



Analisis *Life Cycle Cost* dan Strategi Optimasi Biaya pada Industri Susu: Studi Kasus Kemasan Botol HDPE vs Karton Aseptik

Regina Zahrawani Aurela^{1*}, Indra Firmansyah¹, Drupadi Ciptaningtyas¹,
Ira Nurhayati Djarot²

¹ Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat, Indonesia

² Pusat Riset Sistem Produksi Berkelanjutan dan Penilaian Daur Hidup, Badan Riset dan Inovasi Nasional, KST B.J Habibie, Jl. Raya Serpong, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

*Email korespondensi: regina21001@mail.unpad.ac.id

Diterima:
23 Juli 2025

Dipresentasikan:
26 Juli 2025

Terbit:
18 September 2025

ABSTRAK

Industri pengolahan susu menghadapi tantangan untuk menekan biaya produksi sekaligus menjaga keberlanjutan proses. Salah satu masalah utama adalah tingginya struktur biaya pada produksi susu cair dalam kemasan botol HDPE dan karton aseptik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur biaya dan mengidentifikasi *hotspot* pengeluaran menggunakan pendekatan *Life Cycle Cost* (LCC), serta merumuskan strategi efisiensi yang dapat diterapkan. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif melalui studi kasus pada industri pengolahan susu di Bandung. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara terstruktur, dan pengukuran terhadap konsumsi material dan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemasan karton aseptik lebih efisien secara biaya dibandingkan botol HDPE, terutama karena volume produksi yang lebih besar dan distribusi biaya tetap yang lebih merata. Dua *hotspot* biaya utama ditemukan, yaitu konsumsi energi pada proses pasteurisasi dan *losses* bahan baku pada tahap pengisian dan pengemasan. Penerapan sistem *waste heat recovery* dan peningkatan efisiensi pengisian diusulkan sebagai strategi perbaikan. Penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan LCC dapat digunakan sebagai dasar untuk optimalisasi biaya produksi sekaligus mendukung keberlanjutan industri. Studi lanjutan disarankan untuk menggabungkan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) guna menganalisis dampak lingkungan secara lebih komprehensif.

Kata Kunci : *Life Cycle Cost* (LCC), kemasan botol HDPE, kemasan karton aseptik, efisiensi biaya, industri pengolahan susu

PENDAHULUAN

Permasalahan gizi seperti stunting masih menjadi tantangan serius di Indonesia. Pemerintah menargetkan peningkatan konsumsi susu sebagai bagian dari strategi nasional untuk menurunkan prevalensi stunting menjadi 14,2% pada tahun 2029 (Dewi & Tjenreng, 2025). Peningkatan konsumsi ini mendorong industri pengolahan susu untuk memperluas kapasitas produksi secara efisien agar produk tetap terjangkau oleh masyarakat (PDSIP, 2022). Salah satu produk yang banyak diminati adalah susu dalam kemasan UHT karena daya simpannya



yang panjang (BPOM, 2016; Ohkubo dkk., 2019).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji dampak lingkungan dari produksi susu menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk menilai emisi karbon, konsumsi energi, dan efisiensi sumber daya (Carvalho dkk., 2022; Chen dkk., 2022). Namun, kajian biaya yang komprehensif menggunakan *Life Cycle Cost* (LCC) pada industri susu di Indonesia masih jarang dilakukan. Padahal, analisis LCC dapat menjadi alat penting dalam mendukung pengambilan keputusan biaya produksi yang berkelanjutan (Degieter dkk., 2022; Vu dkk., 2021).

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab kebutuhan tersebut, dengan fokus pada analisis biaya daur hidup produk susu kemasan botol HDPE dan karton aseptik. Penelitian bertujuan mengidentifikasi struktur biaya, menemukan *hotspot* biaya terbesar, serta mengevaluasi dampak variabel ekonomi makro terhadap biaya produksi. Hasilnya diharapkan membantu perusahaan meningkatkan efisiensi biaya produksi sekaligus mendukung target konsumsi susu nasional dan keberlanjutan industri susu Indonesia (Jati, 2022; Thoriq dkk., 2023).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain studi kasus pada sebuah industri pengolahan susu berskala menengah di wilayah Bandung, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Juni 2025. Sampel dalam penelitian ini berupa data primer yang diperoleh dari proses produksi dua varian susu olahan, yaitu susu pH netral dalam kemasan karton aseptik dan susu pH asam dalam kemasan botol HDPE. Data dikumpulkan melalui studi lapangan yang mencakup observasi, pengukuran, serta wawancara langsung dengan pihak manajemen berdasarkan pedoman wawancara terstruktur.

