tahap akhir daur ulang atau pembuangan. Dengan berpegang pada pendekatan LCA, ISO 14067 memastikan bahwa penghitungan jejak karbon tidak hanya fokus pada emisi langsung (misalnya dari proses manufaktur), tetapi juga mencakup emisi tidak langsung seperti penggunaan energi, transportasi, dan dampak dari bahan pendukung.

ISO 14046 (*water footprint*) menggunakan prinsip LCA untuk menilai dampak penggunaan air terhadap lingkungan, tidak hanya secara kuantitas tetapi juga kualitas dan konteks lokal. ISO 14020-25 (terutama 14024 dan 14025) mengatur *eco-labeling* yang memerlukan data LCA (seperti jejak air dari ISO 14046) sebagai dasar klaim lingkungan. Misalnya, ISO 14025 mewajibkan Deklarasi Lingkungan Produk (EPD) menyertakan hasil analisis siklus hidup untuk memastikan transparansi. Sinerginya: LCA menjadi fondasi ilmiah bagi ISO 14046 dalam menghitung jejak air, sementara ISO 14020-25 memanfaatkan data tersebut untuk membangun label atau deklarasi yang kredibel, mencegah *greenwashing*, dan meningkatkan akuntabilitas lingkungan.



# Relevansi Kajian Life Cycle Assessment (LCA) dengan Product Carbon Footprint (PCF), GHG Accounting, dan Water Footprint

	Life Cycle Assessment (LCA) (ISO 14040 & ISO 14044)	Product Carbon Footprint (PCF) (ISO 14067)	GHG Accounting (GHG Protocol   ISO 14064)	Water Footprint (ISO 14046)
<b>Fokus Utama</b>	Dampak lingkungan holistik (Perubahan Iklim, potensi hujan asam, kelangkaan air, dst.) dari seluruh siklus hidup produk.	Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terkait siklus hidup Produk.	Emisi GRK organisasi atau proyek (Scope 1, 2, 3).	Penggunaan air dan dampaknya (kuantitas, kualitas, kelangkaan).
<b>Tujuan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengevaluasi dampak lingkungan multidimensi.</li> <li>Mendukung desain berkelanjutan (<i>eco-design</i>)</li> </ul>	Mengukur dan mengkomunikasikan jejak karbon produk (misal: label karbon).	Memenuhi pelaporan regulasi, target SBTi, atau inisiatif <i>net-zero</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengelola risiko air</li> <li>Mendukung efisiensi</li> <li>penggunaan air.</li> </ul>
<b>Cakupan</b>	Seluruh siklus hidup: bahan baku, produksi, distribusi, penggunaan, <i>end-of-life</i> .	Fokus pada tahapan yang berkontribusi pada emisi GRK (mirip LCA, tetapi hanya untuk karbon).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scope 1 (langsung),</li> <li>Scope 2 (tidak langsung energi),</li> <li>Scope 3 (rantai pasok dan penggunaan).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scope 1 (langsung),</li> <li>Scope 2 (tidak langsung energi),</li> <li>Scope 3 (rantai pasok dan penggunaan).</li> </ul>
<b>Indikator Diukur</b>	<i>Global Warming Potential</i> (GWP), penggunaan air, eutrofikasi, dll.	karbon dioksida ekuivalen (CO <sub>2</sub> e)	Ton CO <sub>2</sub> e per kategori Scope.	Volume air (m <sup>3</sup> ), indeks kelangkaan air (misal: AWARE), polusi air
<b>Standar Acuan</b>	ISO 14040/14044, EN 15804 (konstruksi), PAS 2050 (produk), UNEP/SETAC.	ISO 14067, GHG Protocol Product Standard, PAS 2050, dan ISO 14040/14044	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>GHG Protocol Corporate Standard.</i></li> <li><i>GHG Protocol Product Standard.</i></li> <li>ISO 14064 (<i>Series</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 14046</li> <li><i>Water footprint network</i></li> </ul>
<b>Keuntungan</b>	Analisis multi dampak dan holistik.	Fokus spesifik pada iklim, mudah diintegrasikan dengan strategi dekarbonisasi	Memenuhi kebutuhan pelaporan korporat dan regulasi.	Menghubungkan penggunaan air dengan dampak lokal dan global
<b>Tantangan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kompleksitas data dan waktu.</li> <li>Variasi hasil tergantung batasan sistem.</li> </ul>	Kesulitan dalam mengumpulkan data Scope 3 (rantai pasok).	Kesulitan dalam mengumpulkan data Scope 3 (rantai pasok).	Ketersediaan data hidrologi regional dan karakteristik dampak
<b>Stakeholder Kunci</b>	Produsen, LSM, pemerintah, peneliti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perusahaan konsumen (e.g., FMCG).</li> <li>Retailer dengan pelabelan hijau.</li> </ul>	Perusahaan, investor, regulator (misal: CDP).	Perusahaan sektor air-intensif (pertanian, tekstil), pemerintah daerah.
<b>Contoh Aplikasi</b>	<i>Eco-design</i> produk, kebijakan publik (misal: EPD, ESG).	Label karbon pada kemasan makanan.	Laporan keberlanjutan (ESG), target <i>Science-Based Targets</i> .	Evaluasi risiko air di pabrik tekstil di daerah kering.
<b>Cakupan Geografis</b>	Global, tetapi memerlukan data lokal untuk akurasi.	Global, dengan penyesuaian faktor emisi regional.	Global ( <i>standar GHG Protocol</i> ), dengan data spesifik lokasi.	Sangat bergantung pada konteks geografis (misal: daerah rawan kekeringan).
<b>Kerangka Waktu</b>	Siklus hidup penuh produk (5-50 tahun)	Siklus hidup produk atau tahun kalender.	Tahun kalender atau periode pelaporan tahunan	Siklus hidup produk atau analisis temporal (misal: musiman).
<b>Verifikasi</b>	Opsional (tergantung tujuan), bisa oleh pihak ketiga untuk EPD.	Opsional, tetapi diperlukan untuk klaim yang kredibel (e.g., <i>carbon trust certification</i> ).	Diwajibkan untuk pelaporan eksternal (misal: ISO 14064-3).	Verifikasi opsional, tetapi disarankan untuk kredibilitas (ISO 14046).
<b>Interoperabilitas</b>	Dapat diintegrasikan dengan PCF, <i>Water Footprint</i> , dan <i>GHG Accounting</i> .	Selaras dengan <i>GHG Protocol</i> dan LCA.	Kompatibel dengan CDP, TCFD, dan standar pelaporan ESG.	Menggunakan data LCA dan dapat digabungkan dengan analisis GRK.
<b>Kepatuhan Regulasi</b>	Dapat diintegrasikan dengan PCF, <i>Water Footprint</i> , dan <i>GHG Accounting</i> .	<i>Carbon Border Adjustment Mechanism</i> (CBAM), Peraturan Pelabelan Karbon	TCFD, SEC Climate Disclosure (AS), EU CSRD	<i>UE Water Framework Directive</i> , ISO 14046 untuk sertifikasi.

Pernyataan	Life Cycle Assessment (LCA) (ISO 14040 & ISO 14044)	Product Carbon Footprint (PCF) (ISO 14067)	GHG Accounting (GHG Protocol   ISO 14064)	Water Footprint (ISO 14046)	Mengapa ini penting?
Mengukur dampak lingkungan secara menyeluruh	✓	✗	✗	✗	Mengukur dampak lingkungan secara menyeluruh
Fokus pada jejak karbon (gas rumah kaca) produk	✓	✓	✓	✗	Penting untuk mitigasi perubahan iklim dan mencapai target <i>net-zero</i>
Menghitung penggunaan air dan dampaknya	✓	✗	✗	✓	Air adalah sumber daya vital, pengelolannya mencegah kelangkaan dan konflik.
Memenuhi regulasi global	✓	✓	✓	✓	Perusahaan bisa menghindari denda dan meningkatkan reputasi.
Membantu konsumen memilih produk ramah lingkungan	✓	✓	✗	✓	Label seperti "karbon rendah" atau "hemat air" mempengaruhi keputusan beli.
Mendorong inovasi desain produk ( <i>eco-design</i> )	✓	✓	✗	✓	Produk lebih tahan lama, mudah didaur ulang, dan minim limbah.
Mengukur dampak dari bahan baku hingga pembuangan	✓	✓	✗	✓	Memastikan keberlanjutan di seluruh rantai pasok, bukan hanya produksi.
Membantu perusahaan menghemat biaya jangka panjang	✓	✓	✓	✓	Efisiensi energi dan bahan baku = pengurangan limbah + penghematan.
Memerlukan data akurat dari pemasok	✓	✓	✓	✓	Kolaborasi dengan pemasok meningkatkan transparansi dan keberlanjutan rantai pasok.
Digunakan untuk pelaporan keberlanjutan (ESG)	✓	✓	✓	✓	Investor semakin memprioritaskan perusahaan dengan kinerja ESG kuat.
Memperbaiki hubungan dengan investor	✓	✓	✓	✓	Perusahaan ESG tinggi dapat pendanaan 2x lebih besar.
Mendukung target <i>Net-Zero</i> 2050	✓	✓	✓	✗	IPCC menyimpulkan perlunya nol bersih CO <sub>2</sub> pada tahun 2050 agar tetap konsisten dengan 1.5 derajat celsius
Meningkatkan reputasi merek	✓	✓	✓	✓	Transparansi kajian akan meningkatkan reputasi merek terutama LCA sebagai parameter penting
Melindungi keanekaragaman hayati ( <i>biodiversity</i> )	✓	✗	✗	✗	L'Oréal gunakan LCA untuk hindari bahan penyebab deforestasi, lindungi 1 juta hektar hutan.
Menilai dampak sosial (upah adil, kesehatan)	✓	✗	✗	✗	Ben & Jerry's gunakan LCA sosial untuk pastikan petani mendapat upah layak.
Mendukung ekonomi sirkular	✓	✓	✓	✓	Menggunakan produk daur ulang menjadi produk baru mengurangi dampak <i>climate change</i> dan konsumsi air yang dihasilkan

# Metodologi Life Cycle Assessment (LCA)

Untuk menstandarisasi metodologi, *the International Organization for Standardization* (ISO) telah menetapkan kerangka kerja untuk pengembangan Life Cycle Assessment (LCA) yang diatur oleh sejumlah standar. Standar ini dirancang untuk memastikan konsistensi dan keandalan dalam pelaksanaan LCA di berbagai bidang. Standar Nasional Indonesia (SNI) mengadopsi ISO sebagai standar metodologi LCA:



## SNI ISO 14040:

### Manajemen Lingkungan

Penilaian daur hidup - Prinsip dan kerangka kerja



## SNI ISO 14044:

### Manajemen Lingkungan

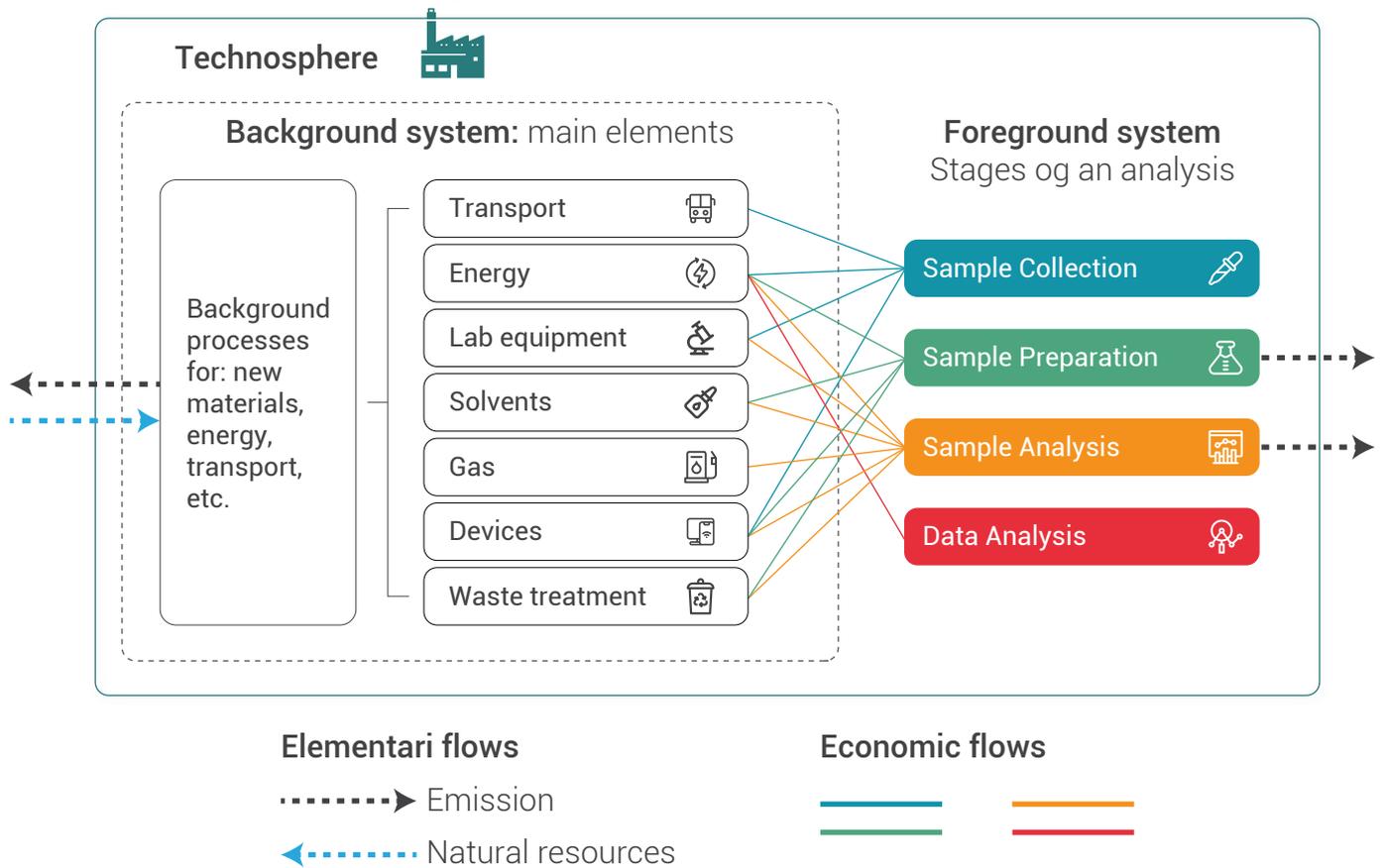
Penilaian daur hidup - Persyaratan dan panduan

Meskipun semua penilaian daur hidup (LCA) memiliki pendekatan holistik, tingkat detailnya dapat bervariasi tergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Hal ini diatur dalam standar ISO 14044, yang menyatakan bahwa ruang lingkup dan kedalaman analisis harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari studi yang dilakukan. Misalnya, LCA yang dilakukan untuk kepentingan internal suatu perusahaan mungkin memerlukan tingkat detail yang berbeda dibandingkan dengan LCA yang ditujukan untuk publikasi atau keputusan kebijakan. Fleksibilitas ini memungkinkan LCA menjadi alat yang efektif untuk berbagai konteks dan tujuan. Dengan demikian, ISO 14044 memastikan bahwa LCA tetap relevan dan dapat diadaptasi sesuai dengan kompleksitas dan prioritas dari setiap studi.

LCA berbasis data sekunder adalah pendekatan yang menerapkan metodologi LCA dengan mempertimbangkan hanya data generik dan mencakup daur hidup secara umum. Analisis ini dilakukan dengan cara menyederhanakan proses, yaitu dengan memfokuskan pada tahapan-tahapan yang dianggap paling penting dalam daur hidup produk atau sistem. Setelah itu, dilakukan evaluasi terhadap keandalan hasil yang diperoleh untuk memastikan validitasnya. Pendekatan ini sering digunakan ketika data primer tidak tersedia atau ketika sumber daya terbatas. Meskipun lebih sederhana, LCA berbasis data sekunder tetap dapat memberikan gambaran awal yang berguna untuk identifikasi tahapan kritis dan potensi dampak lingkungan.

LCA berbasis data primer merupakan tingkat analisis yang paling kompleks. Pendekatan ini melibatkan analisis mendetail terhadap inventarisasi data dan indikator dampak, baik secara kualitatif, maupun kuantitatif. Setiap tahapan dalam daur hidup produk atau sistem diteliti dengan cermat menggunakan data spesifik yang dikumpulkan langsung dari sumbernya. Metode ini memungkinkan hasil yang lebih akurat dan mendalam, sehingga sering digunakan untuk studi yang memerlukan presisi tinggi. Meskipun memakan waktu dan sumber daya yang lebih besar, LCA berbasis data primer memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai dampak lingkungan dari suatu produk atau sistem.

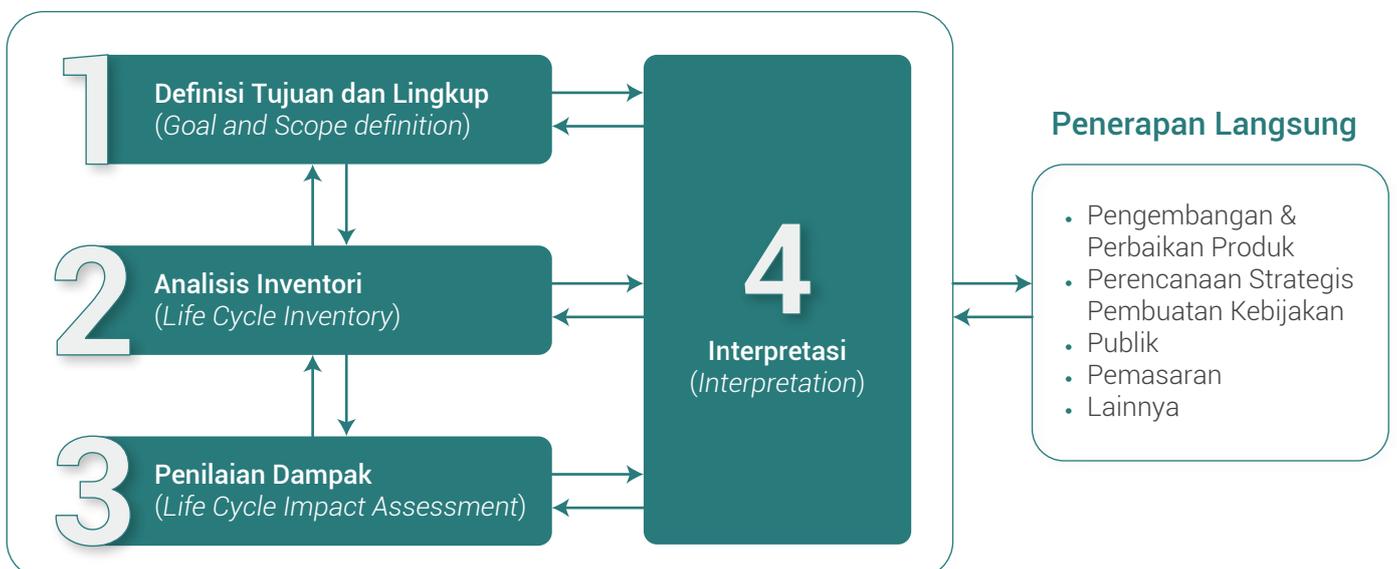
# Ecosphere



Dalam praktiknya, pendekatan LCA tidak bersifat biner, melainkan beroperasi dalam spektrum yang bervariasi dari penggunaan data sekunder, hingga data primer. Tidak ada batasan yang kaku antara data sekunder dan primer, karena setiap LCA dapat menggunakan kombinasi keduanya dengan tingkat yang berbeda-beda, disesuaikan dengan kebutuhan studi.

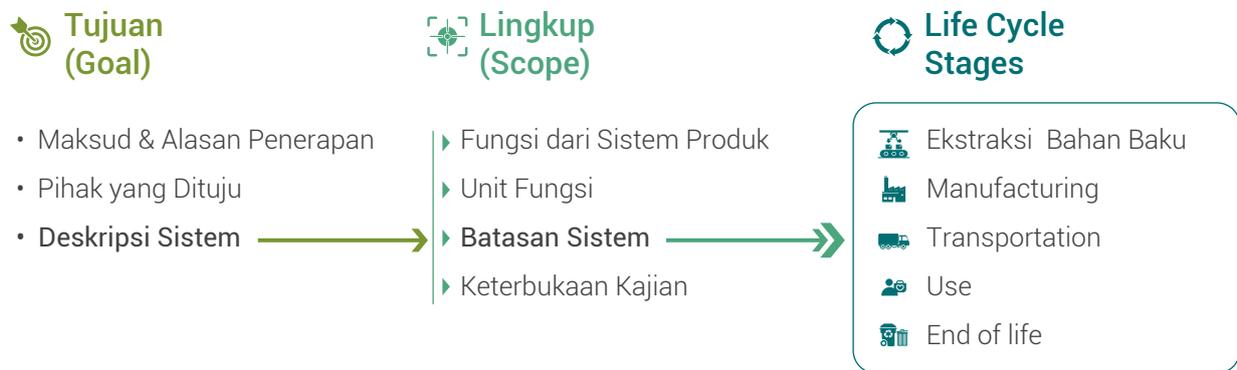
Sesuai dengan SNI ISO 14040 dan 14044, metodologi LCA mengintegrasikan **4 tahapan utama**:

## Kerangka Kerja Life Cycle Assessment (LCA)



# 01 Definisi Tujuan dan Lingkup

(Goal and Scope definition)



Pada tahap awal, studi LCA merumuskan tujuan, pihak yang dituju, dan deskripsi sistem yang akan dianalisis. Hal ini mencakup penjelasan mengenai alasan dilakukannya analisis serta penentuan sistem yang menjadi fokus studi. Selain itu, ruang lingkup studi juga ditetapkan, termasuk kedalaman, cakupan, dan tingkat detail analisis, yang meliputi fungsi sistem, unit fungsional, batasan sistem, tahapan *Life Cycle*, parameter evaluasi, serta sumber dan kualitas data yang digunakan.

Pada fase ini, ruang lingkup ditentukan dengan mempertimbangkan proses dan tahapan sistem yang akan dianalisis, serta kriteria yang digunakan untuk mengambil keputusan. Hal ini dilakukan untuk memastikan keselarasan dengan tujuan *Life Cycle Assessment (LCA)*. Tahapan kuantitatif mencakup berbagai tahap yang membentuk siklus hidup produk, mulai dari awal hingga akhir. Dengan demikian, setiap langkah diuraikan secara rinci untuk memastikan analisis yang komprehensif dan akurat.



## Fungsi dari Sistem Produk

Sebuah sistem dapat memiliki beberapa fungsi, dan satu atau lebih fungsi dipilih untuk dikaji sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup LCA.



## Unit Fungsi (*Functional Unit*)

Unit fungsi mengkuantifikasi fungsi yang diidentifikasi dari produk, berperan sebagai acuan yang menghubungkan masukan dan keluaran untuk memastikan hasil LCA dapat dibandingkan. Hal ini penting saat membandingkan beberapa sistem berbeda agar perbandingan dilakukan dengan basis yang setara.



## Batasan Sistem (*System Boundary*)

Batas sistem ditetapkan untuk menentukan unit proses mana yang harus dimasukkan dalam kajian LCA. Hal ini akan ditentukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti tujuan analisis, asumsi yang diajukan, pengecualian, kualitas data yang diperlukan atau kendala ekonomi.



