

Integrasi *Lean* dan *Green Manufacturing* di Sektor Industri : *Systematic Literature Review*

Itok Endirga Krissensen^{1*}, Uly Amrina²

¹ Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

² Departemen Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*Email korespondensi penulis: itok1238@gmail.com

Abstrak

Dalam menghadapi tantangan global terkait efisiensi dan keberlanjutan, industri manufaktur dituntut untuk mengoptimalkan operasional tanpa mengorbankan aspek lingkungan. Pendekatan *lean manufacturing* berfokus pada eliminasi pemborosan dan peningkatan nilai tambah, sementara *green manufacturing* menekankan pengurangan dampak lingkungan melalui efisiensi sumber daya dan energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis integrasi kedua pendekatan tersebut dalam konteks industri melalui metode *Systematic Literature Review* (SLR). Sebanyak 42 artikel ilmiah terpilih dari berbagai database internasional dianalisis menggunakan pendekatan PRISMA. Kriteria inklusi meliputi fokus pada implementasi *lean* dan *green* di sektor industri, publikasi dalam rentang 2017–2024, serta keterlibatan pendekatan kuantitatif maupun kualitatif. Analisis mencakup aspek pendekatan integrasi, penggunaan alat bantu seperti *Value Stream Mapping* (VSM) dan *Life Cycle Assessment* (LCA), serta dampaknya terhadap kinerja operasional dan lingkungan. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi *lean* dan *green* secara signifikan mendorong efisiensi proses, pengurangan limbah, serta penghematan energi dan emisi karbon. Penggunaan VSM efektif dalam memetakan pemborosan proses, sementara LCA berperan penting dalam menilai dampak lingkungan secara menyeluruh. Namun demikian, berbagai hambatan seperti resistensi budaya organisasi, keterbatasan teknologi, dan minimnya kompetensi SDM menjadi tantangan utama dalam implementasi. Penelitian ini menawarkan sintesis konseptual integrasi *lean-green*, mengidentifikasi kesenjangan penelitian, serta merumuskan agenda riset lanjutan. Temuan ini diharapkan menjadi referensi bagi akademisi dan praktisi untuk mendorong transformasi industri menuju efisiensi dan keberlanjutan yang lebih optimal.

Kata Kunci: Keberlanjutan; *Lean-green Intergration*, *Lean Manufacturing*, *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), *Value Stream Mapping* (VSM)

Abstract

In the face of global challenges related to efficiency and sustainability, the manufacturing industry is required to optimize operations without compromising environmental aspects. The lean manufacturing approach focuses on eliminating waste and increasing added value, while green manufacturing emphasizes reducing environmental impact through resource and energy efficiency. This study aims to systematically examine the integration of these two approaches in an industrial context through the Systematic Literature Review (SLR) method. A total of 42 selected scientific articles from various international databases were analyzed using the PRISMA approach. Inclusion criteria included a focus on lean and green implementation in the industrial sector, publications within 2017-2024, and the involvement of quantitative and qualitative approaches. The analysis included aspects of the integration approach, the use of tools such as Value Stream Mapping (VSM) and Life Cycle Assessment (LCA), and the impact on operational and environmental performance. The results show that the integration of lean and green significantly promotes process efficiency, waste reduction, and energy and carbon emission savings. The use of VSM is effective in mapping process waste, while LCA plays an important role in assessing overall environmental impacts. However, various barriers such as organizational cultural resistance, technological limitations, and lack of human resource competencies are the main challenges in implementation. This research offers a conceptual synthesis of lean-green integration, identifies

research gaps, and formulates an agenda for further research. The findings are expected to be a reference for academics and practitioners to encourage industrial transformation towards more optimal efficiency and sustainability.

Keywords: *Lean-green Intergration, Lean Manufacturing, Life Cycle Impact Assessment (LCIA), Sustainability; Value Stream Mapping (VSM)*

1. Pendahuluan

Industri manufaktur saat ini menghadapi tekanan ganda: di satu sisi harus meningkatkan efisiensi operasi agar tetap kompetitif, di sisi lain dituntut meminimalkan dampak lingkungan sejalan dengan prinsip keberlanjutan (*sustainability*). Konsep *lean manufacturing* sudah lama diakui sebagai metode efektif untuk mengurangi pemborosan proses, meningkatkan produktivitas, serta menekan biaya melalui pendekatan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Di sisi lain, *green manufacturing* berupaya mereduksi dampak ekologis, termasuk penurunan emisi, limbah material, dan konsumsi energi, agar operasi industri lebih ramah lingkungan.

Kedua pendekatan ini, meskipun berbeda titik fokus, sesungguhnya memiliki irisan tujuan yang signifikan, yaitu sama-sama menargetkan pengurangan waste. Berbagai penelitian terdahulu (Cherrafi et al., 2017; King et al., 2001; Pampanelli et al., 2014) menegaskan bahwa integrasi lean dan green dapat menghasilkan manfaat ganda: efisiensi proses sekaligus keberlanjutan lingkungan. Slogan “Lean is Green” mencerminkan keyakinan bahwa penerapan praktik lean yang tepat akan mendukung penurunan dampak lingkungan karena waste yang dieliminasi juga mencakup pemborosan energi, bahan baku, maupun emisi.

