



Teknologi Hijau dan Strategi Keuangan Berkelanjutan: Studi Implementasi *Green Engineering* dan *Green Accounting* pada Industri Manufaktur

Green Technology and Sustainable Financial Strategy: A Study of Green Engineering and Green Accounting Implementation in the Manufacturing Industry

Fider Lumbanbatu¹, Darmawan Sriyanto^{2*}

¹Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia

²Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Graha Kirana

*Corresponding Author**: darmawan@graha-kirana.com

Abstrak

Transformasi industri menuju keberlanjutan menuntut integrasi antara inovasi teknologi ramah lingkungan dan sistem keuangan yang mendukung pengelolaan sumber daya secara bertanggung jawab. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi *green engineering* dan *green accounting* dalam menunjang keberlanjutan operasional pada industri manufaktur di Indonesia. Pendekatan yang digunakan adalah studi kualitatif dengan metode studi kasus pada tiga perusahaan manufaktur di sektor otomotif, tekstil, dan makanan-minuman. Data diperoleh melalui wawancara mendalam, observasi langsung, dan studi dokumen, serta dianalisis menggunakan teknik analisis tematik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *green engineering* melalui inovasi seperti pemanfaatan sistem daur ulang energi, pengolahan limbah, dan efisiensi proses produksi mampu meningkatkan efisiensi energi, menekan biaya operasional, serta mengurangi jejak karbon perusahaan. Sementara itu, *green accounting* memungkinkan perusahaan menginternalisasi biaya lingkungan dalam laporan keuangan dan menyusun strategi bisnis yang lebih berkelanjutan. Praktik pelaporan berdasarkan standar Global Reporting Initiative (GRI) terbukti memperkuat transparansi dan akuntabilitas perusahaan kepada pemangku kepentingan. Namun, hambatan seperti keterbatasan investasi awal, minimnya regulasi khusus, serta rendahnya literasi hijau di tingkat operasional masih menjadi tantangan signifikan. Penelitian ini menyarankan perlunya sinergi antara sektor industri, pemerintah, dan akademisi dalam mendorong adopsi kebijakan serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia untuk mendukung transformasi menuju industri manufaktur yang berkelanjutan.

Kata kunci: Teknologi Hijau; Green Engineering; Green Accounting; Industri Manufaktur; Keberlanjutan Keuangan.

Abstract

Industrial transformation towards sustainability requires integration between environmentally friendly technological innovations and financial systems that support responsible resource management. This study aims to analyze the implementation of *green engineering* and *green accounting* in supporting operational sustainability in the manufacturing industry in Indonesia. The approach used is a qualitative study with a case study method in three manufacturing companies in the automotive, textile, and food and beverage sectors. Data were obtained through in-depth interviews, direct observation, and document studies, and analyzed using thematic analysis techniques. The results of the study indicate that the application of *green engineering* through innovations such as the use of energy recycling systems, waste processing, and production process efficiency can increase energy efficiency, reduce operational costs, and reduce the company's carbon



All Fields of Science J-LAS

Jurnal Penelitian

Available Online: <https://j-las.lemkomindo.org/index.php/AFoSJ-LAS/index>



footprint. Meanwhile, green accounting allows companies to internalize environmental costs in financial reports and develop more sustainable business strategies. Reporting practices based on Global Reporting Initiative (GRI) standards have been shown to strengthen corporate transparency and accountability to stakeholders. However, obstacles such as limited initial investment, lack of specific regulations, and low green literacy at the operational level are still significant challenges. This study suggests the need for synergy between the industrial sector, government, and academics in encouraging policy adoption and increasing human resource capacity to support the transformation towards a sustainable manufacturing industry.

Keywords: Green Technology; Green Engineering; Green Accounting; Manufacturing Industry; Financial Sustainability.

PENDAHULUAN

Industri manufaktur memainkan peran penting dalam pembangunan ekonomi nasional, terutama sebagai penggerak sektor riil, penyerap tenaga kerja, dan penyumbang devisa negara. Namun demikian, sektor ini juga dikenal sebagai penyumbang utama terhadap pencemaran lingkungan, emisi gas rumah kaca, dan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan (Bocken et al., 2014). Di tengah meningkatnya kesadaran global akan pentingnya keberlanjutan lingkungan, industri manufaktur dituntut untuk mentransformasi cara produksinya agar lebih ramah lingkungan dan efisien secara energi. Hal ini mendorong munculnya konsep teknologi hijau (*green engineering*) dan strategi keuangan berkelanjutan (*green accounting*) sebagai dua pendekatan yang saling melengkapi dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.