## Keterbukaan Kajian

Keterbukaan LCA terlihat dari transparansi dalam mengungkapkan metodologi, sumber data, dan batasan yang ada, sehingga memungkinkan evaluasi ulang atau penyempurnaan oleh pihak lain. Kombinasi batasan dan keterbukaan ini menciptakan keseimbangan antara fokus kajian dan akuntabilitas ilmiah.



### Ekstraksi Bahan Baku

Ekstraksi bahan baku adalah tahap awal dalam siklus hidup produk, di mana sumber daya alam dan energi diambil dari lingkungan untuk diolah, termasuk transportasi sebelum produksi.



### Proses Manufaktur

Proses manufaktur dilakukan untuk mengubah bahan baku dan energi menjadi produk yang diinginkan. Dalam praktiknya tahap ini terdiri dari serangkaian sub-tahap dengan produk perantara yang terbentuk di sepanjang proses.



### Distribusi dan Transportasi

Proses pengiriman produk akhir ke pelanggan.



### Use, Reuse, dan Maintenance

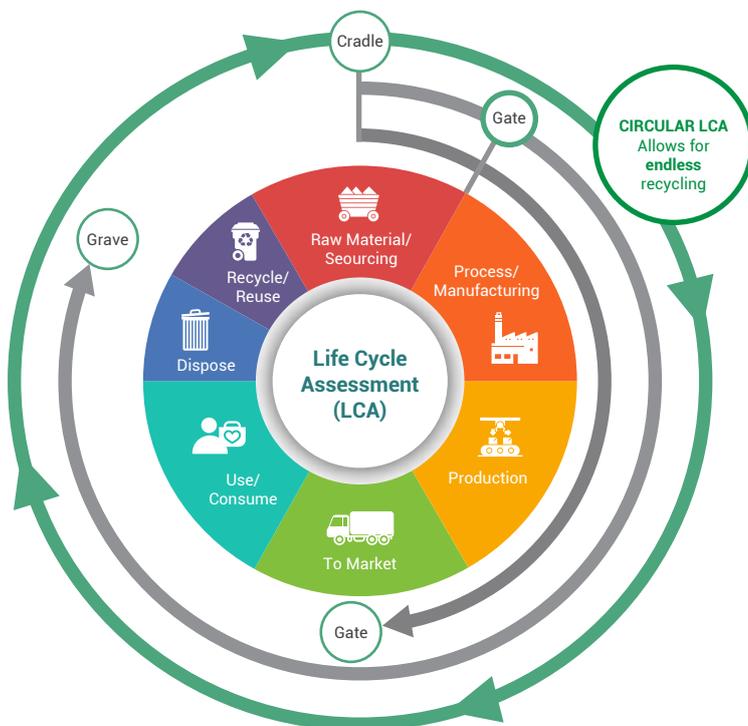
Penggunaan, penggunaan kembali, dan pemeliharaan adalah seluruh aktivitas yang timbul dari penggunaan produk jadi (akhir) sepanjang masa pakainya.



### End of Life

Tahap ini merujuk pada tujuan akhir dan emisi yang dihasilkan ketika suatu produk mencapai akhir masa pakainya dan dikembalikan ke lingkungan sebagai limbah. Proses ini mencakup kegiatan daur ulang dan pengelolaan limbah untuk meminimalkan dampak lingkungan. Dengan demikian, pengelolaan yang tepat pada tahap ini menjadi penting untuk mengurangi beban lingkungan dan mendukung keberlanjutan.

Ruang lingkup tergantung pada tujuan studi, kita dapat memilih antara beberapa batasan sistem saat melakukan kajian LCA. Yang paling umum adalah sebagai berikut:



#### Cradle to Gate

penilaian siklus hidup produk parsial dari ekstraksi sumber daya (*cradle*) ke gerbang pabrik. Fase penggunaan dan fase pembuangan produk dihilangkan dalam penilaian ini.



#### Gate to Gate

penilaian siklus hidup terdiri dari *inputs* dan *outputs* dari proses manufaktur hingga transportasi ke market (konsumen)



### **Cradle to Grave**

Total dari keseluruhan tahapan, termasuk ekstraksi bahan baku, proses manufaktur dari beberapa komponen dan produk, transportasi, penyimpanan, distribusi, pemakaian oleh konsumen, tahap akhirnya apakah produk didaur ulang dan/atau dibuang TPA.



### **Circular LCA (Cradle to Cradle)**

Merupakan jenis penilaian khusus dari *cradle-to-grave* yang mana langkah pembuangan akhir masa pakai untuk produk adalah proses daur ulang kembali ke produk baru. Untuk membuat penilaian ekonomi sirkular pada tingkat produk, semua aspek berbeda yang terkait dengan sirkularitas produk harus diselidiki, termasuk konten daur ulang, tingkat daur ulang, daur ulang intrinsik, hasil selama daur ulang, dan potensi untuk menggantikan sumber daya primer.

Untuk menentukan parameter evaluasi, prosesnya dengan menguraikan kategori dampak yang tercakup dalam studi LCA, melakukan data inventaris untuk setiap dampak, mengidentifikasi indikator yang relevan, dan menguraikan model karakterisasi yang digunakan. Misalnya, satu kategori dampak adalah perubahan iklim, yang mencakup gas rumah kaca (GRK) dan diukur menggunakan indikator kategori CO<sub>2</sub>-eq (*carbon dioxide equivalent*).

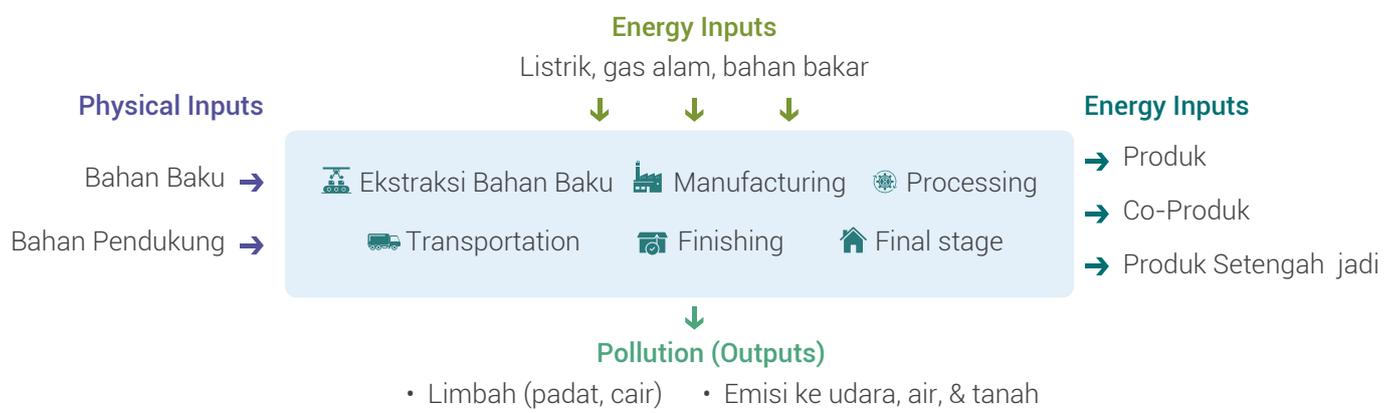
Sumber dan kualitas data ditentukan berdasarkan kriteria berikut:

- **Cakupan Waktu**  
Umur data dan rentang minimum pengumpulan data yang sebaiknya dilakukan
- **Cakupan Geografi**  
penilaian siklus hidup terdiri dari *inputs* dan *outputs* dari proses manufaktur hingga transportasi ke market (konsumen)
- **Presisi**  
Ukuran variabilitas dari nilai data untuk setiap data yang dinyatakan (misalnya, varian).
- **Integritas**  
Klasifikasi sumber data sesuai dengan kondisinya, baik yang diukur maupun diperkirakan.
- **Keterwakilan**  
Penilaian kualitatif sejauh mana data mencerminkan situasi aktual pada tingkat cakupan geografis, periode waktu, dan cakupan teknologi.
- **Konsistensi**  
Penilaian kualitatif apakah metodologi studi diterapkan secara seragam di seluruh analisis.
- **Pendekatan Berulang**  
*Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan pendekatan berulang (iteratif) di mana setiap tahapannya saling terkait dan memanfaatkan hasil dari tahapan lain. Sifat iteratif ini, baik dalam satu tahapan maupun antar-tahapan, memastikan konsistensi dan kedalaman analisis, sehingga menghasilkan kajian dan laporan yang menyeluruh. Proses berulang ini juga memungkinkan penyempurnaan terus-menerus, meningkatkan keandalan dan relevansi temuan LCA.
- **Ketidakpastian Informasi**  
Penilaian kualitatif berdasarkan apakah informasi tersebut berasal dari sumber langsung, tidak langsung, atau asumsi.

# 02 Analisis Inventori

(Life Cycle Inventory)

Tahap analisis inventori daur hidup (*Life Cycle Inventory/LCI*) merupakan tahap krusial dalam *Life Cycle Assessment (LCA)* yang berfokus pada pengumpulan dan kuantifikasi data masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang terkait dengan sistem yang sedang dikaji. Pada tahap ini, data yang dikumpulkan mencakup seluruh aliran material, energi, dan emisi yang terjadi dalam setiap tahap proses, mulai dari ekstraksi bahan baku, produksi, distribusi, penggunaan, hingga pengelolaan limbah. Inventori ini bertujuan untuk menyediakan basis data yang komprehensif dan akurat, yang nantinya akan digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari produk atau sistem yang diteliti. Proses pengumpulan data melibatkan identifikasi sumber daya yang digunakan, seperti bahan baku, air, dan energi, serta emisi yang dihasilkan, seperti gas rumah kaca, limbah padat, atau polutan air.



Kualitas data yang dikumpulkan sangat penting karena akan mempengaruhi keakuratan dan reliabilitas hasil analisis LCA secara keseluruhan. Dengan demikian, tahap LCI tidak hanya memerlukan ketelitian dalam pengumpulan data, tetapi juga transparansi dalam pelaporan untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan dapat diandalkan dan relevan dengan tujuan kajian yang telah ditetapkan. Apabila data primer tidak tersedia, menggunakan data dari pihak internal dan eksternal dapat dipertimbangkan. Terdapat beberapa sumber kumpulan data LCI, seperti *Ecoinvent* yang menjadi salah satu database yang memiliki reputasi dan banyak digunakan oleh berbagai industri.

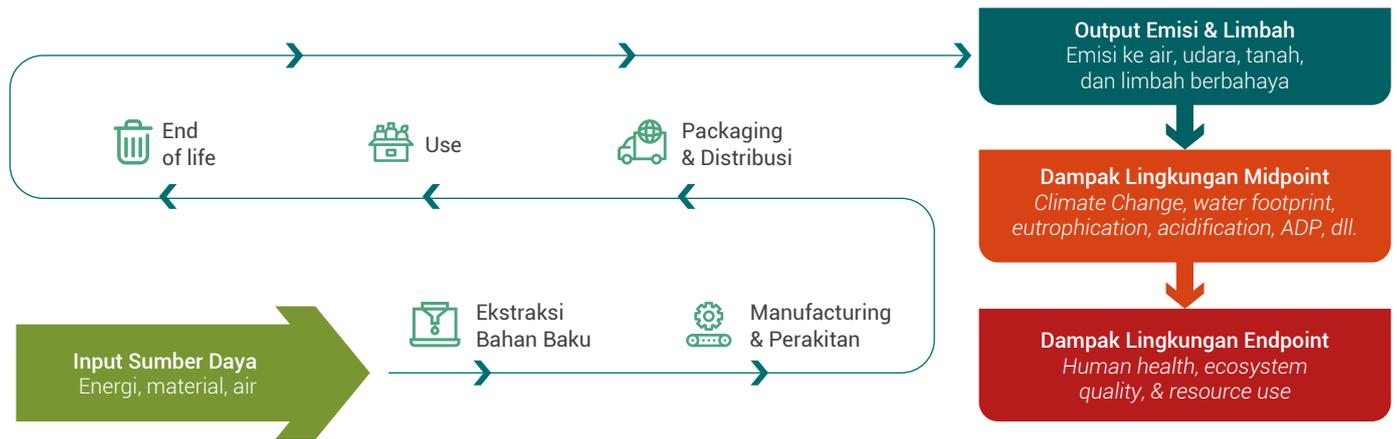
## 2 Tahap Penting Analisis Inventori



# 03 Penilaian Dampak

(Life Cycle Impact Assessment)

Tahap ketiga dalam *Life Cycle Assessment* (LCA), yang dikenal sebagai Penilaian Dampak atau *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), merupakan tahap di mana data inventaris siklus hidup (LCI) yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya diterjemahkan menjadi indikator potensi dampak lingkungan, kesehatan manusia, dan ketersediaan sumber daya alam.