Walaupun demikian, implementasi integrasi lean-green di sektor manufaktur tidak selalu berjalan mulus. Berbagai studi mencatat tantangan mulai dari hambatan budaya organisasi, keterbatasan keterampilan sumber daya manusia, hingga kurangnya koordinasi antar departemen (Ali et al., 2021; Cherrafi et al., 2017). Seiring berkembangnya tuntutan regulasi global seperti Sustainable Development Goals (SDGs) dan tekanan stakeholder, perusahaan dituntut untuk melakukan transformasi strategis, tidak hanya dari aspek operasional tetapi juga ekologis dan sosial (Caldera et al., 2019; Siegel et al., 2019). Namun demikian, penerapan integrasi lean-green tidak selalu mudah dilakukan. Studi oleh Singh et al., (2020) dan (Kumar et al., n.d.) menunjukkan adanya hambatan berupa resistensi budaya organisasi, keterbatasan teknologi, serta minimnya sumber daya manusia yang kompeten. Untuk itu, diperlukan suatu kajian sistematis terhadap literatur yang telah ada guna mengidentifikasi praktik terbaik, tantangan utama, serta peluang masa depan dari integrasi lean dan green manufacturing dalam konteks industri.

2. Metoda

Lean manufacturing merupakan paradigma manajerial yang berakar dari Sistem Produksi Toyota, dengan penekanan utama pada eliminasi pemborosan (muda), peningkatan kualitas, dan penciptaan aliran nilai yang optimal bagi pelanggan (Bai et al., 2019; Henao et al., 2019). Inti dari pendekatan ini terletak pada efisiensi proses yang berkelanjutan melalui teknik seperti Just-in-Time (JIT), 5S, Kaizen, dan Value Stream Mapping (VSM) (Zhu et al., 2020). Implementasi lean terbukti meningkatkan produktivitas, menurunkan inventory, serta mempercepat siklus produksi, bahkan pada skala industri kecil dan menengah (Ahmad et al., 2021; Thanki & Thakkar, 2020).

Sejalan dengan itu, green manufacturing merepresentasikan upaya sistemik untuk mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas produksi, melalui efisiensi energi, pengurangan emisi karbon, dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan (Abualfaraa et al., 2020; Lartey et al., 2020). Pendekatan ini mencakup prinsip design for environment, waste hierarchy, dan penggunaan clean technology. Green manufacturing juga menjadi norma strategis akibat meningkatnya tekanan regulasi dan preferensi konsumen yang makin sadar lingkungan (Cai et al., 2019; Costa et al., 2024).

Meskipun awalnya berkembang secara terpisah, lean dan green memiliki titik temu konseptual dan operasional yang kuat. Berbagai studi menegaskan bahwa proses lean sering kali menghasilkan manfaat lingkungan secara tidak langsung—misalnya, pengurangan energi akibat aliran proses yang lebih

efisien (Belhadi et al., 2020; Bhattacharya et al., 2019). Oleh karena itu, integrasi keduanya menciptakan sinergi yang melampaui sekadar efisiensi atau keberlanjutan, tetapi menciptakan nilai strategis jangka panjang (C. Singh et al., 2020). Namun, integrasi ini menuntut pendekatan yang holistik dan tidak hanya bersifat instrumental.

Untuk mendukung integrasi tersebut, berbagai alat telah dikembangkan dan dimodifikasi. Value Stream Mapping (VSM), misalnya, merupakan alat utama dalam lean untuk memvisualisasikan aliran proses dan mengidentifikasi aktivitas non-value-added. Dalam konteks green, VSM telah dimodifikasi menjadi Green VSM atau Environmental VSM untuk memasukkan parameter lingkungan seperti konsumsi energi dan emisi (Siegel et al., 2019; Zhu et al., 2020). Penggunaan VSM dalam integrasi lean-green terbukti dapat mengidentifikasi peluang perbaikan proses yang simultan dalam aspek ekonomi dan ekologis. Di sisi lain, Life Cycle Assessment (LCA) berperan sebagai alat evaluasi menyeluruh terhadap dampak lingkungan produk atau proses sepanjang siklus hidupnya. Dalam integrasi lean-green, LCA memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data terhadap trade-off lingkungan dan operasional (Despeisse et al., 2022; Gholami et al., 2021). Kombinasi VSM dan LCA menjadi fondasi metodologis yang semakin diperkuat dalam berbagai penelitian terkini.

Dalam memahami dan menganalisis integrasi lean dan green manufacturing, pendekatan teoritis berfungsi sebagai fondasi konseptual untuk menjelaskan dinamika implementasi, hasil, dan hambatan. Setidaknya terdapat tiga teori utama yang secara konsisten digunakan dalam literatur untuk menjelaskan keberhasilan dan tantangan integrasi ini, yakni Resource-Based View (RBV), Institutional Theory, dan Contingency Theory. RBV mengemukakan bahwa keunggulan kompetitif berkelanjutan diperoleh melalui pengelolaan sumber daya internal yang unik, bernilai, langka, tidak dapat ditiru, dan tidak dapat digantikan (Pervez Khan et al., n.d.). Dalam konteks integrasi lean dan green, pendekatan ini menjelaskan bahwa organisasi yang mampu mengoptimalkan proses internal seperti pengurangan waste (lean) sekaligus meminimalkan dampak lingkungan (green), secara bersamaan sedang membentuk “kapabilitas dinamis” yang strategis. Studi oleh Despeisse (2022); Siegel (2019) mendukung gagasan ini dengan menunjukkan bahwa penguasaan alat seperti VSM dan LCA merupakan bentuk sumber daya organisasi yang mendukung efisiensi dan keberlanjutan jangka panjang. RBV juga menjadi dasar bahwa adopsi praktik lean-green tidak semata-mata tuntutan eksternal, melainkan strategi internal berbasis kapabilitas.

