



ANALISIS EFEKTIVITAS BIAYA PERALIHAN SISTEM MATERIAL HANDLING DALAM UPAYA MENURUNKAN EMISI GAS RUMAH KACA (Studi Kasus: PT XYZ)

SHAFATIARA PRAMESWARI



**DEPARTEMEN EKONOMI SUMBERDAYA DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS EKONOMI DAN MANAJEMEN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Efektivitas Biaya Peralihan Sistem *Material Handling* dalam Upaya Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Shafa Tiara Prameswari
H4401221073



ABSTRAK

SHAFA TIARA PRAMESWARI. Analisis Efektivitas Biaya Peralihan Sistem *Material Handling* dalam Upaya Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca (Studi Kasus: PT XYZ). Dibimbing oleh Ahyar Ismail dan Danang Pramudita.

Perubahan iklim mendorong sektor industri untuk mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) melalui penerapan praktik operasional yang lebih berkelanjutan. Salah satu sumber emisi dalam aktivitas industri berasal dari sistem *material handling*, khususnya penggunaan *forklift* berbahan bakar diesel. PT XYZ sebagai perusahaan industri kimia telah melakukan inisiatif peralihan sistem *material handling* dari *forklift* diesel menuju *forklift* listrik serta mempertimbangkan penggunaan *towing tractor* sebagai alternatif sistem yang berpotensi meningkatkan efisiensi operasional dan menurunkan emisi. Namun, setiap alternatif teknologi memiliki karakteristik, kebutuhan investasi, dan implikasi keberlanjutan yang berbeda, sehingga memerlukan kajian yang komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi penurunan emisi gas rumah kaca, mengevaluasi efektivitas biaya penurunan emisi, serta mengidentifikasi aspek keberlanjutan dari alternatif sistem *material handling*. Metode yang digunakan meliputi *emission factor method*, *Cost-Effectiveness Analysis* (CEA), serta *multi-criteria sustainability evaluation matrix*. Hasil menunjukkan *towing tractor* berpotensi menurunkan emisi GRK sebesar 59,8% dan *forklift* listrik sebesar 86,9% dibandingkan *baseline*. Analisis CEA menunjukkan *forklift* listrik memberikan penghematan biaya tertinggi sebesar Rp4.473/palet dan penurunan emisi 0,577 kgCO₂e/palet dibandingkan dengan *baseline*. Penilaian keberlanjutan menunjukkan *towing tractor* memperoleh skor komposit tertinggi (3,86), diikuti *forklift* listrik (3,76), dan *forklift* diesel (3,49), meskipun kesiapan implementasi *towing tractor* masih rendah dan memerlukan uji coba lebih lanjut.

Kata kunci: *cost-effectiveness analysis*, dekarbonisasi, *forklift* listrik, *multi-criteria sustainability evaluation matrix*, *towing tractor*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRACT

SHAFA TIARA PRAMESWARI. Cost-Effectiveness Analysis of Material Handling System Transition in Efforts to Reduce Greenhouse Gas Emissions (Case Study: PT XYZ). Supervised by Ahyar Ismail and Danang Pramudita.

Climate change is driving the industrial sector to reduce Greenhouse Gas (GHG) emissions by adopting more sustainable operational practices. A significant source of emissions in industrial activities stems from material handling systems, particularly the use of diesel-powered forklifts. PT XYZ, a chemical industry company, has initiated a transition from diesel forklifts to electric forklifts and is considering towing tractors as an alternative system with the potential to enhance operational efficiency and lower emissions. However, each technological alternative presents distinct characteristics, investment requirements, and sustainability implications, necessitating a comprehensive assessment. This study aims to analyze the potential for GHG emission reductions, evaluate the cost-effectiveness of these reductions, and identify sustainability aspects associated with the alternative material handling systems. The methodology employs the emission factor method, Cost-Effectiveness Analysis (CEA), and a multi-criteria sustainability evaluation matrix. The results indicate that towing tractors have the potential to reduce GHG emissions by 59.8%, while electric forklifts offer a reduction of 86.9% compared to the baseline. The CEA analysis shows that electric forklifts provide the highest cost savings of Rp4,473 per pallet and an emission reduction of 0.577 kgCO₂e per pallet compared to the baseline. The sustainability assessment shows that towing tractors achieved the highest composite score (3.86), followed by electric forklifts (3.76) and diesel forklifts (3.49); however, the implementation readiness for towing tractors remains low, requiring further trials.

Keywords: cost-effectiveness analysis, decarbonization, electric forklift, multi-criteria sustainability evaluation matrix, towing tractor



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



**ANALISIS EFEKTIVITAS BIAYA PERALIHAN SISTEM
MATERIAL HANDLING DALAM UPAYA MENURUNKAN
EMISI GAS RUMAH KACA (Studi Kasus: PT XYZ)**

SHAFATIARA PRAMESWARI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan

**DEPARTEMEN EKONOMI SUMBERDAYA DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS EKONOMI DAN MANAJEMEN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Novindra, S.P., M.Si.
- 2 Dr. Kastana Sapanli, S.Pi., M.Si.

Judul Skripsi : Analisis Efektivitas Biaya Peralihan Sistem *Material Handling*
dalam Upaya Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca (Studi Kasus:
PT XYZ)

Nama : Shafa Tiara Prameswari

NIM : H4401221073

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Ahyar Ismail, M.Agr.