Tujuan utama dari fase *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) dalam *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah untuk mengevaluasi besaran dan relevansi potensi dampak lingkungan dari suatu sistem produk atau proses. Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan dalam tahap *Life Cycle Inventory* (LCI) diubah menjadi indikator dampak lingkungan yang lebih bermakna, sehingga memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kontribusi sistem terhadap masalah lingkungan seperti perubahan iklim, penipisan sumber daya, atau dampak terhadap kesehatan manusia. Untuk memastikan konsistensi dan keandalan dalam pelaksanaan LCIA, SNI ISO 14040 menetapkan sejumlah langkah yang harus diikuti. Langkah-langkah tersebut meliputi:

Inventory Indicator	Impact Category	Damage Category
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O   SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> SDA   Phosphate   NO <sub>x</sub> Land Occupation   Debu Aflatoxin   Water   dll.	Climate Change   Ozone Depletion Acidification   Eutrophication Water Footprint   Human Toxicity Particulate Matter Emissions Abiotic Resource Depletion Photochemical Ozone Formation Land Use Change   Soil Quality Eco-Toxicity   ADP Fossil Fuel	Human Health Resource Depletion Ecosystem Quality
	<b>Mid point</b>	<b>End Point</b>

# 1. Klasifikasi

Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan dalam *Life Cycle Inventory (LCI)*, seperti emisi gas rumah kaca, limbah cair, atau konsumsi energi, **dikelompokkan** ke dalam **kategori dampak lingkungan** yang relevan. Kategori dampak ini mencerminkan masalah lingkungan tertentu, seperti pemanasan global, penipisan lapisan ozon, eutrofikasi, toksisitas manusia, atau penurunan keanekaragaman hayati. Tujuan utama dari klasifikasi adalah untuk mengorganisir data LCI ke dalam kelompok-kelompok yang memiliki dampak lingkungan serupa, sehingga memudahkan proses analisis lebih lanjut.

Misalnya, emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) akan diklasifikasikan ke dalam kategori pemanasan global karena keduanya berkontribusi terhadap perubahan iklim. Sementara itu, limbah nitrogen atau fosfor akan dikelompokkan ke dalam kategori eutrofikasi karena dapat menyebabkan pertumbuhan alga berlebihan di perairan. Proses klasifikasi ini memerlukan pemahaman mendalam tentang bagaimana setiap jenis emisi atau penggunaan sumber daya memengaruhi lingkungan. Dengan mengelompokkan data secara sistematis, klasifikasi membantu memastikan bahwa setiap dampak lingkungan dapat diidentifikasi dan dianalisis dengan tepat, sehingga memberikan dasar yang kuat untuk langkah selanjutnya, yaitu karakterisasi. Tanpa klasifikasi yang akurat, analisis dampak lingkungan tidak akan terstruktur dan sulit untuk diinterpretasikan secara efektif.

Beberapa metode mendefinisikan profil lingkungan dengan mengukur "*midpoint*" dari kategori dampak yang berbeda, metode lain menganalisis "*endpoint*" akhir dari efek terhadap lingkungan. Seringkali kategori dampak *midpoint* dihitung, dan kemudian kesimpulan umum ditarik mengenai kategori dampak *endpoint*.



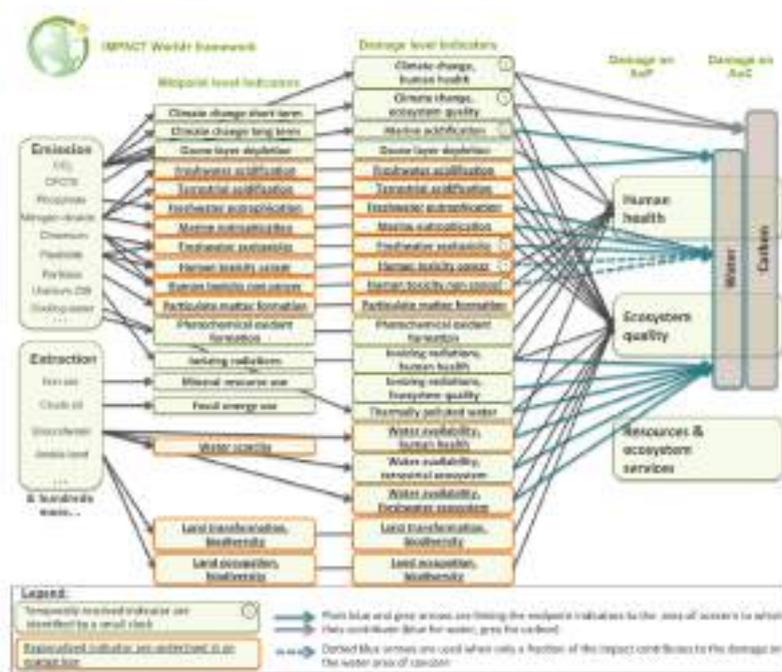
**Midpoint:** merujuk pada evaluasi dampak lingkungan pada tahap menengah dalam rantai sebab-akibat, yang lebih dekat dengan sumber intervensi manusia seperti emisi atau penggunaan sumber daya. Pendekatan ini menggunakan model perhitungan spesifik untuk mengkuantifikasi dampak dalam kategori seperti perubahan iklim, penggunaan air, eutrofikasi, dan penipisan sumber daya abiotik, menjadikannya salah satu metode paling umum dalam LCA karena hasilnya yang stabil dan terukur. Dengan fokus pada dampak menengah, pendekatan midpoint memungkinkan identifikasi area kritis dalam siklus hidup suatu produk atau sistem, sehingga memudahkan pengambilan keputusan untuk mengurangi dampak lingkungan secara efektif.



**Endpoint:** mengevaluasi dampak lingkungan pada tahap akhir, yang langsung mempengaruhi kesehatan manusia, ekosistem, dan ketersediaan sumber daya alam. Pendekatan ini mengukur konsekuensi jangka panjang, seperti peningkatan penyakit, hilangnya keanekaragaman hayati, atau penipisan sumber daya, meskipun dengan tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan *midpoint*. Meski kompleks, *endpoint* memberikan gambaran holistik tentang dampak akhir, melengkapi analisis *midpoint* untuk pemahaman yang lebih menyeluruh.

## 2. Karakterisasi

Karakterisasi dalam *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) adalah tahap di mana setiap aliran dasar dari inventaris siklus hidup (LCI) dikaitkan dengan kategori dampak lingkungan yang relevan dan diubah menjadi unit indikator yang setara. Proses ini melibatkan perkalian setiap zat dengan faktor karakterisasi yang sesuai, yang membandingkan dampak zat tersebut terhadap zat referensi dalam kategori yang sama, seperti mengubah emisi gas rumah kaca menjadi ekuivalen CO<sub>2</sub> untuk kategori perubahan iklim. Namun, fase ini sering kali kontroversial karena tidak ada model tunggal yang diterima secara global untuk menilai dampak lingkungan, sehingga faktor karakterisasi dapat bervariasi tergantung pada metode atau pendekatan yang digunakan. Perbedaan ini dapat mempengaruhi hasil dan interpretasi LCA, menimbulkan tantangan dalam memastikan konsistensi dan komparabilitas antar studi. Meskipun demikian, karakterisasi tetap menjadi langkah penting untuk mengidentifikasi dan membandingkan kontribusi relatif dari berbagai zat terhadap dampak lingkungan.



Sumber: impactworldplus.org

**Enthalphy** merekomendasikan untuk mengikuti regulasi global dan regulasi nasional apabila memungkinkan. Jasa kajian LCA Enthalphy mendefinisikan metode perhitungan dampaknya berdasarkan rekomendasi dari *Life Cycle Impact Assessment EF (Environmental Footprint 3.1)*, yang selaras dengan panduan terbaru dari *European Commission* untuk penyusunan EPD (*Environmental Product Declaration*). Enthalphy dalam kajian LCA juga mengikuti regulasi nasional berdasarkan *Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA) untuk aktivitas penyusunan Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER)*.

## 3. Standarisasi, Pengelompokan, dan Pembobotan

### Standarisasi

Mengonversi hasil karakterisasi ke unit global netral dengan membaginya menggunakan faktor normalisasi, yang mewakili kontribusi relatif setiap kategori dampak terhadap total dampak lingkungan. Langkah ini memungkinkan perbandingan yang lebih adil antar kategori, seperti membandingkan dampak lingkungan suatu produk dengan baseline global atau regional. Meski bermanfaat, standarisasi bergantung pada data dan metodologi yang konsisten, yang dapat bervariasi antar studi.

## Pengelompokan

Proses mengklasifikasikan kategori dampak ke dalam kelompok yang lebih luas berdasarkan kesamaan efek atau tema lingkungan. Misalnya, kategori seperti perubahan iklim, penipisan ozon, dan toksisitas manusia dapat dikelompokkan ke dalam tema "Dampak terhadap Atmosfer" atau "Dampak terhadap Kesehatan Manusia". Tujuan pengelompokan adalah untuk menyederhanakan interpretasi hasil LCIA dengan mengorganisir kategori dampak yang kompleks ke dalam kelompok yang lebih mudah dipahami. Langkah ini membantu pemangku kepentingan dalam mengidentifikasi area fokus utama dan memprioritaskan tindakan perbaikan. Meskipun tidak mengubah nilai dampak, pengelompokan memberikan struktur yang lebih jelas untuk komunikasi hasil analisis lingkungan.