Teknologi hijau, atau yang juga dikenal sebagai *green engineering*, merupakan pendekatan teknis dalam proses desain, produksi, dan operasional industri yang mengedepankan efisiensi energi, pengurangan limbah, serta penggunaan bahan baku yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Anastas & Zimmerman, 2003). Teknologi ini tidak hanya bertujuan untuk menekan dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomis dalam jangka panjang melalui penghematan biaya operasional dan peningkatan efisiensi proses produksi. Di sisi lain, *green accounting* merupakan bagian dari sistem akuntansi manajemen yang secara eksplisit menginternalisasi biaya lingkungan ke dalam laporan keuangan dan proses pengambilan keputusan bisnis (Burritt & Schaltegger, 2010). Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat mengidentifikasi, mengukur, dan melaporkan dampak lingkungan dari aktivitas bisnisnya secara transparan dan akuntabel.

Dalam konteks Indonesia, transformasi industri menuju sistem produksi yang berkelanjutan masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain rendahnya kesadaran pelaku industri terhadap manfaat jangka panjang investasi hijau, terbatasnya akses terhadap teknologi ramah lingkungan, serta lemahnya regulasi dan insentif dari pemerintah (Kementerian Perindustrian RI, 2022). Meskipun demikian, sejumlah perusahaan manufaktur besar telah mulai menerapkan prinsip-prinsip keberlanjutan dengan mengintegrasikan teknologi hijau dan pelaporan lingkungan dalam praktik operasionalnya. Upaya ini tidak hanya ditujukan untuk memenuhi tuntutan pasar global dan regulasi lingkungan internasional, tetapi juga untuk memperkuat daya saing dan reputasi perusahaan di mata konsumen dan investor.

Menurut World Economic Forum (2023), adopsi teknologi hijau dan keuangan berkelanjutan merupakan salah satu strategi utama untuk menghadapi tantangan perubahan iklim dan ketidakstabilan ekonomi global. Dalam laporan tersebut disebutkan bahwa perusahaan yang mengintegrasikan praktik keberlanjutan dalam proses bisnisnya cenderung memiliki kinerja keuangan yang lebih stabil dan prospektif dalam jangka panjang. Selain itu, meningkatnya tekanan dari pemangku kepentingan (*stakeholders*) seperti konsumen, lembaga keuangan, dan pemerintah, turut mendorong adopsi praktik hijau secara lebih luas di sektor industri.

Studi yang dilakukan oleh Chen et al. (2020) menunjukkan bahwa integrasi antara *green engineering* dan *green accounting* mampu menciptakan sinergi positif dalam mendukung efisiensi energi, pengelolaan limbah, dan pengambilan keputusan strategis yang berorientasi pada keberlanjutan. Penerapan teknologi seperti sistem pemulihan panas, pemanfaatan energi terbarukan, serta penggunaan material daur ulang terbukti mampu menurunkan biaya produksi sekaligus mengurangi jejak karbon perusahaan. Di sisi lain, pelaporan lingkungan yang terstruktur dan komprehensif memungkinkan manajemen untuk menilai risiko dan peluang yang terkait dengan aspek lingkungan secara lebih objektif dan sistematis.

Selain faktor teknis dan finansial, keberhasilan implementasi teknologi hijau dan strategi keuangan berkelanjutan juga sangat bergantung pada kepemimpinan perusahaan, budaya organisasi, dan kualitas sumber daya manusia yang terlibat dalam proses transisi ini (Dangelico & Vocalelli, 2017). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan lintas disiplin antara ilmu teknik mesin, manajemen, dan akuntansi dalam merancang dan mengimplementasikan kebijakan yang mendukung transformasi industri ke arah yang lebih hijau.