Institutional Theory memberikan kerangka kerja untuk memahami bagaimana tekanan eksternal—baik regulasi pemerintah, tekanan sosial, maupun ekspektasi pasar—memengaruhi perilaku organisasi (Caldera et al., 2019; Costa et al., 2024). Dalam konteks lean-green manufacturing, adopsi praktik berkelanjutan sering kali bukan hanya didorong oleh efisiensi internal, tetapi juga oleh kepatuhan terhadap regulasi lingkungan dan permintaan konsumen akan produk hijau. Penelitian oleh Bhattacharya (2019) dan Gholami (2021) menemukan bahwa perusahaan cenderung mengadopsi pendekatan integratif lean-green sebagai respons terhadap standar lingkungan internasional, seperti ISO 14001 dan SDGs. Tekanan institusional ini memengaruhi desain strategi produksi yang mengintegrasikan nilai ekonomi dan ekologi.

Terakhir, Contingency Theory menyatakan bahwa tidak ada satu pendekatan manajerial yang paling efektif untuk semua situasi, dan keberhasilan strategi sangat bergantung pada kecocokan antara praktik dan kondisi eksternal (Ferrazzi et al., 2025). Dalam implementasi lean-green, efektivitas integrasi dipengaruhi oleh berbagai kontingensi seperti kesiapan teknologi, karakteristik industri, struktur organisasi, dan budaya kerja. Thanki & Thakkar, (2020) dan Tripathi (2021) menunjukkan bahwa di sektor UKM, keberhasilan integrasi sangat bergantung pada dukungan kepemimpinan dan fleksibilitas proses. Artinya, lean-green bukanlah pendekatan universal yang dapat diadopsi secara langsung, melainkan perlu disesuaikan dengan konteks organisasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Kajian ini menggunakan pendekatan systematic literature review (SLR) untuk mengidentifikasi dan mensintesis penelitian mengenai integrasi lean-green di sektor industri. Dengan kerangka kerja empat tahap, yakni sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, untuk memastikan prosedur kajian berjalan transparan, sistematis, dan berbasis bukti.



Gambar 1. Protokol Penelitian Literatur *Review Lean and Green*

Sumber: (Amrina & Teuku Yuri M. Zagloel, 2019)

Gambar 1 menggambarkan alur proses SLR dimulai dari pemilihan ruang lingkup, dilanjutkan proses pencarian dan penyaringan literatur, kemudian sintesis data tematik, menyusun isu yang ditemukan pada semua artikel, serta diakhiri pemetaan pengetahuan beserta rekomendasi. Dengan kerangka ini, diharapkan kontribusi penelitian tidak hanya memetakan tren dan model integrasi lean-green, tetapi juga menyiapkan dasar transformasi industri yang lebih adaptif terhadap prinsip keberlanjutan di masa depan. Proses SLR meliputi perumusan pertanyaan penelitian, strategi pencarian literatur di basis data ilmiah (ScienceDirect, Google Scholar, Emerald), kriteria inklusi-eksklusi, seleksi artikel, ekstraksi data, dan sintesis tematik. Pencarian mencakup jurnal, konferensi publikasi, dan buku.

4.1 Penentuan Ruang Lingkup

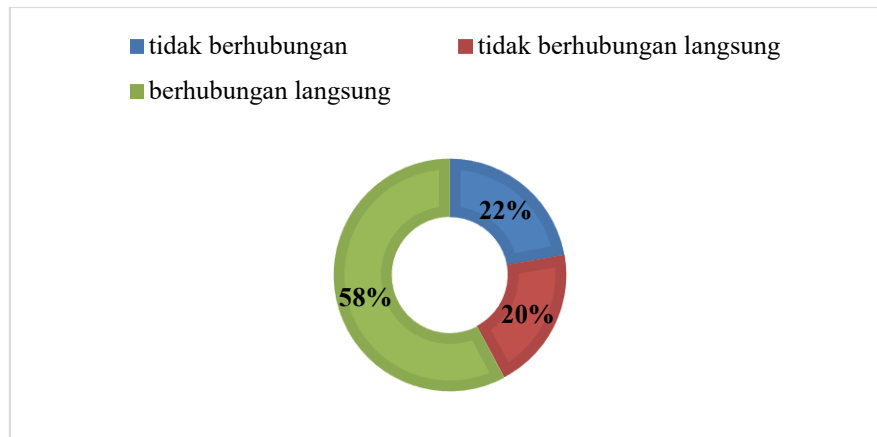
Penelitian ini memfokuskan pada integrasi *lean* dan *green manufacturing* dalam konteks industri manufaktur. Ruang lingkup mencakup pendekatan konseptual, studi empiris, dan model integratif yang diterapkan pada sektor manufaktur berskala kecil hingga besar. Fokus utama diarahkan pada studi yang menggunakan alat bantu seperti Value Stream Mapping (VSM) dan Life Cycle Assessment (LCA) sebagai instrumen utama dalam integrasi lean dan green (Gholami et al., 2021; Zhu et al., 2020).