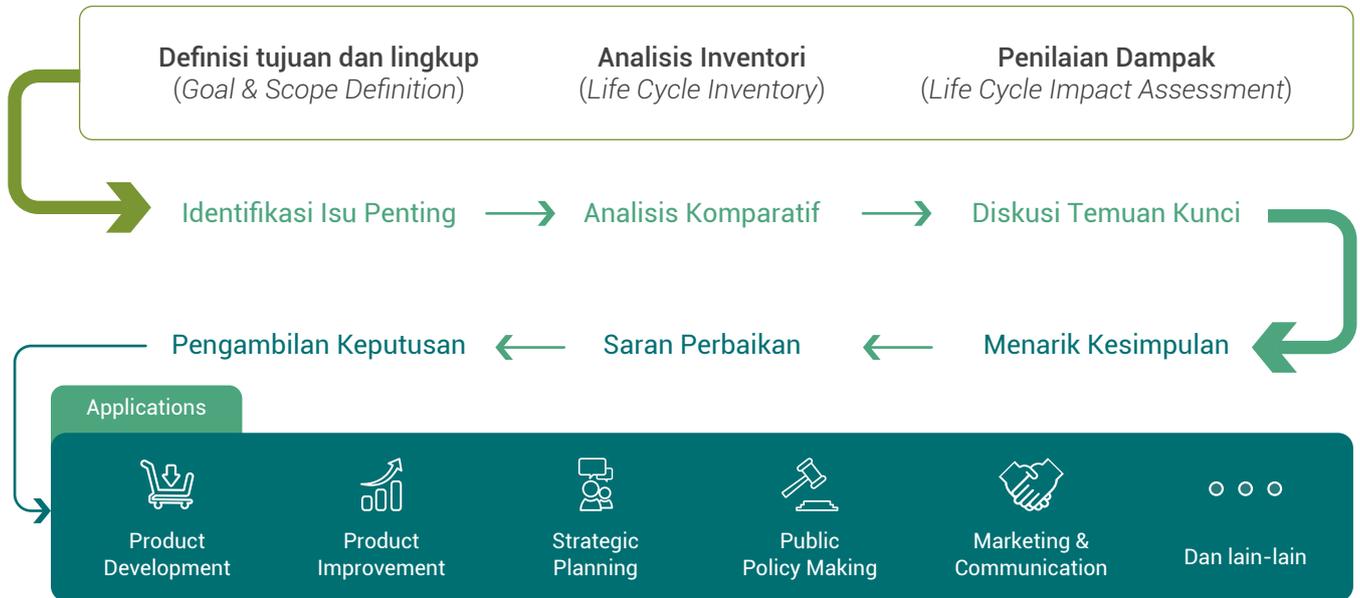
## Pembobotan

Langkah opsional di mana nilai dampak yang telah dinormalisasi (jika ada) dikalikan dengan faktor pembobotan untuk mencerminkan kepentingan relatif setiap kategori dampak. Faktor pembobotan ini ditentukan berdasarkan prioritas atau nilai-nilai tertentu, seperti preferensi stakeholder, kebijakan lingkungan, atau kriteria keberlanjutan. Setelah pembobotan, hasil dari setiap kategori dampak dijumlahkan untuk menghasilkan skor total tunggal, yang memberikan gambaran menyeluruh tentang dampak lingkungan dari sistem yang dikaji. Meskipun berguna untuk pengambilan keputusan yang lebih sederhana, pembobotan sering kali subjektif dan dapat bervariasi tergantung pada konteks dan perspektif yang digunakan, sehingga hasilnya perlu diinterpretasikan dengan hati-hati.

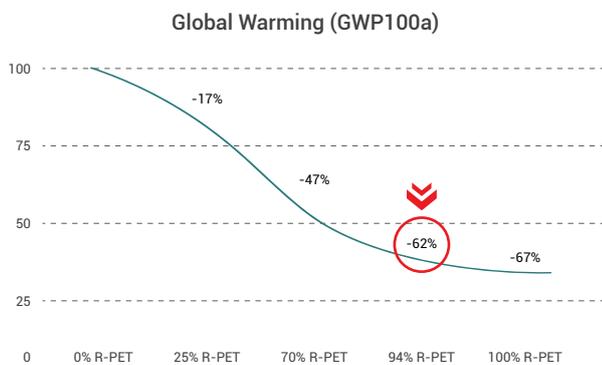
## 4. Interpretasi

Tahap keempat dan terakhir dalam *Life Cycle Assessment* (LCA), fokus dalam menganalisis dan mengkontekstualisasikan hasil dari tahap-tahap sebelumnya, sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup yang telah ditetapkan. Pada tahap ini, temuan-temuan kunci diidentifikasi, seperti unit proses yang memberikan dampak lingkungan paling signifikan dan area potensial untuk perbaikan, dengan tetap mempertimbangkan ketidakpastian dan keterbatasan dalam data.

Apabila studi melakukan perbandingan dua produk atau lebih, tahap ini membantu menentukan mana yang memiliki kinerja lingkungan lebih baik, memberikan dasar yang jelas untuk pengambilan keputusan. Tahap interpretasi diakhiri dengan menarik kesimpulan, memberikan rekomendasi, dan memandu tindakan yang selaras dengan tujuan awal LCA, memastikan bahwa hasilnya bermakna dan dapat ditindaklanjuti oleh para pemangku kepentingan.



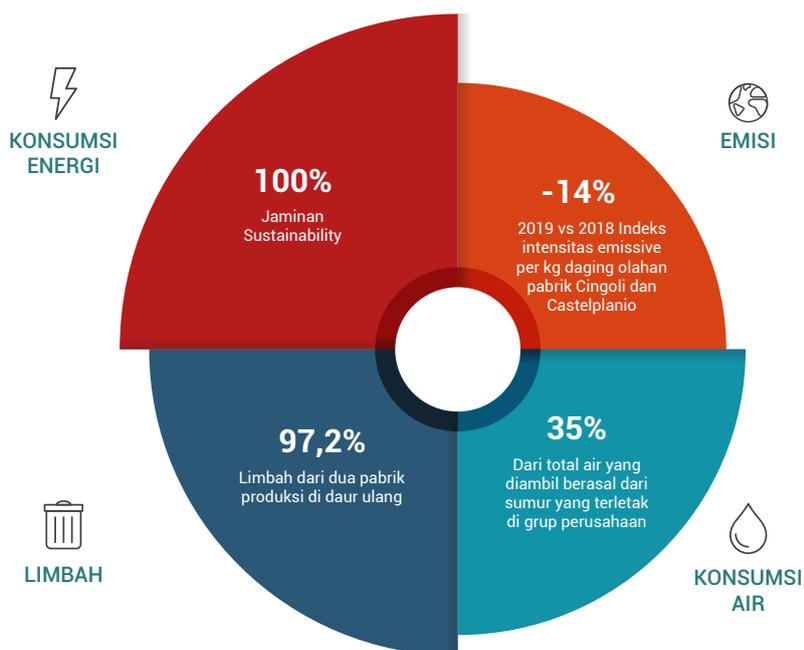
### Contoh



### Recycled PET Content dari Perusahaan

Seiring bertambahnya kandungan bahan baku daur ulang, ada peningkatan yang baik keseluruhan dalam semua kategori dampak lingkungan. Kategori dampak GWP berkurang sebesar 62% dengan menggunakan 94% PET daur ulang, berdasarkan data produksi rata-rata untuk tahun 2018, dibandingkan dengan hanya menggunakan Virgin PET.

Sumber: EPD Report INFIA, 2020



Sumber: EPD Report Fileni, 2021

# Tantangan Kajian LCA di Era Modern untuk Perusahaan

## Bagaimana memastikan keakuratan data LCA ketika rantai pasok (*supply chain*) perusahaan sangat kompleks dan global?

"Kompleksitas rantai pasok (*supply chain*) global memerlukan kolaborasi dengan pemasok untuk transparansi data. Solusinya termasuk menggunakan database terstandar (misal, *Ecoinvent*), teknologi blockchain untuk pelacakan, atau metode proxy untuk mengisi data yang hilang. Audit pihak ketiga dan penggunaan alat digital juga membantu meningkatkan akurasi."

## Apakah perubahan pasar yang cepat (misal, inovasi produk) mempengaruhi validitas hasil LCA?

"Siklus hidup produk yang semakin pendek mengharuskan LCA dilakukan secara dinamis. Perusahaan perlu mengadopsi pendekatan modular LCA yang memungkinkan pembaruan data berkala dan analisis sensitivitas untuk memprediksi dampak perubahan desain atau bahan."

## Bagaimana teknologi digital (IoT, AI, Big Data) memengaruhi kajian LCA di era Industry 4.0?

"Teknologi digital memperkaya data real-time (misal, energi dari sensor IoT) dan meningkatkan presisi analisis. AI dapat mengidentifikasi pola dampak lingkungan, sementara *Big Data* memfasilitasi pemodelan kompleks. Tantangannya adalah integrasi sistem dan keamanan data."

## Apakah LCA konvensional masih relevan untuk mendukung ekonomi sirkular?

"LCA konvensional (*cradle-to-grave*) perlu diadaptasi ke pendekatan *cradle-to-cradle* yang menekankan daur ulang dan penggunaan ulang. Perlu memasukkan indikator seperti material *circularity indicator* dan analisis aliran material sekunder."

## Bisakah aspek sosial (S-LCA) diintegrasikan dalam LCA konvensional?

"Ya, Social-LCA (S-LCA) semakin diminati untuk menilai dampak sosial seperti hak pekerja atau komunitas lokal. Namun, tantangannya adalah kurangnya data terkuantifikasi dan standar yang jelas. Solusinya adalah menggunakan panduan UNEP atau *framework social hotspot database*."

## Mengapa Scope 3 Emissions sulit dikelola dalam LCA?

"Scope 3 mencakup emisi tidak langsung (misal, logistik, penggunaan produk) yang sering di luar kendali perusahaan. Strateginya adalah melibatkan pemasok dalam inisiatif dekarbonisasi, menggunakan standar *GHG Protocol*, dan fokus pada aktivitas bernilai emisi tertinggi."

### Bagaimana perusahaan menghadapi regulasi lingkungan yang berbeda-beda di tiap negara?

"Konsultan LCA membantu perusahaan memetakan regulasi (misal, EU Taxonomy, CSRD, atau standar Asia) dan merancang studi yang memenuhi multi-yurisdiksi. Penting untuk fokus pada prinsip umum seperti emisi karbon, biodiversitas, dan ekonomi sirkular. Sebagai pionir dalam konsultasi sustainability, Enthalphy menyusun kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan berpedoman pada regulasi dan standar global paling ketat, termasuk *Product Category Rules* (PCR) yang diakui secara internasional. Komitmen kami terhadap presisi metodologis dan transparansi memastikan setiap analisis LCA tidak hanya memenuhi persyaratan teknis untuk *Environmental Product Declaration* (EPD), tetapi juga membangun fondasi ilmiah yang tak terbantahkan untuk klaim lingkungan perusahaan. Dengan mengintegrasikan database mutakhir, prinsip ISO 14040/44, dan kriteria spesifik industri, hasil kajian LCA yang kami rancang menjadi *benchmark* kredibilitas, memungkinkan perusahaan mengeluarkan EPD yang diverifikasi secara independen. EPD ini tidak sekadar dokumen deklaratif, melainkan alat strategis yang membedakan merek di pasar global, meningkatkan kepercayaan konsumen, membuka akses ke pasar berkelanjutan (seperti Uni Eropa dan Amerika Utara), serta memperkuat posisi tawar dalam rantai pasok hijau. Dalam era di mana *green premium* menjadi pembeda kompetitif, kolaborasi dengan Enthalphy adalah investasi untuk mentransformasi data LCA menjadi nilai tambah bisnis yang konkret—mendorong penjualan, memenuhi regulasi ESG, dan membangun legasi perusahaan sebagai pemimpin *sustainability* yang diakui dunia."

### Bagaimana menghindari tuduhan *greenwashing* saat menggunakan hasil LCA untuk klaim pemasaran?

"Pastikan transparansi metodologi, batasan studi, dan verifikasi oleh pihak independen (misal, sertifikasi EPD). Hindari klaim berlebihan dan sertakan konteks lengkap (misal, "30% lebih rendah emisi, dibandingkan produk X pada kondisi Y")."

### Apa tantangan khusus LCA untuk UMKM dibanding perusahaan besar?

"UMKM sering terkendala sumber daya (anggaran, SDM, akses ke database). Solusinya adalah menggunakan alat LCA sederhana (misal, openLCA), kolaborasi dengan lembaga riset, atau memfokuskan analisis pada tahap produksi yang paling berdampak."

### Apa strategi komunikasi hasil LCA yang efektif untuk UMKM?

"Visualisasi data (grafik, infografis) dan penyederhanaan pesan kunci (misal, "jejak karbon produk") sangat penting. Gunakan platform digital interaktif atau laporan sesuai kebutuhan stakeholder (investor, konsumen, regulator)."



**Kemasan dapat didaur Ulang**  
 PET diklasifikasikan pada kode daur ulang 1, dapat didaur ulang dan harus dikirim ke sistem pengumpulan terpisah menyesuaikan dengan regulasi setempat tergantung pada fasilitas yang ada.

**Product certification**  
 Objek produk dari kajian ini sesuai dengan standar *British Retail Consortium* (BRC) untuk pengemasan terkait keamanan, legalitas, dan kualitas produk.