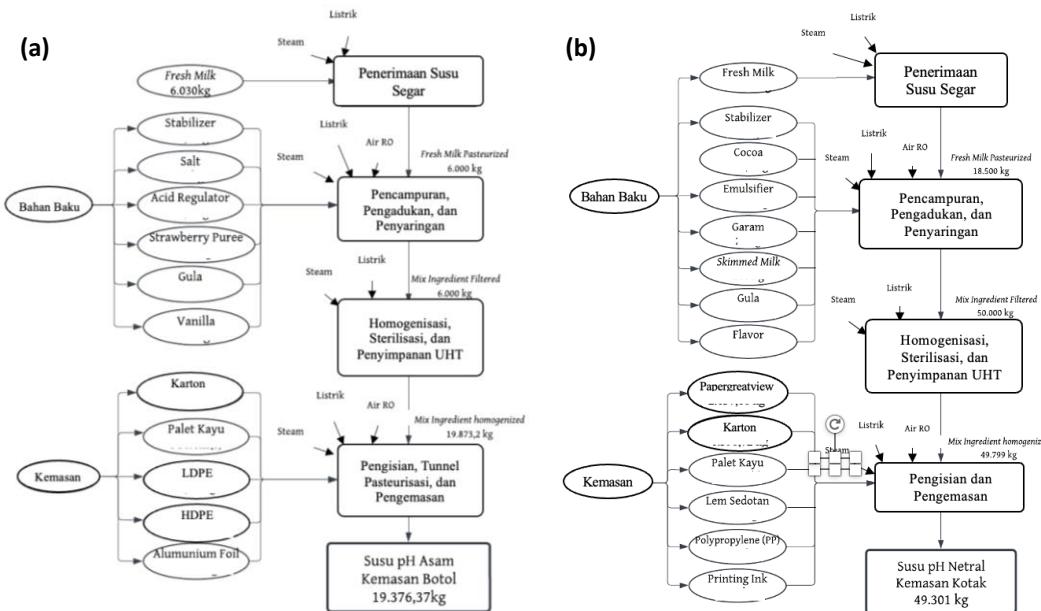
Prosedur pengumpulan data diawali dengan penentuan tujuan dan ruang lingkup analisis, dengan batasan sistem *gate-to-gate* mulai dari penerimaan bahan baku hingga produk siap didistribusikan. *Functional unit* (FU) yang digunakan adalah 1 kg produk susu olahan. Tahap selanjutnya adalah inventarisasi daur hidup (*Life Cycle Inventory/LCI*) dengan mengorganisir seluruh *input* dan *output* selama proses produksi berlangsung. Data keuangan dikategorikan menjadi biaya tetap, seperti biaya investasi awal dan penyusutan, dan biaya tidak tetap, yang meliputi biaya energi, bahan baku, perawatan, dan operasional. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel (versi 2205) untuk perhitungan biaya dan analisis kelayakan finansial, serta OpenLCA (versi 2.2.0) untuk analisis LCC. Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi *hotspot* biaya sebagai dasar rekomendasi efisiensi biaya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Inventarisasi Daur Hidup (LCI)

Analisis LCI mengidentifikasi dan mengukur seluruh *input* dan *output* yang terkait dengan proses produksi susu kemasan botol HDPE dan kemasan karton aseptik. Data dalam penelitian ini diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu biaya

tidak tetap mencakup *operating cost* dan *utility cost* dan biaya tetap terdiri dari *initial cost* dan *maintenance cost* yang kemudian dihitung penyusutannya. *Input* produksi divisualisasikan dalam bentuk diagram pada Gambar 1.



