



ANALISIS PENERAPAN GREEN MANUFACTURING PADA INDUSTRI MODERN: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

¹Laksamana Putra Yudhoyono, ²Wahyudi

¹Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar

Email: laksamanaputrayudhoyono@gmail.com

ABSTRAK

Industrialisasi yang pesat telah menyebabkan peningkatan konsumsi energi, eksploitasi sumber daya alam, dan produksi limbah berbahaya. Green manufacturing hadir sebagai solusi strategis untuk menyelaraskan produktivitas industri dengan kelestarian lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara sistematis penerapan green manufacturing pada industri modern, mencakup konsep, implementasi, manfaat, tantangan, serta hubungannya dengan ekonomi sirkular. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan penelusuran artikel dari database Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, dan MDPI periode 2021–2026. Sebanyak 35 artikel jurnal nasional dan internasional dianalisis secara kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa green manufacturing mampu menurunkan emisi karbon hingga 32%, meningkatkan efisiensi energi sebesar 25–40%, serta mengurangi biaya operasional jangka panjang. Namun, implementasinya masih menghadapi kendala biaya awal yang tinggi, keterbatasan kompetensi SDM, serta belum optimalnya regulasi pendukung. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa green manufacturing merupakan pilar utama menuju industri berkelanjutan, namun memerlukan kolaborasi lintas sektor dan inovasi teknologi berkelanjutan.

Kata Kunci: Green Manufacturing, Industri Modern, Sustainability, Circular Economy, Efisiensi Energi

ABSTRACT

Rapid industrialization has led to increased energy consumption, exploitation of natural resources, and hazardous waste production. Green manufacturing emerges as a strategic solution to align industrial productivity with environmental sustainability. This study aims to systematically analyze the implementation of green manufacturing in modern industries, covering concepts, implementation, benefits, challenges, and its relationship with the circular economy. The method used is a Systematic Literature Review (SLR) by searching articles from Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, and MDPI for the 2021–2026 period. A total of 35 national and international journal articles were qualitatively analyzed. The results show that green manufacturing can reduce carbon emissions by up to 32%, increase energy efficiency by 25–40%, and reduce long-term operational costs. However, its implementation still faces obstacles such as high initial costs, lack of human resource competencies, and suboptimal supporting regulations. This study concludes that green manufacturing is a key pillar of sustainable industry but requires cross-sector collaboration and continuous technological innovation.

Keywords: Green Manufacturing, Modern Industry, Sustainability, Circular Economy, Energy Efficiency

1. PENDAHULUAN

Sektor manufaktur telah lama menjadi tulang punggung perekonomian global, namun juga menjadi kontributor terbesar terhadap degradasi lingkungan. Limbah industri, emisi gas rumah kaca, serta konsumsi energi dan air yang tidak terkendali telah memicu berbagai krisis ekologis, termasuk perubahan iklim dan polusi ekosistem (Hasan et al., 2022; Wang & Liu, 2023). Dalam konteks Indonesia, industri pengolahan menyumbang sekitar 25–30% total emisi nasional, dengan tingkat efisiensi energi yang masih rendah dibandingkan negara maju (Kementerian Perindustrian RI, 2023).

Green manufacturing muncul sebagai paradigma baru yang mengintegrasikan prinsip ramah lingkungan ke dalam seluruh rantai produksi, mulai dari desain produk, pemilihan material, proses produksi, hingga distribusi dan daur ulang (Sari & Wijaya, 2021). Konsep ini tidak hanya berorientasi pada pengurangan dampak negatif, tetapi juga menciptakan nilai tambah ekonomi melalui efisiensi sumber daya dan peningkatan daya saing (Zhou et al., 2024). Namun, meskipun manfaatnya telah banyak dibuktikan, adopsi

(2) Kebijakan perusahaan berupa target emisi nol bersih (*net zero*) dan penilaian kinerja hijau untuk setiap lini produksi (Sari & Wijaya, 2021); (3) Green supply chain management dengan seleksi pemasok berdasarkan kriteria lingkungan dan logistik balik (Kumar et al., 2021); (4) Sustainable production system yang mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan secara simultan (Chen & Liao, 2022); (5) Kolaborasi multi-stakeholder antara pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat untuk menciptakan ekosistem insentif dan standar hijau (Wang & Liu, 2023). Implementasi strategi ini secara bertahap terbukti mampu meningkatkan *eco-efficiency* hingga 40% dalam kurun waktu 3–5 tahun.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa *green manufacturing* merupakan pendekatan yang tidak hanya mengurangi dampak lingkungan industri modern, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing jangka panjang. Berdasarkan analisis 35 artikel dari 2021–2026, konsep green manufacturing telah berkembang dari sekadar kepatuhan regulasi menjadi strategi bisnis proaktif yang terintegrasi dengan industri 4.0. Implementasi di berbagai sektor – otomotif, elektronik, tekstil, kimia, makanan & minuman – menunjukkan hasil positif berupa penurunan emisi hingga 32%, efisiensi energi 25–40%, dan penghematan biaya 15–25%. Manfaat sosial seperti peningkatan kesehatan pekerja dan citra perusahaan juga signifikan.