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab tantangan tersebut dengan tujuan utama mengeksplorasi bagaimana perusahaan manufaktur di Indonesia mengimplementasikan green engineering dan green accounting, apa saja manfaat dan hambatan yang mereka hadapi, serta bagaimana sinergi antar keduanya dapat memperkuat strategi keberlanjutan perusahaan. Dengan pendekatan kualitatif dan studi kasus, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi praktis dan akademis dalam mendukung agenda pembangunan berkelanjutan, khususnya di sektor industri.

Kajian Pustaka

Kajian pustaka ini membahas secara mendalam dua konsep utama dalam penelitian ini, yaitu *green engineering* dan *green accounting*, serta relevansinya dalam konteks keberlanjutan industri manufaktur. Penjelasan mengenai landasan teoritis dan studi terdahulu digunakan untuk memperkuat kerangka analisis penelitian ini.

1. Green Engineering (Teknologi Hijau)

Green engineering didefinisikan sebagai desain, komersialisasi, dan penggunaan proses dan produk yang layak secara ekonomis dan efektif dalam mengurangi risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Anastas & Zimmerman, 2003). Prinsip-prinsip utama dari green engineering mencakup efisiensi energi, minimisasi limbah, penggunaan material terbarukan, serta perancangan produk dengan siklus hidup yang panjang. Dalam konteks manufaktur, green engineering diterapkan melalui inovasi pada lini produksi seperti penggunaan energi terbarukan, sistem pemulihan energi panas, serta otomatisasi proses yang mengurangi pemborosan (Graedel & Allenby, 2010).

Implementasi green engineering tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga mampu meningkatkan efisiensi biaya dan produktivitas. Menurut Shi et al. (2012), perusahaan manufaktur yang menerapkan prinsip green engineering menunjukkan penurunan biaya operasional sebesar 15-20% dalam lima tahun, serta peningkatan reputasi dan kepuasan konsumen.

2. Green Accounting (Akuntansi Hijau)

Green accounting adalah sistem akuntansi yang memperhitungkan dampak lingkungan dalam proses perhitungan dan pelaporan keuangan perusahaan. Sistem ini mencakup identifikasi, pengukuran, dan pelaporan biaya lingkungan yang timbul akibat aktivitas operasional perusahaan (Burritt & Schaltegger, 2010). Dengan menerapkan green accounting, perusahaan dapat menilai dampak lingkungan dari aktivitas bisnis mereka secara kuantitatif dan mengambil keputusan yang lebih bijak dalam alokasi sumber daya. Green accounting juga mendukung transparansi kepada pemangku kepentingan dan regulator, serta menjadi alat penting dalam pengembangan strategi keberlanjutan jangka panjang. Deegan (2013) menyatakan bahwa perusahaan yang aktif dalam pelaporan lingkungan dan sosial cenderung mendapatkan kepercayaan lebih tinggi dari investor dan memiliki akses pendanaan yang lebih luas.

3. Integrasi Green Engineering dan Green Accounting dalam Industri

Integrasi antara green engineering dan green accounting menciptakan pendekatan holistik terhadap keberlanjutan. Pendekatan ini tidak hanya menekankan inovasi teknis, tetapi juga menyesuaikan sistem keuangan dan pelaporan perusahaan untuk mencerminkan nilai-nilai keberlanjutan. Menurut penelitian oleh Lee & Saen (2012), perusahaan yang berhasil mengintegrasikan kedua pendekatan ini cenderung memiliki performa lingkungan dan keuangan yang lebih baik dibandingkan perusahaan yang hanya fokus pada salah satunya. Dalam industri manufaktur, penerapan teknologi hijau harus didukung oleh pelaporan keuangan yang sejalan agar pengambilan keputusan manajemen benar-benar mencerminkan efisiensi sekaligus tanggung jawab sosial dan lingkungan. Oleh karena itu, sinergi antara bidang teknik dan ekonomi menjadi sangat penting dalam mendorong transformasi industri yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus eksploratif. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memahami secara mendalam konteks implementasi teknologi hijau dan strategi keuangan berkelanjutan di lingkungan industri manufaktur yang kompleks dan dinamis (Creswell, 2014). Studi kasus digunakan untuk menelaah secara intensif perusahaan-perusahaan manufaktur yang telah menerapkan prinsip *green engineering* dan *green accounting* dalam operasional bisnis mereka.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama: wawancara mendalam (*in-depth interview*), observasi partisipatif, dan studi dokumentasi. Wawancara dilakukan dengan manajer operasional, manajer keuangan, serta teknisi dan staf lingkungan hidup dari perusahaan terpilih, untuk memperoleh informasi mengenai implementasi teknologi dan kebijakan keberlanjutan yang diterapkan. Observasi digunakan untuk mengamati langsung proses produksi dan sistem pelaporan keuangan yang mencerminkan praktik hijau. Sementara itu, studi dokumentasi melibatkan analisis laporan tahunan, laporan keberlanjutan, dan dokumen internal terkait lainnya.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan teknik analisis tematik (*thematic analysis*), yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola, tema, dan hubungan antarvariabel yang relevan dengan fokus penelitian (Braun & Clarke, 2006). Validitas data dijaga melalui triangulasi sumber data dan teknik, serta member checking kepada informan untuk memastikan kebenaran informasi.