Gambar 1. *Input* Produksi Susu (a) Kemasan Botol HDPE
(b) Kemasan Karton Aseptik

Proses produksi susu kemasan botol HDPE didominasi oleh steam karena proses produksi susu ini berisi susu asam melalui proses sterilisasi dan pasteurisasi memerlukan kontrol suhu sangat ketat agar mikroba asam laktat bekerja optimal dan susu steril (Ohkubo dkk., 2019). Sedangkan produksi susu kemasan karton aseptik menunjukkan bahwa kebutuhan Air RO merupakan komponen *input* terbesar karena produk susu kemasan karton aseptik memproduksi susu rasa coklat, di mana formulasi produk memerlukan bahan baku kering seperti coklat bubuk dan susu skim.

Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)

Hasil total pengeluaran tahunan untuk keempat tahapan produksi susu kemasan botol HDPE sebesar Rp4.720.208.552, biaya tetap menyumbang 46,41% dari total biaya dan biaya tidak tetap 53,59%. Sedangkan kemasan karton aseptik memiliki pengeluaran sebesar Rp84.271.018.704, biaya tetap hanya menyumbang hanya 3,63% dari total biaya, sedangkan biaya tidak tetap mendominasi hingga 96,37%.

Tabel 1. Hasil LCC Kemasan Botol HDPE dan Kemasan Karton Aseptik

No	Tahapan Produksi	Kemasan Botol HDPE		Kemasan Karton Aseptik	
		Biaya Tetap per Tahun (Rp)	Biaya Tidak Tetap per Tahun (Rp)	Biaya Tetap per Tahun (Rp)	Biaya Tidak Tetap per Tahun (Rp)
1	Penerimaan Susu Segar	5,45%	12,79%	0,31%	42,43%

2	Pencampuran, Pengadukan, dan Penyaringan	2,22%	11,15%	0,13%	44,24%
3	Sterilisasi, dan Penyimpanan UHT	25,58%	3,28%	1,85%	3,78%
4	Pengisian, Pasteurisasi Tunnel, dan Pengemasan	13,16%	26,37%	1,34%	5,93%
	Total	46,41%	53,59%	3,63%	96,37%

Rendahnya volume produksi botol HDPE, yaitu sekitar 968.819 kg dalam lima tahun, dibandingkan dengan kemasan karton aseptik yang mencapai 49,7 juta kg, menyebabkan biaya rata-rata per unit kemasan botol HDPE jauh lebih tinggi. Hal ini berdampak pada proporsi biaya tetap yang besar pada botol HDPE, yaitu 46,41%, dibandingkan hanya 3,63% pada karton aseptik. Menurut teori skala ekonomi, kondisi ini mengakibatkan biaya pada produksi kemasan botol HDPE tidak terdistribusi secara efisien sehingga mendorong biaya produksi per unit lebih tinggi (Villalobos & Martínez, 2018).

Interpretasi Hasil

Tahapan Homogenisasi, Sterilisasi, dan Penyimpanan UHT tercatat memberikan kontribusi terbesar terhadap total biaya produksi kemasan botol HDPE, yaitu sebesar 25,79%, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Komponen dominan pada tahap ini adalah Steam pada tahapan Pengisian, Tunnel Pasteurisasi, dan Pengemasan, yang tergolong dalam kategori biaya tidak tetap dan menyumbang 18,66% dari total biaya. Temuan ini mengindikasikan penggunaan steam merupakan salah satu sumber pengeluaran terbesar dalam proses produksi susu kemasan botol HDPE.

Tabel 3. Kontribusi Hotspot Biaya Kemasan Botol HDPE

No	Tahapan Produksi	Proporsi Total Biaya (%)	Komponen Dominan	Kategori Biaya	Proporsi Komponen (%)
1	Penerimaan Susu Segar	16,85%	Susu Segar	Biaya Tidak Tetap	11,37%
2	Pencampuran, Pengadukan, dan Penyaringan	12,15%	Mesin UHT Nanhua	Biaya Tetap	7,23%

Tabel 3. Kontribusi Hotspot Biaya Kemasan Botol HDPE (lanjutan)

No	Tahapan Produksi	Proporsi Total Biaya (%)	Komponen Dominan	Kategori Biaya	Proporsi Komponen (%)
3	Homogenisasi, Sterilisasi, dan Penyimpanan UHT	25,79%	Mesin Homogenizer TetraPak	Biaya Tetap	16,95%
4	Pengisian, Tunnel	20,87%	Mesin Filling Bottle	Biaya Tetap	9,29%