Kriteria inklusi meliputi artikel yang membahas integrasi praktik lean-green, berkontribusi pada efisiensi proses sekaligus dampak lingkungan, dan dipublikasikan dalam rentang 2018–2024. Sektor manufaktur yang dikaji bervariasi, mulai dari otomotif, elektronik, agri-food, hingga industri kecil dan menengah (SMEs) (Ahmad et al., 2021; Thanki & Thakkar, 2020; Viles et al., 2021). Studi yang hanya membahas lean atau green secara tunggal tanpa indikasi integratif dikecualikan dari tinjauan ini.

4.2 Pencarian dan Penyaringan Literatur

Pencarian literatur dilakukan pada basis data Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar, menggunakan kombinasi kata kunci: "*lean manufacturing*", "*green manufacturing*", "*lean-green integration*", "*VSM*", "*LCA*", dan "*sustainable production*". Strategi pencarian mengikuti pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

Dari 80 artikel awal yang diperoleh, proses penyaringan dilakukan melalui tiga tahap: penyaringan judul dan abstrak, pembacaan keseluruhan naskah, serta seleksi berdasarkan kesesuaian topik dan kualitas metodologi. Setelah proses eksklusi, diperoleh 42 artikel yang memenuhi kriteria, 18 artikel tidak berhubungan langsung, dan 20 tidak berhubungan seperti dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Pengelompokan Artikel

4.3 Ekstraksi Data dan Sintesis Tematik

Data diekstraksi berdasarkan atribut berikut: (1) nama penulis dan tahun, (2) fokus penelitian (teoretis atau empiris), (3) hasil utama terkait integrasi lean-green. Dan kemudian untuk tahap sintesis tematik akan dikelompokkan menjadi 5 berdasarkan temuan di dalam artikel (1) Efisiensi Dan Operasional lingkungan berdasarkan Bai et al., (2019) dan Belhadi et al., (2018) menunjukkan integrasi lean-green meningkatkan efisiensi energi, mengurangi limbah, dan mempercepat siklus produksi. (2) Alat pendukung (VSM & LCA) VSM digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan dan Green VSM memetakan aspek ekologis (Zhu et al., 2020), sedangkan LCA dipakai untuk menilai dampak lingkungan proses (Despeisse et al., 2022), (3) Hambatan Implementasi Studi oleh Kumar et al., n.d. dan Singh et al., (2020) menyoroti resistensi budaya organisasi dan kurangnya pelatihan sebagai hambatan utama, (4) Faktor Pendorong Keberhasilan berdasarkan Caldera (2019) dan Costa (2024) dukungan manajemen puncak, teknologi digital, serta tekanan regulatif terbukti mendukung adopsi lean-green. (5) Model Konseptual Framework (Gaikwad & Sunnapwar, 2020; Siegel et al., 2019). Beberapa artikel menyajikan kerangka konseptual yang menggabungkan RBV, VSM, dan LCA sebagai pendekatan terintegrasi.

Tabel 1. Efisiensi Dan Operasional Tabel 1

Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
Review Artikel	Studi ini menyoroti pentingnya integrasi lean dan green manufacturing sebagai strategi efisiensi sekaligus keberlanjutan, namun menekankan masih terbatasnya implementasi sistematis di tingkat industri (Leong et al., 2019).
Critical Literature Review	(Abualfaraa et al., 2020) mengkritisi kurangnya kerangka konseptual yang jelas dalam integrasi lean-green dan mengusulkan pengembangan metrik evaluasi performa yang mendukung sinergi antara efisiensi dan keberlanjutan.
Eksperimen Industri	Melalui eksperimen industri, (Logesh & Balaji, 2021) menunjukkan bahwa penggunaan alat lean secara signifikan mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi lingkungan pada produksi komponen listrik.
Empiris Kuantitatif	(Thanki & Thakkar, 2020) secara empiris membuktikan bahwa SME yang mengadopsi integrasi lean dan green manufacturing memiliki peningkatan efisiensi operasi dan pengurangan dampak lingkungan.
Review Konseptual	(Fiorello et al., 2023) menyarankan paradigma produksi cerdas berbasis lean-green dengan memanfaatkan teknologi digital untuk mengatasi tantangan operasional dan lingkungan secara bersamaan.
Review	(Henao et al., 2019) menyimpulkan bahwa praktik lean secara konsisten memberikan kontribusi positif terhadap performa keberlanjutan, terutama dalam hal efisiensi energi dan pengurangan limbah.

Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
Case Study	(Shokri & Li, 2020) melalui studi kasus menemukan bahwa penggabungan proyek Lean Six Sigma dengan prinsip green mendorong efisiensi proses dan memperkuat kesadaran lingkungan di sektor manufaktur.
Conceptual Model	(Costa et al., 2024) menyusun model transisi hijau yang mengintegrasikan lean dan Industry 4.0, menekankan pada digitalisasi sebagai pendorong efisiensi dan tanggung jawab lingkungan.
Survei Kuantitatif	(Chen et al., 2019) mengonfirmasi bahwa penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dan lean dipengaruhi oleh tekanan institusional dan memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan operasional.
Slr	(Ferrazzi et al., 2025) menunjukkan bahwa praktik lean tidak hanya meningkatkan efisiensi internal tetapi juga berkontribusi langsung terhadap performa lingkungan perusahaan.
Multiple Criteria Dea	(da Silva et al., 2021) menyusun model DEA multikriteria yang dapat mengukur dan membandingkan efisiensi siklus produksi lean-green, menawarkan pendekatan kuantitatif untuk pengambilan keputusan.
Empiris Kuantitatif	(Bai et al., 2019) menunjukkan bahwa investasi dalam lean manufacturing memberikan manfaat operasional dan lingkungan secara simultan, terutama dalam konteks negara berkembang.
Framework Based On Rbv	(Pervez Khan et al., n.d.) menyusun kerangka kerja lean-green-six sigma berbasis teori sumber daya (RBV), yang mengaitkan keunggulan kompetitif dengan efisiensi dan inovasi lingkungan.
Review Dan Studi Kasus	(Caldera et al., 2019) menunjukkan bagaimana penerapan lean-green dalam UKM tidak hanya meningkatkan efisiensi dan lingkungan, tetapi juga berdampak positif terhadap aspek sosial seperti kesejahteraan pekerja.
Systematic Review	(Farias et al., 2019) menyusun kerangka evaluasi kinerja lean-green berbasis sistematis yang mencakup indikator strategis dan operasional untuk pengukuran performa berkelanjutan.
Literature Survey	(C. Singh et al., 2020) menyusun parameter kunci performa green-lean yang mencakup efisiensi sumber daya, emisi, dan kepuasan pelanggan untuk evaluasi terintegrasi.
Review Sistematis 107 Artikel	(Marco-Ferreira et al., 2020) melakukan tinjauan sistematis terhadap 107 artikel dan menyimpulkan bahwa lean dan green secara sinergis memperkuat efisiensi dan kinerja lingkungan.
Critical Review	(Bhattacharya et al., 2019) melakukan tinjauan kritis yang menunjukkan bahwa integrasi lean dan green manufacturing berpotensi besar namun membutuhkan strategi penguatan budaya organisasi.
Model Energi Lean	(Cai et al., 2019) menyarankan strategi lean berbasis energi yang berfokus pada penghematan dan pengurangan emisi, terutama relevan dalam transisi menuju manufaktur rendah karbon.
Analisis Empiris	(Lartey et al., 2020) menunjukkan korelasi positif antara penerapan strategi lean-green dan pertumbuhan perusahaan, terutama pada aspek daya saing dan inovasi.
Structural Equation Modeling	(Iranmanesh et al., 2019) menemukan bahwa lean culture berperan sebagai moderator positif dalam hubungan antara praktik lean dan performa keberlanjutan di sektor manufaktur.
Studi Kasus	(Rossi et al., n.d.) melalui studi kasus menekankan perlunya integrasi eksplisit aspek lingkungan ke dalam filosofi lean untuk mencapai performa berkelanjutan secara menyeluruh.
Studi Kasus Telemetry	(Viles et al., 2021) menunjukkan bahwa penerapan teknologi telemetry dalam industri agri-food dapat mendukung inisiatif lean-green melalui pemantauan konsumsi air secara real-time.

Tabel 2. VSM dan LCA

Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
Dmaic Framework	(Gholami et al., 2021) membuktikan bahwa pendekatan DMAIC yang dikombinasikan dengan Environmental Value Stream Mapping (E-VSM) efektif dalam mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan lingkungan.
Studi Kasus E-VSM	(Zhu et al., 2020) melalui studi kasus E-VSM memperlihatkan efektivitas metode ini dalam mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan lingkungan secara kuantitatif.

Tabel 3. Hambatan Implementasi

Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
ISM & MICMAC ANALYSIS	(Sindhwani et al., 2019) mengidentifikasi hambatan implementasi lean-green-agile, dengan pendekatan ISM & MICMAC yang menunjukkan bahwa kendala teknologi dan budaya organisasi adalah faktor dominan penghambat.
DEMATEL	(C. Singh et al., 2020) menegaskan bahwa faktor-faktor internal seperti resistensi budaya dan kurangnya pelatihan menjadi hambatan utama dalam adopsi praktik lean-green di sektor manufaktur.
REVIEW KONSEPTUAL	(Fiorello et al., 2023) menyarankan paradigma produksi cerdas berbasis lean-green dengan memanfaatkan teknologi digital untuk mengatasi tantangan operasional dan lingkungan secara bersamaan.
AHP	(Kumar et al., n.d.) mengungkapkan hambatan implementasi lean-green terutama berasal dari kurangnya komitmen manajemen dan motivasi internal organisasi.
DISCRETE EVENT SIMULATION	(Baumer-Cardoso et al., 2020) melalui simulasi menemukan adanya trade-off antara lean dan green dalam hal konsumsi air dan energi, menekankan perlunya keseimbangan strategis dalam desain proses.
TWO-WAY ASSESSMENT	(P. L. Singh et al., 2019) melalui pendekatan penilaian dua arah, mengidentifikasi bahwa keterbatasan dalam sumber daya manusia dan teknologi merupakan penghalang utama integrasi lean-green-agile.