Metode ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang utuh dan kontekstual mengenai tantangan dan peluang dalam mengintegrasikan green engineering dan green accounting dalam kerangka keberlanjutan industri manufaktur di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengkaji praktik implementasi green engineering dan green accounting pada tiga perusahaan manufaktur berskala menengah hingga besar di Indonesia, yakni di sektor otomotif, tekstil, dan makanan-minuman. Hasil pengumpulan data menunjukkan bahwa ketiga perusahaan tersebut telah mengadopsi sejumlah inisiatif teknologi hijau dan strategi akuntansi lingkungan dalam kerangka keberlanjutan operasional mereka.

1. Implementasi Green Engineering

Perusahaan otomotif menerapkan teknologi pemulihan energi panas dari proses pengecatan dan pengelasan, yang kemudian digunakan kembali untuk pemanasan ruangan produksi. Hal ini terbukti menurunkan konsumsi energi hingga 18% dalam satu tahun

terakhir. Perusahaan tekstil memanfaatkan sistem pengolahan air limbah berbasis biologis dan teknologi pewarnaan ramah lingkungan, yang mengurangi penggunaan air bersih sebesar 30% (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022). Sementara itu, perusahaan makanan dan minuman telah menerapkan sistem pendingin hemat energi dan menggunakan bahan baku lokal yang bersertifikasi ekologi untuk mengurangi jejak karbon. Secara keseluruhan, penerapan green engineering berdampak positif pada efisiensi energi, pengurangan limbah, serta peningkatan produktivitas. Hasil ini sejalan dengan temuan Shi et al. (2012) dan Graedel & Allenby (2010) yang menyatakan bahwa teknologi ramah lingkungan mampu memberikan keunggulan kompetitif melalui efisiensi sumber daya dan proses.

2. Penerapan Green Accounting

Ketiga perusahaan juga mulai menyusun laporan keberlanjutan berbasis standar Global Reporting Initiative (GRI) dan memasukkan indikator biaya lingkungan dalam laporan keuangan internal mereka. Perusahaan otomotif mencatat biaya pengelolaan limbah dan emisi sebagai bagian dari analisis biaya produksi. Perusahaan tekstil melaporkan efisiensi energi sebagai indikator kinerja keuangan. Sedangkan perusahaan makanan dan minuman menggunakan pengukuran biaya eksternalitas lingkungan dalam pengambilan keputusan investasi (Deegan, 2013).

Strategi green accounting terbukti membantu manajemen dalam memahami biaya tersembunyi dari dampak lingkungan dan dalam menyusun strategi bisnis yang lebih akuntabel. Hal ini mendukung temuan Burritt & Schaltegger (2010) bahwa pelaporan lingkungan yang sistematis mampu memperbaiki pengambilan keputusan manajerial dan meningkatkan kepercayaan pemangku kepentingan.

3. Tantangan dan Peluang

Meskipun hasil implementasi menunjukkan manfaat yang signifikan, perusahaan masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti keterbatasan anggaran investasi awal, rendahnya literasi keuangan hijau di tingkat operasional, serta keterbatasan dukungan kebijakan dari pemerintah daerah. Namun demikian, terdapat peluang besar untuk pengembangan kapasitas melalui pelatihan lintas fungsi, insentif pajak untuk teknologi hijau, serta integrasi green supply chain dalam rantai pasok industri.