5	Steam	24,34%	Pasteurisasi, dan Pengemasan Steam Pengisian, Tunnel Pasteurisasi, dan Pengemasan	Biaya Tidak Tetap	18,66%
---	-------	--------	---	----------------------	--------

Salah satu strategi optimasi biaya energi yang realistik untuk diterapkan adalah pemanfaatan sistem *waste heat recovery*, khususnya melalui pemasangan economizer pada lini produksi susu kemasan botol HDPE. Teknologi ini memanfaatkan panas dari gas buang untuk memanaskan air umpan sebelum masuk ke boiler, sehingga kebutuhan energi untuk menghasilkan uap dapat ditekan. Studi oleh Jouhara dkk. (2018) menunjukkan bahwa sistem ini mampu menurunkan konsumsi energi hingga 8%, sehingga penerapan economizer berpotensi menghemat biaya hingga Rp7.044.235 per siklus produksi. Efisiensi ini tidak hanya menurunkan konsumsi bahan bakar, tetapi juga memperkuat keberlanjutan energi dalam proses pasteurisasi.

Pada kemasan karton aseptik, Pencampuran, Pengadukan, dan Penyaringan tercatat memberikan kontribusi terbesar terhadap total biaya produksi kemasan karton aseptik, yakni sebesar 42,48%, disusul oleh tahap Penerimaan Susu Segar sebesar 39,39% sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4. Hal ini menunjukkan bahwa proses pencampuran dan penerimaan bahan baku utama menjadi titik krusial dalam pengendalian biaya produksi. Komponen dominan pada kemasan karton aseptik adalah susu segar yang tergolong biaya tidak tetap dengan kontribusi 39,14%.

Tabel 4. Kontribusi Hotspot Biaya Kemasan Karton Aseptik

No	Tahapan Produksi	Proporsi Total Biaya (%)	Komponen Dominan	Kategori Biaya	Proporsi Komponen (%)
1	Penerimaan Susu Segar	39,49%	Susu Segar	Biaya Tidak Tetap	39,14%
2	Pencampuran, Pengadukan, dan Penyaringan	42,48%	Gula	Biaya Tidak Tetap	16,40%
3	Homogenisasi, Sterilisasi, dan Penyimpanan UHT	1,99%	Listrik	Biaya Tidak Tetap	0,14%

Tabel 4. Kontribusi Hotspot Biaya Kemasan Karton Aseptik (lanjutan)

No	Tahapan Produksi	Proporsi Total Biaya (%)	Komponen Dominan	Kategori Biaya	Proporsi Komponen (%)
4	Pengisian dan Pengemasan	7,01%	Palet Kayu	Biaya Tidak Tetap	1,90%
5	Steam	9,04%	Steam Homogenisasi, Sterilisasi, dan Penyimpanan UHT	Biaya Tidak Tetap	3,63%



Strategi optimasi biaya produksi yang dapat diterapkan untuk kemasan karton aseptik adalah pengurangan *losses* melalui optimalisasi proses pengisian dan pengemasan pada lini produksi susu kemasan karton aseptik. Proses ini berperan langsung dalam menentukan *yield* produk akhir dan penggunaan bahan baku secara efisien. Studi oleh Irawati dkk. (2019) menunjukkan bahwa akurasi pengisian, kalibrasi mesin, dan pelatihan operator memiliki pengaruh signifikan terhadap pengendalian *losses*. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari total *input* sebesar 52.173 kg, hanya 49.301 kg yang menjadi *output* akhir, sehingga total *losses* mencapai 2.872 kg atau 5,5%. Jika *losses* dapat ditekan menjadi 3%, maka *output* ideal yang dapat dicapai adalah 50.608,81 kg. Dengan demikian, terdapat potensi tambahan *output* sebesar 1.307,81 kg sehingga potensi penghematan yang dapat diperoleh hingga Rp10.339.440 per siklus produksi. Efisiensi ini tidak hanya menurunkan biaya bahan baku utama, tetapi juga mendukung pengurangan dampak lingkungan dari limbah cair dan padat akibat *losses* selama proses pengemasan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan *Life Cycle Cost* (LCC) mampu memberikan gambaran menyeluruh terhadap struktur biaya pada industri pengolahan susu, khususnya dalam membandingkan kemasan botol HDPE dan karton aseptik. Kemasan botol HDPE memiliki biaya produksi lebih tinggi karena volume produksinya lebih rendah, sehingga biaya tetap tidak terdistribusi secara optimal. Sebaliknya, kemasan karton aseptik menunjukkan efisiensi biaya yang lebih baik dan tingkat kelayakan finansial yang lebih tinggi.