Pembimbing 2:

Danang Pramudita, S.P., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Ekonomi Sumberdaya dan
Lingkungan:

Dr. Adi Hadiano, S.P., M.Si.

NIP. 197906152005011004



Tanggal Ujian:
10 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala rahmat, nikmat, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Efektivitas Biaya Peralihan Sistem *Material Handling* dalam Upaya Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca (Studi Kasus: PT XYZ)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Ekonomi pada Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan banyak pihak, maka dari itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ayah, Bunda, Kak Fira, Shofi, Kak Bayu, dan Shakila, terima kasih atas kasih sayang yang tidak pernah berkurang, doa yang selalu menyertai, serta dukungan yang tidak pernah berhenti diberikan. Terima kasih telah menjadi tempat pulang yang paling aman dan nyaman.
2. Bapak Dr. Ir. Ahyar, M.Agr. dan Bapak Danang Pramudita, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena telah meluangkan waktu untuk membantu penulis memahami banyak hal, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Novindra, S.P., M.Si. dan Bapak Dr. Kastana Sapanli, S.Pi., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang sangat berarti untuk menyempurnakan skripsi ini.
4. PT XYZ, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian serta membantu menyediakan data dan informasi yang diperlukan selama proses penelitian.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor.
6. Orang-orang terdekat penulis, Adara, Desrin, Najwa, Hamidatul, Nadlira, Rana, Salsa, Mayhan, Abel, Hanoon, Inas, Koemi, Zahra, dan Nadjwa, yang selalu hadir menemani di setiap fase kehidupan penulis, menjadi tempat menumpahkan segala bentuk perasaan, serta kerap mendukung baik secara langsung maupun dari jauh, semoga kalian selalu berada dibawah lindungan Tuhan YME.
7. Teman-teman ESL 59, IAAS LC IPB, dan seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama masa perkuliahan.
8. Kepada diri sendiri, yang terus percaya pada setiap langkahnya meskipun banyak keraguan yang menyertai. Terima kasih karena telah bertahan dan terus berusaha mendekat pada cita-cita. Semoga setiap langkah setelah ini selalu membawa pada hal-hal baik yang telah diperjuangkan.

Bogor, Agustus 2026

Shafa Tiara Prameswari



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	5
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem <i>Material Handling</i>	7
2.2 Emisi Gas Rumah Kaca	8
2.3 Konsep Efektivitas Biaya	9
2.4 Keberlanjutan dalam Pemilihan Alternatif	9
2.5 Penelitian Terdahulu	10
III KERANGKA PEMIKIRAN	15
3.1 Kerangka Teoritis	15
3.2 Kerangka Operasional	16
IV METODE	19
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	19
4.2 Jenis dan Sumber Data	19
4.3 Metode Pengambilan Data	19
4.4 Metode Analisis dan Pengolahan Data	19
V GAMBARAN UMUM	31
5.1 Gambaran Umum Perusahaan	31
5.2 Struktur Organisasi	31
5.3 Alur Perpindahan Barang	32
5.4 Sistem <i>Material Handling</i> Eksisting dan Alternatif	33
VI HASIL DAN PEMBAHASAN	35
6.1 Analisis Potensi Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca	35
6.2 <i>Cost-Effectiveness Analysis</i>	36
6.3 Identifikasi Aspek-aspek Keberlanjutan	37
VII KESIMPULAN DAN SARAN	55
7.1 Kesimpulan	55
7.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	61
RIWAYAT HIDUP	79



DAFTAR TABEL

1	Emisi gas rumah kaca menurut lapangan usaha (GgCo2e) 2019-2023	1
2	Penelitian terdahulu	10
3	Matriks metode analisis data	20
4	Aspek keberlanjutan	23
5	Data unit <i>forklift</i> di PT XYZ	33
6	Perhitungan potensi reduksi emisi GRK	35
7	Data biaya sistem <i>material handling</i> dalam 1 tahun	36
8	Hasil <i>cost-effectiveness analysis</i>	37
9	Penilaian aspek lingkungan	39
10	Penilaian aspek penggunaan sumber daya dan efisiensi ekonomi	41
11	Penilaian aspek manufakturabilitas	43
12	Penilaian aspek kinerja teknis dan fungsionalitas	45
13	Penilaian aspek dampak sosial	47
14	Penilaian aspek <i>recyclability</i> dan <i>reusability</i>	49
15	Hasil penilaian tiap dimensi	50

DAFTAR GAMBAR

1	Grafik perubahan suhu rata-rata permukaan bumi	1
2	Kerangka pemikiran	18
3	Struktur organisasi PT XYZ	31
4	<i>Layout</i> PT XYZ	32
5	Diagram keberlanjutan alternatif sistem <i>material handling</i>	53

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kuesioner MCSEM	62
2	Perhitungan biaya penyusutan <i>material handling</i>	72
3	Perhitungan biaya bahan bakar <i>material handling</i>	73
4	Perhitungan harga solar Januari-Juni 2025	74
5	Total biaya per palet	75
6	Dokumentasi wawancara penelitian	76
7	Dokumentasi kondisi <i>warehouse</i> PT XYZ	77
8	Dokumentasi kondisi <i>packaging</i> PT XYZ	78