**Global Warming Potential (GWP 100a)**

Komposisi bahan baku daur ulang dominan digunakan, ada peningkatan yang baik dalam semua kategori dampak lingkungan dikaji. Kategori dampak GWP berkurang sebesar 62% dengan menggunakan 94% PET daur ulang, berdasarkan data produksi rata-rata untuk tahun 2018, dibandingkan hanya menggunakan virgin PET sebagai bahan baku.



Sumber: EPD Report INFIA, 2020

**HSHE**  
 Perusahaan memiliki sertifikasi OHSAS 18001 untuk manajemen kesehatan dan keamanan di lingkungan kerja.

# Contoh Studi Kasus

## 1. Definisi Tujuan dan Lingkup

*(Goal and Scope definition)*

**Functional Unit/declared unit (unit fungsi)**

Per one mailer (per satu pengiriman surat)

**Referensi Masa Pakai**

Sekali pakai

**Kapasitas**

Max 2.3 kg untuk semua ukuran mailer

**Compression and destacking values:**

Nilai kompresi dan penumpukan yang diwajibkan oleh PCR acuan tidak ditampilkan karena dianggap tidak relevan oleh pasar/pelanggan untuk mendefinisikan fungsi produk yang menjadi subjek EPD ini.

**Volume:**

Curby MailerHD #2: 0.0028 m3

**Cakupan Waktu:**

Data primer untuk listrik dan tingkat memo di fasilitas produksi IPG dan komposisi material dan informasi pemasok mulai tahun 2021.

**Database(s) dan Software LCA digunakan:**

GaBi LCA Software version 8.0  
Sphera database 2021, US LCI Database 2021

**Excluded lifecycle stages: Downstream Module**

- **Transport to Forming or Filling (Module Not Declared, MND)**  
Produk dijual tanpa isi kepada konsumen akhir dan dikirim ke distributor dari fasilitas manufaktur
- **Packaging Forming (Module Not Declared, MND)**  
Produk terbentuk selama manufacture
- **Transport to Reconditioning (Module Not Declared, MND)**  
Produk sekali pakai
- **Reconditioning (Module Not Declared, MND)**  
Produk sekali pakai
- **Transport to Re-Filling Point (Module Not Declared, MND)**  
Produk sekali pakai

**Cakupan Geografi**

Amerika Utara

**UN CPC Code**

UN CPC 3215

**Nama Produk**

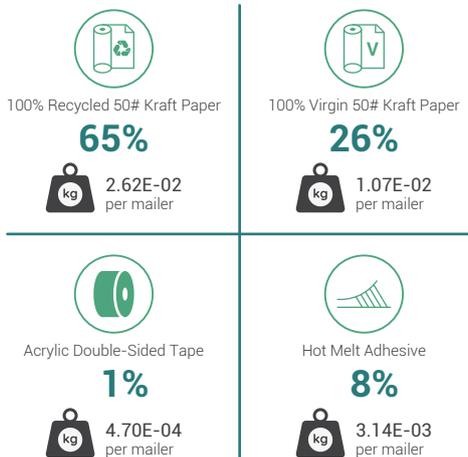
Curby Mailer

## 2. Analisis Inventori

(Life Cycle Inventory)

Tahap *Life Cycle Inventory* (LCI), proses mengumpulkan data pada semua *input* dan *output* di berbagai tahap siklus hidup produk. LCI termasuk Analisis Komposisi, proses menganalisis data menggunakan perangkat lunak seperti (GaBi, SimaPro, dan openLCA) dan basis data *Ecoinvent* atau *Sphera*, ditambah dengan data primer dari pengukuran.

**Produk**



**Packaging**

Distribution/Consumer packaging:  
Berat dari Corrugated cardboard box 9.45E-03 kg per mailer.

**Environmental / hazardous properties**

N/A

### 3. Analisis Dampak (Life Cycle Impact Assessment)

Tahap Analisis Dampak, menghitung dan melaporkan kategori dampak yang diterima secara luas sesuai dengan metodologi Deklarasi Produk Lingkungan (EPD).

PARAMETER	Unit	Upstream	Core	Downstream	TOTAL	
Global warming potential (GWP)	Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	4.97E-02	1.57E-02	1.02E-02	7.56E-02
	Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	3.54E-02	9.71E-05	3.11E-03	3.86E-02
	Land use and land transformation	kg CO <sub>2</sub> eq.	1.23E-05	5.43E-07	3.77E-08	1.29E-05
	TOTAL GWP	kg CO <sub>2</sub> eq.	8.51E-02	1.58E-02	1.33E-02	1.14E-01
Acidification potential (AP)	kg CO <sub>2</sub> eq.	1.52E-04	7.41E-05	4.88E-05	2.75E-04	
Eutrophication potential (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	5.98E-05	1.33E-05	1.16E-05	8.47E-05	
Photochemical oxidant formation potential (POFP)	kg NMVOC eq.	1.24E-06	8.88E-06	7.50E-06	1.76E-05	
Abiotic depletion potential – Elements	kg Sb eq.	8.64E-08	3.07E-10	1.84E-10	8.68E-08	
Abiotic depletion potential – Fossil resources	MJ, net calorific value	7.47E-01	1.98E-01	9.86E-02	1.04E+00	
Water scarcity potential	m <sup>3</sup> eq.	6.86E-04	3.64E-06	1.28E-06	6.91E-04	

### 4. Interpretasi (Interpretation)



Sumber: EPD Report CURBY, 2022



# Layanan Konsultasi LCA yang Kami Tawarkan

## *Life Cycle Assessment (LCA) Menjamin Solusi Sustainability*

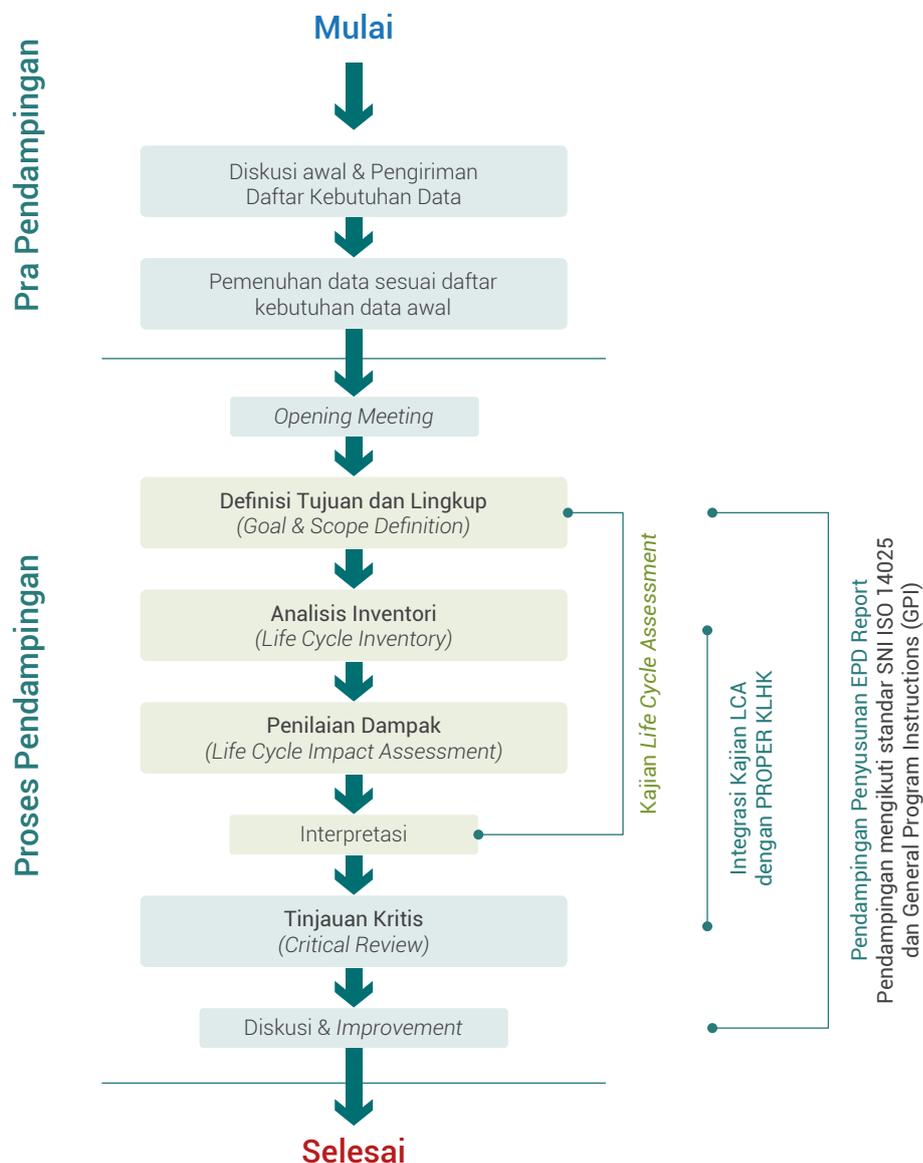
Seiring dengan terbitnya Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen KLHK) nomor 1 tahun 2021 yang mewajibkan perusahaan melakukan kajian *Life Cycle Assessment (LCA)* untuk aktivitas PROPER (Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan), kesadaran akan urgensi analisis siklus hidup kini menjadi kunci tidak hanya untuk memenuhi regulasi, tetapi juga membangun operasi yang berkelanjutan dan kompetitif. **Enthalphy** sebagai mitra strategis, layanan konsultasi LCA kami hadir untuk membantu perusahaan tidak sekadar compliance, namun mengubah kewajiban ini menjadi peluang inovasi—mengoptimalkan efisiensi sumber daya, memperkuat citra hijau, dan memenangkan kepercayaan pemangku kepentingan di tengah gelombang transisi menuju ekonomi rendah karbon.



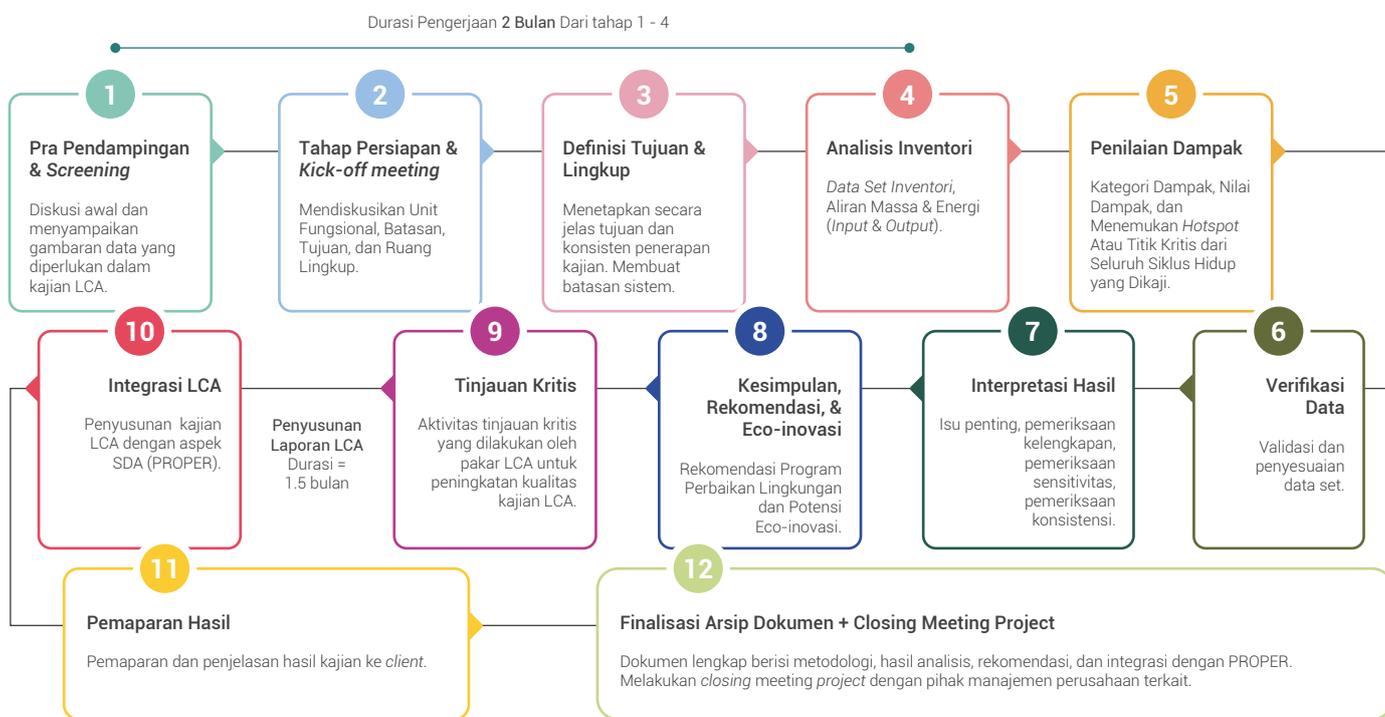
## Roadmap Layanan Konsultasi LCA yang Kami Tawarkan

Kami merancang roadmap implementasi *Life Cycle Assessment (LCA)* yang terstruktur dan adaptif, dimulai dari **pemetaan kebutuhan regulasi** (seperti PROPER dan Permen KLHK) hingga **integrasi LCA ke dalam strategi bisnis jangka panjang**.