Hotspot biaya pada masing-masing jenis kemasan berbeda dan memerlukan strategi optimasi yang spesifik. Untuk kemasan botol HDPE, efisiensi energi melalui sistem *waste heat recovery* menjadi solusi potensial. Sementara itu, pengurangan *losses* pada proses pengisian dan pengemasan merupakan strategi yang relevan untuk kemasan karton aseptik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengelolaan biaya secara strategis dan berbasis data guna meningkatkan efisiensi produksi dan keberlanjutan industri pengolahan susu. Pendekatan LCC dapat menjadi alat pengambilan keputusan yang tepat dalam merumuskan strategi pengurangan biaya sekaligus mendukung praktik produksi yang ramah lingkungan.

DAFTAR RUJUKAN

- BPOM. (2016). Peraturan Kepala BPOM Republik Indonesia. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Carvalho, L. S., Willers, C. D., Soares, B. B., Nogueira, A. R., de Almeida Neto, J. A., & Rodrigues, L. B. (2022). Environmental life cycle assessment of cow milk in a conventional semi-intensive Brazilian production system. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(15), 21259–21274. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17317-5>



- Chen, Q., Lai, X., Gu, H., Tang, X., Gao, F., Han, X., & Zheng, Y. (2022). Investigating carbon footprint and carbon reduction potential using a cradle-to-cradle LCA approach on lithium-ion batteries for electric vehicles in China. *Journal of Cleaner Production*, 369, 133342. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133342>
- Degieter, M., Gellynck, X., Goyal, S., Ott, D., & De Steur, H. (2022). Life cycle cost analysis of agri-food products: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 850, 158012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158012>
- Dewi, C., & Tjenreng, M. (2025). Pelayanan publik sebagai kunci penanganan stunting di Indonesia. *Journal of Management*, 8(2), 368–377.
- Irawati, Y., Hidayat, N., & Sucipto. (2019). Implikasi manajerial nilai tambah produk susu pasteurisasi, susu sterilisasi & keju mozzarella PT. Greenfields Indonesia terhadap volume produksi. *Jurnal Sains Peternakan*, 7(1), 1–21.
- Jati, D. (2022). Life cycle cost analysis pada aset milik negara (Studi pada Terminal Bus Tipe A Dhaksinarga). *Jurnal Manajemen Aset dan Penilaian*, 2(2), 45–54.
- Jouhara, H., Khordehgah, N., Almahmoud, S., Delpech, B., Chauhan, A., & Tassou, S. A. (2018). Waste heat recovery technologies and applications. *Thermal Science and Engineering Progress*, 6, 268–289. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.04.017>
- Ohkubo, Y., Uchida, K., Motoshima, H., & Katano, N. (2019). Microbiological safety of UHT milk treated at 120 °C for 2 s, as estimated from the distribution of high-heat-resistant *Bacillus cereus* in dairy environments. *International Dairy Journal*, 91, 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.12.011>
- Thoriq, A., Ciptaningtyas, D., & Pratopo, L. H. (2023). Kelayakan usaha produk agroindustri. Bandung: Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran.
- Villalobos, M. C. R., & Martínez, J. G. G. (2018). Economies of scale and minimization of the cost: Evidence from a manufacturing company. *Journal of Eastern Europe Research in Business and Economics*, 2018, 1–16. <https://doi.org/10.5171/2018.128823>
- Vu, N. H., Huu, D. N., & Tran, H. D. (2021). Flexible pavement life cycle cost analysis by using Monte-Carlo method and the suggestions for developing countries. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(3), 34–42. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.03.007>