Tabel 4. Faktor Pendukung Keberhasilan

FOKUS PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
CONCEPTUAL MODEL	(Costa et al., 2024) menyusun model transisi hijau yang mengintegrasikan lean dan Industry 4.0, menekankan pada digitalisasi sebagai pendorong efisiensi dan tanggung jawab lingkungan.
DELPHI DAN AHP	(Toke & Kalpande, 2019) menggunakan metode Delphi dan AHP untuk merumuskan faktor-faktor kunci sukses dalam implementasi green manufacturing di konteks industri India.
BEST-WORST METHOD	(Ahmad et al., 2021) menerapkan metode Best-Worst untuk memprioritaskan indikator performa lean-green di UKM India, menyoroti pentingnya aspek lingkungan dan keterlibatan manajemen.
LITERATURE-BASED STRATEGY FRAMEWORK	(Yadav et al., 2023) mengusulkan pendekatan inovatif untuk transisi dari strategi inkremental menuju teknologi lean-green-digital yang lebih radikal dalam mendukung pencapaian SDGs.

Tabel 5. Model Konseptual Framework

FOKUS PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
CRITICAL LITERATURE REVIEW	(Abualfaraa et al., 2020) mengkritisi kurangnya kerangka konseptual yang jelas dalam integrasi lean-green dan mengusulkan pengembangan metrik evaluasi performa yang mendukung sinergi antara efisiensi dan keberlanjutan.
PROTOTYPING CONCEPTUAL MODEL	(Tripathi et al., 2021) mengusulkan model lean-green cerdas berbasis IoT dan Industry 4.0, yang secara teoritis mampu meningkatkan keberlanjutan dan fleksibilitas produksi secara bersamaan.
CONCEPTUAL MODEL	(Costa et al., 2024) menyusun model transisi hijau yang mengintegrasikan lean dan Industry 4.0, menekankan pada digitalisasi sebagai pendorong efisiensi dan tanggung jawab lingkungan.
REVIEW	(Gaikwad & Sunnapwar, 2020) menyoroti bahwa integrasi Lean, Green, dan Six Sigma perlu difasilitasi oleh framework terpadu untuk memastikan hasil performa yang optimal dalam sektor industri.
MULTIPLE CRITERIA DEA	(da Silva et al., 2021) menyusun model DEA multikriteria yang dapat mengukur dan membandingkan efisiensi siklus produksi lean-green, menawarkan pendekatan kuantitatif untuk pengambilan keputusan.
CONCEPTUAL MODEL	(C. Singh et al., 2020) mengembangkan model konseptual yang menggambarkan hubungan antara faktor internal dan eksternal dalam implementasi praktik lean-green di industri India.

FOKUS PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW	(Siegel et al., 2019) menyusun kerangka kerja konseptual untuk integrasi lean-green pada UKM berbasis pendekatan keberlanjutan, menekankan pentingnya adaptasi strategi sesuai skala organisasi.
LITERATURE REVIEW	Penelitian ini memetakan arah dan tren penggabungan lean, green, dan sustainability serta menyarankan integrasi dengan teknologi Industry 4.0 untuk mencapai hasil optimal dalam manufaktur berkelanjutan (Elemure et al., 2023)
STRUCTURAL EQUATION MODELING	(Belhadi et al., 2020) menunjukkan bahwa integrasi Big Data Analytics dengan Lean Six Sigma dan Green dapat meningkatkan performa keberlanjutan, namun memerlukan struktur organisasi yang adaptif.
CRITICAL REVIEW	(Bhattacharya et al., 2019) melakukan tinjauan kritis yang menunjukkan bahwa integrasi lean dan green manufacturing berpotensi besar namun membutuhkan strategi penguatan budaya organisasi.
SLR	(Despeisse et al., 2022) mengidentifikasi delapan proposisi kunci dari studi empiris green manufacturing dan mengusulkan kerangka riset yang selaras dengan digitalisasi berkelanjutan.
SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW	(Duarte & Mc Dermott, 2025) mengidentifikasi dimensi kesiapan organisasi dalam mengadopsi Lean-Green 4.0, mencakup teknologi, budaya inovasi, dan kepemimpinan transformasional.
EMPIRICAL ANALYSIS	(Leong et al., 2019) menekankan bahwa pendekatan berbasis hasil (outcome-based) dalam lean-green dapat memperkuat pengukuran manfaat langsung terhadap kinerja lingkungan dan finansial.

4.4 Pemetaan Pengetahuan dan Rekomendasi Praktik Arah Penelitian Kedepan

Sintesis dari 42 artikel ilmiah dalam SLR ini mengungkapkan lima tema dominan yang saling terhubung, yaitu: efisiensi operasional dan lingkungan, hambatan implementasi, penguatan alat bantu teknis (terutama VSM dan LCA), pengembangan model konseptual, serta dimensi keberlanjutan strategis. Pemetaan pengetahuan ini menegaskan bahwa integrasi Lean dan Green tidak hanya berdampak positif terhadap produktivitas dan keberlanjutan, tetapi juga mendorong transformasi strategis dalam pengambilan keputusan industri manufaktur.