Fase pertama melibatkan asesmen awal untuk mengidentifikasi lingkup produk/jasa, rantai pasok kritis, dan kesenjangan data sesuai standar ISO 14040/44. Selanjutnya, tim ahli kami melakukan pengumpulan dan validasi data berbasis teknologi IoT serta database global (*Ecoinvent*, *GaBi*) untuk memastikan akurasi inventarisasi emisi, energi, dan material. Pada fase analisis, kami mengolah data dengan alat simulasi (*SimaPro/OpenLCA*) untuk memetakan *hotspot* lingkungan (karbon, air, limbah) dan menyusun rekomendasi teknis—mulai dari substitusi bahan baku hingga desain kemasan sirkular. Tahap strategis difokuskan pada penerapan solusi yang selaras dengan tujuan bisnis, seperti **penyusunan *Environmental Product Declaration (EPD)*** untuk klaim hijau yang terverifikasi, pelatihan internal tim *sustainability*, serta integrasi LCA ke dalam sistem pelaporan ESG. Roadmap ini diakhiri dengan monitoring berkala berbasis platform digital untuk memastikan dampak berkelanjutan, termasuk pembaruan data adaptif terhadap perubahan regulasi dan permintaan pasar. Dengan pendekatan ini, perusahaan tidak hanya memenuhi kewajiban PROPER, tetapi juga membangun fondasi kuat untuk transisi menuju operasi berkelanjutan yang meningkatkan daya saing, efisiensi biaya, dan loyalitas merek di era ekonomi hijau.



# Mekanisme Pekerjaan Layanan Life Cycle Assessment (LCA)



## What Next?

### Mekanisme Penyusunan & Verifikasi *Environmental Product Declaration* (EPD)



#### Publikasi Dokumen EPD

Dokumen EPD dipublikasi di platform relevan seperti EPD Southeast Asia dan *International EPD System*

# Output Pekerjaan Layanan LCA

## What Do You Get?

### Dokumen Laporan Kajian LCA



Kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) yang disusun oleh jasa konsultasi LCA dari Enthalphy mengacu pada standar internasional ISO 14040 dan 14044, yang menjamin metodologi yang sistematis dan transparan dalam mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk atau layanan sepanjang siklus hidupnya. Dokumen ini mencakup empat tahap utama: *goal and scope definition* (Definisi tujuan dan lingkup), *life cycle inventory analysis* (analisis inventori), *life cycle impact assessment* (penilaian dampak), dan *interpretation* (interpretasi hasil). Proses ini melibatkan pengumpulan data terkait konsumsi energi, emisi, limbah, dan penggunaan sumber daya alam (SDA) untuk menilai dampak lingkungan seperti pemanasan global, eutrofikasi, atau penipisan sumber daya. Dokumen kajian LCA ini menjadi dasar ilmiah bagi perusahaan dalam mengambil keputusan berkelanjutan dan memenuhi regulasi lingkungan, seperti PROPER KLHK.

### Dokumen Laporan *Executive Summary*



Laporan Eksekutif merupakan ringkasan komprehensif dari hasil kajian LCA yang dirancang untuk pemangku kepentingan non-teknis, seperti manajemen perusahaan atau regulator. Dokumen ini menyajikan poin-poin kunci seperti tujuan kajian, metodologi singkat, temuan utama (*hotspot*), dan rekomendasi strategis untuk mengurangi dampak lingkungan. Data SDA yang digunakan dalam analisis, seperti penggunaan air, mineral, atau energi fosil, ditampilkan secara visual melalui grafik atau tabel untuk memudahkan pemahaman. Laporan ini juga menyoroti kontribusi hasil LCA terhadap peningkatan peringkat PROPER KLHK, dengan menekankan upaya perusahaan dalam efisiensi sumber daya dan pengurangan emisi.

### Dokumen Laporan Tinjauan Kritis



Laporan Tinjauan Kritis merupakan evaluasi independen oleh panel ahli eksternal untuk memvalidasi kesesuaian kajian LCA dengan prinsip ISO 14040/44. Dokumen ini mengulas aspek metodologi, ketepatan data, konsistensi interpretasi, serta kecukupan kesimpulan. Hasil tinjauan mencakup rekomendasi perbaikan, seperti penyesuaian batasan sistem atau peningkatan akurasi data inventaris. Laporan ini menjadi bukti objektif bahwa kajian LCA telah memenuhi standar ilmiah dan siap diintegrasikan ke dalam kebijakan perusahaan atau pelaporan PROPER KLHK, yang mensyaratkan transparansi dan akuntabilitas data lingkungan.

## Dokumen Laporan Integrasi LCA



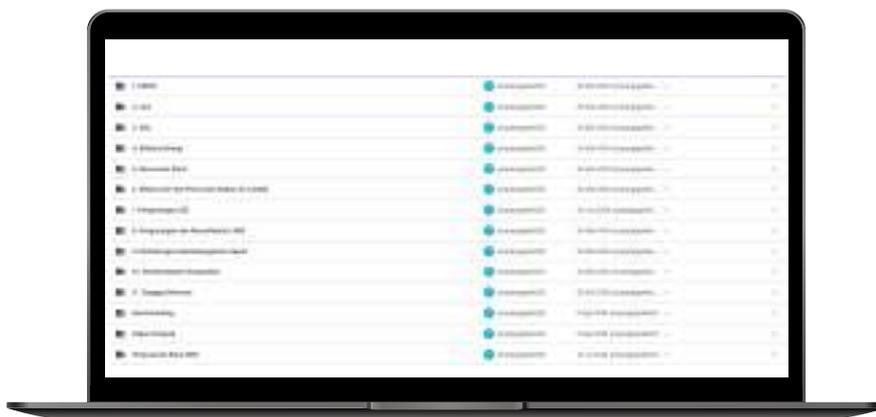
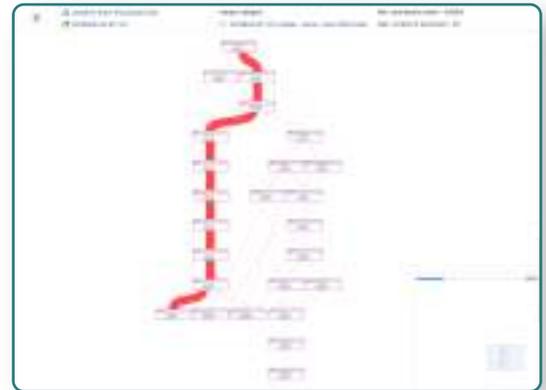
Laporan Integrasi LCA disusun khusus untuk memenuhi kriteria Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER) KLHK, yang mengukur kinerja lingkungan perusahaan di Indonesia. Dokumen ini menghubungkan temuan kajian LCA dengan indikator PROPER, seperti pengelolaan limbah, emisi gas rumah kaca, dan efisiensi SDA. Analisis mencakup perbandingan data kinerja perusahaan dengan *benchmark* sektor industri, serta rekomendasi spesifik untuk meningkatkan peringkat PROPER (dari Hijau ke Emas). Contoh integrasi termasuk penggunaan hasil LCA untuk merancang strategi *circular economy*, substitusi bahan baku, atau adopsi teknologi rendah karbon. Laporan ini juga menyertakan rencana aksi dan indikator pemantauan untuk memastikan implementasi rekomendasi secara berkelanjutan.

## Working Sheet Kajian Life Cycle Assessment (LCA)



*Working Sheet* LCA adalah alat kolaboratif berbasis cloud yang memungkinkan kami Enthalphy dan klien mengupdate progres analisis secara *real-time*. Dokumen ini memudahkan pemantauan tahapan pekerjaan (pengumpulan data SDA, inventarisasi emisi, interpretasi), berbagi informasi instan, serta pemberian masukan langsung oleh klien melalui kolom progres, komentar dinamis, dan notifikasi otomatis. *Fitur version control* mencegah duplikasi data, sementara visualisasi interaktif menyederhanakan pemahaman hasil analisis. Dengan akses transparan dan terpusat, lembar kerja mempercepat penyelesaian LCA, meminimalkan kesalahan komunikasi, dan memastikan dokumentasi akurat sesuai standar ISO 14040/44 atau kriteria PROPER KLHK.





## Our LCA Study Portfolio

2022

### PT ANTAM Tbk UBPP Logam Mulia

PT ANTAM Tbk UBPP Logam Mulia merupakan unit bisnis pengolahan dan pemurnian logam mulia (emas, perak, platina) di bawah PT ANTAM Tbk. Kajian LCA dilakukan dengan lingkup *Cradle to Grave*, mencakup seluruh tahapan mulai dari penambangan bijih (*domestic mining*), peleburan (*smelting*), ekstraksi emas-perak (*chlorination, silver leach*), pemurnian elektrolisis, hingga produksi produk akhir (*casting*) dan manajemen limbah. Proses utama meliputi *granulation, electrolysis-Au/Ag*, dan pengelolaan limbah produksi. Output pekerjaan berupa Laporan Kajian LCA dan Laporan Integrasi LCA untuk memastikan kepatuhan terhadap standar lingkungan dan efisiensi sumber daya.



### PT Mitra Stania Prima - Smelter

Perusahaan ini mengolah bijih timah menjadi ingot timah di Pulau Bangka. Kajian LCA berfokus pada lingkup *Cradle to Gate*, mengevaluasi proses *upstream* (penambangan bijih, *overburden removal*, pengolahan bijih) dan *core* (peleburan, pemurnian, daur ulang dross). Tahapan kritis seperti jig primer, meja goyang, dan *dross recycle* dianalisis untuk mengurangi dampak lingkungan. *Output* mencakup Laporan Kajian LCA, *Executive Summary*, Tinjauan Kritis, dan Integrasi LCA.



### PT Mitra Stania Prima - Tambang

Klien ini mengelola konsesi tambang timah di Mapur, Bangka, dengan area 233,5 Ha. Kajian LCA *Cradle to Gate* menitikberatkan pada aktivitas penambangan (*land clearing, soil removal, trucking*) dan pengolahan bijih (*grizzly screen, sluice box*). Proses pemurnian timah hingga menjadi ingot dan manajemen limbah tambang menjadi fokus utama. *Output* pekerjaan meliputi empat dokumen standar LCA untuk mendukung kinerja lingkungan sesuai kriteria PROPER KLHK.