Dalam konteks keberlanjutan, sinergi antara green engineering dan green accounting memperkuat kerangka strategis perusahaan untuk menjalankan bisnis yang bertanggung jawab secara sosial dan ekologis. Penerapan keduanya mendorong pendekatan berbasis data dalam pengambilan keputusan dan menciptakan sistem produksi yang adaptif terhadap dinamika pasar dan kebijakan global (Lee & Saen, 2012).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan teknologi hijau (green engineering) dan strategi keuangan berkelanjutan (green accounting) secara sinergis memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan operasional dan performa bisnis perusahaan manufaktur. Green engineering terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi, mengurangi limbah industri, dan memperkuat daya saing perusahaan melalui inovasi ramah lingkungan. Sementara itu, green accounting memberikan kerangka kerja akuntansi yang mampu

menginternalisasi biaya lingkungan dalam laporan keuangan, sehingga mendukung pengambilan keputusan strategis yang lebih bijak dan berorientasi jangka panjang.

Integrasi antara aspek teknis dan keuangan ini menjadikan keberlanjutan bukan sekadar isu lingkungan, melainkan sebagai strategi bisnis yang komprehensif dan relevan dalam menjawab tantangan global. Ketiga perusahaan yang menjadi objek studi memperlihatkan hasil implementasi yang positif, meskipun masih menghadapi kendala seperti keterbatasan investasi awal dan minimnya dukungan kebijakan yang spesifik. Oleh karena itu, keberhasilan penerapan green engineering dan green accounting sangat ditentukan oleh komitmen manajerial, budaya organisasi yang pro-lingkungan, serta peningkatan literasi dan kompetensi sumber daya manusia.

Saran

Berdasarkan temuan tersebut, saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan:

- a. Perlu meningkatkan investasi pada teknologi hijau melalui alokasi anggaran khusus dan kemitraan dengan lembaga riset atau universitas.
- b. Menyusun kebijakan internal yang mengintegrasikan pelaporan keuangan lingkungan dalam sistem informasi manajemen.
- c. Melakukan pelatihan berkala bagi staf teknis dan keuangan mengenai green engineering dan green accounting.

2. Bagi Pemerintah:

- a. Memberikan insentif fiskal dan non-fiskal bagi perusahaan yang berkomitmen pada praktik industri hijau.
- b. Meningkatkan sosialisasi dan regulasi yang mendukung penerapan teknologi ramah lingkungan dan pelaporan keuangan berkelanjutan.

3. Bagi Akademisi dan Peneliti:

- a. Mendorong riset kolaboratif multidisiplin antara teknik, manajemen, dan akuntansi dalam pengembangan model integratif keberlanjutan industri.
- b. Menyusun kurikulum dan modul pelatihan yang relevan untuk mendukung pengembangan kompetensi profesional di bidang ini.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman konseptual dan praktik nyata integrasi teknologi hijau dan strategi keuangan berkelanjutan, serta dapat menjadi referensi strategis dalam membangun industri manufaktur yang tangguh, adaptif, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2003). Design through the 12 principles of green engineering. *Environmental Science & Technology*, 37(5), 94A-101A.
- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42–56.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- Burritt, R. L., & Schaltegger, S. (2010). Sustainability accounting and reporting: fad or trend? *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 23(7), 829–846.

- Chen, Y. S., Lin, M. J. J., & Chang, C. H. (2020). The positive effects of relationship learning and absorptive capacity on innovation performance and competitive advantage in industrial markets. *Industrial Marketing Management*, 36(4), 540–556.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Dangelico, R. M., & Vocalelli, D. (2017). "Green Marketing": An analysis of definitions, dimensions, and relationships with stakeholders. *Business Strategy and the Environment*, 26(4), 457–475.
- Deegan, C. (2013). *Financial Accounting Theory* (4th ed.). Sydney: McGraw-Hill Education.
- Graedel, T. E., & Allenby, B. R. (2010). *Industrial Ecology and Sustainable Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2022). *Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia 2022*. Jakarta: KLHK.
- Lee, K. H., & Saen, R. F. (2012). Measuring corporate sustainability management: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 219–226.
- Shi, V. G., Koh, S. C. L., Baldwin, J., & Cucchiella, F. (2012). Natural resource based green supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(1), 54–67.
- World Economic Forum. (2023). *Global Risks Report 2023*. Geneva: WEF.