Secara khusus, alat bantu seperti Value Stream Mapping (VSM) dan Life Cycle Assessment (LCA) menjadi jembatan metodologis antara efisiensi proses dan performa lingkungan. Studi oleh Zhu (2020) dan Gholami (2021) menunjukkan bagaimana adaptasi Green VSM mampu mengukur pemborosan energi dan emisi, sedangkan LCA membantu mengevaluasi dampak lingkungan secara menyeluruh. Penerapan simultan kedua alat ini teridentifikasi dalam studi pada sektor kosmetik oleh (Amrina, 2023) dan juga (Ferroq et al., 2016) integrasi teknik reduksi limbah dalam jurnal menunjukkan bahwa sinergi teknis sangat efektif terutama di konteks UKM.

Namun, terdapat kesenjangan yang signifikan dalam literatur. Pertama, masih minim studi yang mengembangkan model integratif berbasis digital seperti Smart Lean-Green Framework (Costa et al., 2024; Tripathi et al., 2021). Kedua, penelitian dengan pendekatan kuantitatif berbasis longitudinal untuk mengukur dampak jangka panjang terhadap triple bottom line masih jarang ditemukan. Selain itu, isu konteks sektoral belum banyak dieksplorasi—hanya beberapa studi yang membahas industri spesifik seperti agri-food (Viles et al., 2021) atau kosmetik (Amrina, 2023).

Rekomendasi praktis dari studi ini antara lain: (1) adopsi alat bantu ganda VSM dan LCA untuk memastikan pencapaian efisiensi dan keberlanjutan yang paralel, (2) perlunya pelatihan lintas fungsi dalam organisasi untuk mengatasi hambatan implementasi (Ahmad et al., 2021; Sindhwani et al., 2019), dan perlunya kolaborasi antara perusahaan, akademisi, dan pembuat kebijakan dalam menyusun kebijakan insentif adopsi lean-green di sektor UKM.

4.5 Diskusi

Integrasi antara lean dan green manufacturing secara umum menunjukkan arah positif dalam peningkatan kinerja operasional dan lingkungan, sebagaimana dikonfirmasi oleh sebagian besar literatur yang dianalisis dalam kajian ini. Namun, diskusi kritis terhadap temuan mengindikasikan bahwa efektivitas pendekatan integratif ini sangat bergantung pada konteks institusional, kapabilitas organisasi, serta kesesuaian alat bantu teknis yang digunakan.

Studi-studi terdahulu seperti oleh Ahmad et al., (2021) dan Sindhwani et al., (2019) menekankan bahwa keberhasilan implementasi lean-green tidak hanya ditentukan oleh teknik seperti Value Stream

Mapping (VSM), tetapi juga oleh kesiapan organisasi dalam menerima perubahan budaya dan teknologi. Hal ini sejalan dengan pandangan Contingency Theory, yang menyatakan bahwa tidak ada satu solusi universal dalam manajemen operasional. Praktik lean-green harus disesuaikan dengan ukuran organisasi, sektor industri, dan lingkungan eksternal. Lebih lanjut, alat bantu seperti *VSM* dan *Life Cycle Assessment (LCA)* tidak hanya berfungsi sebagai teknik pemetaan dan evaluasi dampak, melainkan juga menjadi sumber daya strategis yang mendukung keunggulan kompetitif, sesuai dengan kerangka Resource-Based View (RBV). Studi oleh (Zhu et al., 2020) dan (Gholami et al., 2021) menunjukkan bahwa organisasi yang berhasil mengadopsi alat ini secara terintegrasi cenderung memiliki kemampuan yang lebih adaptif dan inovatif dalam menanggapi tekanan lingkungan dan efisiensi biaya. Namun demikian, temuan juga mengindikasikan adanya kesenjangan penelitian dalam hal integrasi digitalisasi, terutama dalam penerapan teknologi seperti *Big Data Analytics* dan *IoT* untuk mendukung keputusan lean-green secara real-time (Belhadi et al., 2020; Fiorello et al., 2023). Selain itu, literatur yang membahas konteks sektor tertentu, seperti industri kosmetik (Amrina, 2023) atau agri-food (Viles et al., 2021), masih sangat terbatas dan belum memberikan generalisasi yang memadai.

Diskusi ini juga mencermati bahwa tekanan eksternal dari regulasi dan konsumen memainkan peran krusial dalam mendorong adopsi lean-green, sebagaimana dikemukakan dalam Institutional Theory. Studi oleh Bhattacharya (2019) dan Costa (2024) menegaskan bahwa standar lingkungan global seperti ISO 14001 atau SDGs memengaruhi strategi manufaktur dan mendorong perusahaan untuk mengintegrasikan nilai-nilai efisiensi dan keberlanjutan ke dalam proses bisnis inti mereka.

Secara keseluruhan, integrasi lean dan green manufacturing perlu dipandang sebagai strategi sistemik, bukan hanya sebagai agregasi dari dua pendekatan. Keberhasilan integrasi sangat bergantung pada kemampuan organisasi untuk mengelola sumber daya internal, menjawab tekanan eksternal, dan menyesuaikan pendekatan terhadap karakteristik industrinya. Diskursus ini menunjukkan pentingnya pendekatan yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga kontekstual, teoritis, dan strategis dalam membangun manufaktur yang berkelanjutan.