### PT PLN Indonesia Power UPKD Bukittinggi Unit PLTA Maninjau

Unit pembangkit listrik tenaga air (PLTA) ini berlokasi di Sumatera Barat. Kajian LCA *Cradle to Grave* mencakup proses *upstream* (ekstraksi material pembangkit, produksi listrik jaringan), *core* (operasi DAM, turbin, generator), dan *downstream* (distribusi listrik, pengelolaan limbah B3/Non-B3). Proses kritis seperti pengolahan limbah aki dan *wastewater treatment* menjadi fokus utama. *Output* pekerjaan berupa empat laporan LCA untuk memastikan keberlanjutan operasional.



### PT PLN Indonesia Power Pusat - PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel)

Kajian LCA untuk PLTD berfokus pada analisis *Cradle to Grave* dengan lingkup mulai dari produksi bahan bakar (HSD/B35), ekstraksi pelumas, hingga distribusi listrik dan pengelolaan limbah. Proses *upstream* mencakup produksi biosolar, pelumas, dan material pendukung seperti filter mesin. Tahap *core* melibatkan operasi mesin diesel, sistem pengolahan air (RWRO), tangki bahan bakar, serta pengelolaan limbah B3 (oli bekas, majun terkontaminasi). Pada *downstream*, LCA mengevaluasi distribusi listrik ke jaringan transmisi dan penanganan limbah (B3 dan Non-B3) ke pihak ketiga. Tantangan utama adalah emisi gas buang dan manajemen limbah cair, yang diatasi melalui rekomendasi efisiensi bahan bakar dan teknologi *waste treatment*.



### PT PLN Indonesia Power Pusat - PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas)

Untuk PLTG, kajian LCA mencakup produksi bahan bakar gas (HSD), transportasi, hingga operasi pembangkit. Proses *upstream* meliputi ekstraksi minyak mentah, produksi HSD, dan bahan pendukung operasional. Tahap *core* melibatkan turbin gas, sistem kontrol governor, generator, serta instalasi pengolahan air limbah (*liquid waste separator*). Pada *downstream*, analisis difokuskan pada distribusi listrik dan pengelolaan limbah hasil operasi, seperti oli bekas dan air terkontaminasi. Poin kritis meliputi emisi CO<sub>2</sub> dari pembakaran gas dan konsumsi air, yang diantisipasi melalui optimasi *combustion efficiency* dan daur ulang air proses.



## PT PLN Indonesia Power Pusat -PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap)



PLTU dianalisis dengan pendekatan *Cradle to Grave*, dimulai dari penambangan batubara, produksi HSD, hingga pembuangan abu terbang (*fly ash*). Proses *upstream* termasuk ekstraksi batubara, produksi bahan bakar, dan transportasi material. Tahap *core* meliputi operasi boiler, turbin uap, sistem pengumpul abu (*electric precipitator*), dan pengolahan air limbah. Pada *downstream*, LCA menilai dampak distribusi listrik serta penanganan limbah B3 (abu, *sludge*) dan Non-B3. Isu utama adalah emisi partikulat dan gas rumah kaca, yang diminimalkan melalui teknologi scrubber dan substitusi batubara dengan bahan bakar ramah lingkungan.



PT ANTAM Tbk  
UBPP Logam Mulia



PT Mitra Stania Prima - Smelter (2023)



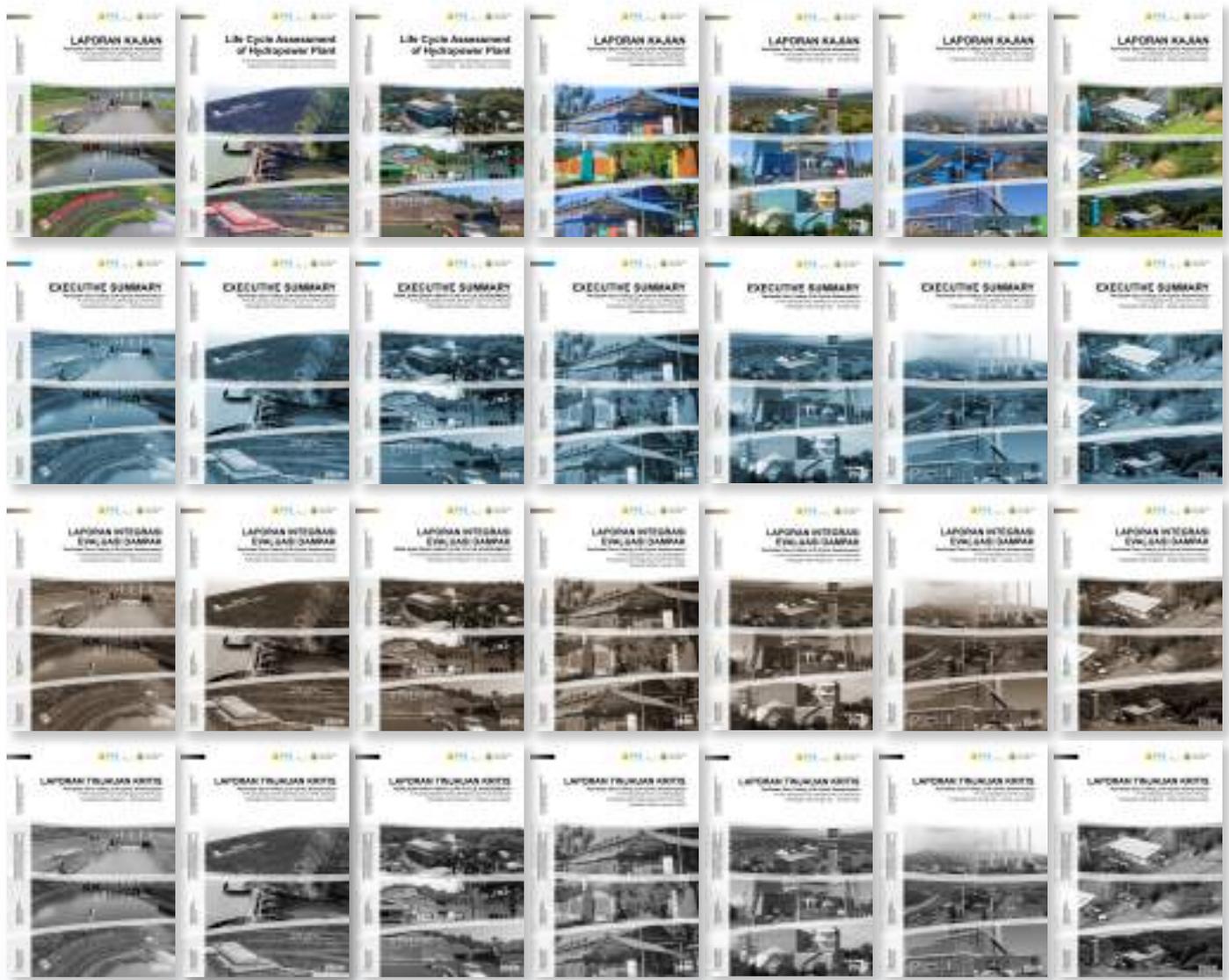
PT Mitra Stania Prima - Smelter (2024)



PT Mitra Stania Prima - Tambang



PT PLN Indonesia Power UDK Bukitinggi  
Unit PLTA Maninjau



## 7 Unit Pembangkit di PT PLN Indonesia Power

# References

- BCome. (2024). Everything you need to know about Life Cycle Assessment (LCA) in fashion
- Carbonminds. (2024). Carbon Footprints and LCA Data: Embracing New Trends With Enhanced Data for Chemical Value Chains.
- Environmental Product Declaration. (2021). Fileni Organic Chicken Breast
- Environmental Product Declaration. (2020). INFIA: Punnets for berries
- Environmental Product Declaration. (2020). Ipg: Curby Mailer
- HYUNDAI. (2024). Road to Sustainability
- IKEA. (2022). IKEA Climate Report
- Instagrid. (2024). Life Cycle Assessment of Portable Power Supplies
- International Standard ISO 14025 (2006). Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures
- OECD. (2025). Measuring Carbon Footprints of Agri-Food Products
- OECD. (2025). The Carbon Footprint of Everything
- Shell. (2023). Shell Lubricants supports new API document for Life Cycle Assessment
- Standar Nasional Indonesia ISO 14027 (2017). Label lingkungan dan deklarasi – Pengembangan aturan kategori produk
- Standar Nasional Indonesia ISO 14040 (2016). Manajemen Lingkungan Penilaian Daur Hidup (Prinsip dan Kerangka Kerja).
- Standar Nasional Indonesia ISO 14044 (2017). Manajemen Lingkungan Penilaian Daur Hidup (Persyaratan dan Panduan)
- Standar Nasional Indonesia ISO 14046 (2014). Manajemen lingkungan — Jejak air ( Prinsip, persyaratan dan panduan)
- Standar Nasional Indonesia ISO 14064 (2018). Gas rumah kaca - Bagian 1: Spesifikasi dengan panduan pada tingkat organisasi untuk kuantifikasi dan pelaporan emisi dan serapan gas rumah kaca
- Trivium Packaging. (2020). Building on Life Cycle Assessments to Holistically Measure Packaging Sustainability
- Yordas Group. (2023). A Beginner's Guide to Life Cycle Assessment

# Resource

- Ecoinvent
- Environmental Footprint (EF)
- European Platform on LCA
- IMPACT World+
- KLHK: Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA)
- openLCA Nexus

# Conclusion “

Dalam era di mana keberlanjutan menjadi pilar utama daya saing bisnis dan kepatuhan regulasi, *Life Cycle Assessment* (LCA) muncul sebagai alat kritis untuk mengukur, mengelola, dan mengkomunikasikan dampak lingkungan secara holistik. Sebagai mitra strategis, Enthalphy menghadirkan layanan konsultan LCA yang tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga menjembatani kesenjangan antara ambisi keberlanjutan perusahaan dengan tuntutan pasar global dan regulasi lokal.

## Poin Kunci Keunggulan Jasa Kajian LCA bersama Enthalphy

### Integrasi Holistik

Enthalphy menggabungkan pendekatan LCA berbasis standar ISO 14040/44 dengan persyaratan PROPER KLHK dan *Environmental Product Declaration* (EPD) ISO 14025, memastikan klien mencapai kepatuhan regulasi sekaligus akses pasar global. Hasil LCA tidak hanya menjadi kajian saja, tetapi menjadi dasar untuk meraih peringkat Hijau/Emas PROPER dan sertifikasi EPD yang diakui internasional.

### Metodologi Terstruktur dan Transparan

Dari tahap pengumpulan data primer hingga verifikasi pihak ketiga, Enthalphy menjalankan proses yang sistematis. Pemetaan LCA menggunakan *software* seperti OpenLCA, identifikasi *hotspot* dan rekomendasi berbasis ekonomi sirkular, dan kolaborasi data dengan pemasok untuk rantai pasok yang akurat.

### Nilai Tambah Bisnis

Efisiensi Operasional: Pengurangan biaya energi dan material melalui analisis *hotspot*. Reputasi Global: EPD meningkatkan kepercayaan konsumen dan membuka pintu pasar Eropa. Kepatuhan Regulasi: Integrasi data LCA ke laporan PROPER meminimalkan risiko sanksi dan meningkatkan citra di mata pemerintah.

### Dukungan End-to-End

Enthalphy tidak hanya menyediakan analisis, tetapi juga pendampingan komprehensif: Penyusunan *roadmap* keberlanjutan berbasis LCA. Pelatihan tim internal untuk kapasitas jangka panjang. Verifikasi EPD melalui jaringan lembaga sertifikasi terpercaya (misal: EPD International).

Optimalkan strategi keberlanjutan Anda dengan analisis siklus hidup yang akurat dan terpercaya!



Scan Here



[www.enthalphy.com](http://www.enthalphy.com)

Jl. Monjali No. 145, Kutu Duku, Sinduadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55284

+62 821 6174 1128

[contact@enthalphy.com](mailto:contact@enthalphy.com)