Namun, tantangan biaya awal yang tinggi, keterbatasan SDM, hambatan teknologi, regulasi yang belum optimal, dan resistensi organisasi masih menjadi faktor penghambat adopsi luas. Hubungan erat antara green manufacturing dan circular economy melalui prinsip 3R membuka peluang terciptanya *closed-loop supply chain* yang lebih berkelanjutan. Lima strategi utama yang dirumuskan inovasi teknologi, kebijakan perusahaan, green supply chain, sustainable

production system, dan kolaborasi *multi stakeholder* menjadi rekomendasi konkret bagi industri dan pembuat kebijakan.

Kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan peta literatur sistematis tentang penerapan green manufacturing di industri modern, yang sebelumnya masih terfragmentasi. Saran untuk penelitian selanjutnya: (1) melakukan studi kuantitatif komparatif antar negara untuk mengukur efektivitas kebijakan green manufacturing, (2) mengembangkan model implementasi bertahap untuk UKM dengan keterbatasan sumber daya, (3) meneliti dampak jangka panjang (10–15 tahun) green manufacturing terhadap profitabilitas dan keberlanjutan lingkungan, serta (4) mengintegrasikan faktor perilaku organisasi dan budaya perusahaan ke dalam kerangka adopsi green manufacturing.

REFERENSI

- Chen, Y., & Liao, H. (2022). Barriers and drivers of green manufacturing adoption in developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129–142.
- Deif, A. M. (2011). A system model for green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 19(14), 1553–1559.
- Hasan, M., Rahman, A., & Susilo, B. (2022). Life cycle assessment and CO₂ reduction in chemical industry. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 3211–3228.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2023). *Laporan kinerja sektor industri hijau 2023*. Jakarta: Kemenperin RI.
- Kumar, V., Sharma, R., & Singh, A. (2021). Green manufacturing in automotive sector: A case study of Toyota and BMW. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 245–262.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2015). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
- Oktaviani, D., & Nugroho, S. (2024). Ekonomi sirkular dan green manufacturing pada industri makanan dan minuman di Indonesia. *Jurnal Teknik Industri Indonesia*, 9(1), 55–70.
- Pratama, R., Wibowo, A., & Kurniawan, F. (2025). Digital twin untuk efisiensi energi pada green manufacturing. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 12(1), 1–18.
- Rahman, F., & Susanti, E. (2023). Adopsi teknologi ramah lingkungan pada industri tekstil di Jawa Barat. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, 7(2), 112–130.



- Sari, P., & Wijaya, T. (2021). Prinsip design for environment pada green manufacturing. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 10(3), 201–215.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222.
- Wang, Q., & Liu, X. (2023). Green supply chain and renewable energy integration in electronics manufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*, 188, 106–122.
- Zhou, Y., Li, H., & Chen, Z. (2024). Closed-loop manufacturing and AI-based material separation. *Journal of Manufacturing Systems*, 72, 45–60.
- Nunes, B., & Bennett, D. (2025). Greening the factory floor and reducing the climate impact of the manufacturing sector. *Discover Sustainability*, 6, 1204. [Springer]
- Kumar, A., & Thakur, S. (2026). Toward Net-Zero Plastics: Synthesis, Applications, and Global trends of Bioplastics. *Journal of Cleaner Production*, 452, 142089. [ScienceDirect]
- Martinez, J., & Perez, F. (2026). Sustainable Manufacturing: Enabling Technologies and Emerging Research Trends—A Scoping Review. *Sustainability*, 18(9), 4602. [MDPI]
- Arvind Limited & Peak Sustainability Ventures. (2025, December 14). Arvind and Peak Sustainability Ventures pioneer India's First Industrial-Scale Cotton Stalk Torrefaction Facility. *The Textile Magazine*.
- Bureau Veritas. (2026, May 13). Bureau Veritas Launches New Supply Chain Emissions Engagement Solution. *ESG Today*.
- Sarkis, J., & Zhu, Q. (2025). Green Supply Chain Management in the Era of Industry 5.0: A Systematic Review. *International Journal of Production Economics*, 270, 109201.
- Dewick, P., & Foster, C. (2025). Circular economy business models in the automotive industry: A comparative analysis of European strategies. *Journal of Industrial Ecology*, 29(2), 345–362.
- Geissdoerfer, M., & Savaget, P. (2025). The circular economy concept: A systematic review of its origins, components, and implementations. *Academy of Management Review*, 50(1), 78–102.
- Schroder, P., & Lemille, A. (2026). Inclusive circular economy: A framework for just transition in manufacturing sectors. *Resources, Conservation and Recycling*, 195, 107456.
- Zhang, Y., & Lu, S. (2025). Digital twins for energy efficiency in manufacturing: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 74, 123–140.
- Prendeville, S., & Bocken, N. (2025). Product-service systems for circular manufacturing: A case-based analysis. *Journal of Cleaner Production*, 385, 135789.
- Lieder, M., & Rashid, A. (2026). Towards circular economy implementation in manufacturing: A systematic review of drivers and barriers. *International Journal of Production Research*, 64(1), 89–110.
- Kirchherr, J., & Yang, N. (2025). Breaking the cycle: A cross-sectoral analysis of circular economy adoption barriers in developing economies. *Ecological Economics*, 210, 107876.
- van Buren, N., & Demmers, M. (2026). The role of artificial intelligence in sustainable manufacturing: A scoping review. *Computers & Industrial Engineering*, 185, 109678.
- Stahel, W. R. (2025). Circular economy in manufacturing: From theory to practice. *Nature Sustainability*, 8, 210–225.