4. Kesimpulan dan Saran

Studi ini secara sistematis mengevaluasi integrasi lean dan green manufacturing melalui analisis 42 artikel ilmiah dari berbagai disiplin dan konteks industri. Temuan utama menunjukkan bahwa pendekatan integratif lean-green bukan hanya menawarkan manfaat efisiensi operasional, tetapi juga secara signifikan berkontribusi pada kinerja keberlanjutan lingkungan, yang kian menjadi prioritas strategis dalam lanskap manufaktur modern.

Penerapan alat bantu seperti Value Stream Mapping (VSM) dan Life Cycle Assessment (LCA) menjadi elemen kunci dalam menjembatani tujuan produktivitas dan keberlanjutan. Integrasi metodologis antara teknik lean dan evaluasi lingkungan terbukti mempercepat pencapaian efisiensi material, energi, dan waktu, tanpa mengorbankan tanggung jawab ekologis. Namun demikian, keberhasilan implementasi lean-green sangat bergantung pada kesesuaian konteks organisasi. Kesiapan teknologi, budaya kerja, serta tekanan institusional memainkan peran mediatif yang signifikan. Studi yang dianalisis juga mengungkap bahwa masih terdapat kesenjangan dalam literatur, terutama dalam adopsi teknologi digital untuk mendukung integrasi real-time dan dalam pengujian empiris lintas sektor industri.

Sebagai kontribusi konseptual, studi ini menyarankan perlunya pendekatan yang tidak hanya menggabungkan lean dan green secara instrumental, tetapi juga menyatukannya dalam strategi korporat jangka panjang yang didukung oleh sumber daya unik organisasi, kebijakan pro-lingkungan, serta sistem pengukuran terintegrasi. Implikasi dari temuan ini memberikan dasar kuat bagi pengembangan model teoritis baru dan praktik industri yang lebih adaptif dalam mewujudkan manufaktur berkelanjutan.

Daftar Pustaka

Abualfaraa, W., Salonitis, K., Al-Ashaab, A., & Ala'raj, M. (2020). Lean-green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12030981>

- Ahmad, S., Abdullah, A., & Talib, F. (2021). Lean-green performance management in Indian SMEs: a novel perspective using the best-worst method approach. *Benchmarking*, 28(2), 737–765. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2020-0255>
- Ali, H., Chen, T., & Hao, Y. (2021). Sustainable manufacturing practices, competitive capabilities, and sustainable performance: moderating role of environmental regulations. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810051>
- Amrina, U. (2023). *Improving The Sustainability of Cosmetics Small and Medium Industries: A Case Study Section: Research Paper*.
- Amrina, U., & Teuku Yuri M. Zagloel. (2019). *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications : ICIEA 2019 : April 12-15, 2019, Tokyo, Japan*. IEEE Press.
- Bai, C., Satir, A., & Sarkis, J. (2019). Investing in lean manufacturing practices: an environmental and operational perspective. *International Journal of Production Research*, 57(4), 1037–1051. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1498986>
- Baumer-Cardoso, M. I., Campos, L. M. S., Portela Santos, P. P., & Frazzon, E. M. (2020). Simulation-based analysis of catalyzers and trade-offs in Lean & Green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118411>
- Belhadi, A., Kamble, S. S., Zkik, K., Cherrafi, A., & Touriki, F. E. (2020). The integrated effect of Big Data Analytics, Lean Six Sigma and Green Manufacturing on the environmental performance of manufacturing companies: The case of North Africa. *Journal of Cleaner Production*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119903>
- Belhadi, A., Touriki, F. E., & El Fezazi, S. (2018). Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study. *Production Planning and Control*, 29(11), 873–894. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1490971>
- Bhattacharya, A., Nand, A., & Castka, P. (2019). Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 236). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117697>
- Cai, W., Lai, K. hung, Liu, C., Wei, F., Ma, M., Jia, S., Jiang, Z., & Lv, L. (2019). Promoting sustainability of manufacturing industry through the lean energy-saving and emission-reduction strategy. *Science of the Total Environment*, 665, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.069>
- Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2019). Transforming manufacturing to be ‘good for planet and people’, through enabling lean and green thinking in small and medium-sized enterprises. *Sustainable Earth*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s42055-019-0011-z>
- Chen, P. K., Fortuny-Santos, J., Lujan, I., & Ruiz-de-Arbulo-López, P. (2019). Sustainable manufacturing: Exploring antecedents and influence of Total Productive Maintenance and lean manufacturing. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(11). <https://doi.org/10.1177/1687814019889736>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Govindan, K., Garza-Reyes, J. A., Benhida, K., & Mokhlis, A. (2017). A framework for the integration of Green and Lean Six Sigma for superior sustainability performance. *International Journal of Production Research*, 55(15), 4481–4515. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1266406>
- Costa, F., Alemsan, N., Bilancia, A., Tortorella, G. L., & Portioli Staudacher, A. (2024). Integrating industry 4.0 and lean manufacturing for a sustainable green transition: A comprehensive model. *Journal of Cleaner Production*, 465. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142728>
- Da Silva, A. F., Marins, F. A. S., Dias, E. X., & Ushizima, C. A. (2021). Improving manufacturing cycle efficiency through new multiple criteria data envelopment analysis models: an application in green and lean manufacturing processes. *Production Planning and Control*, 32(2), 104–120. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1713413>
- Despeisse, M., Chari, A., González Chávez, C. A., Monteiro, H., Machado, C. G., & Johansson, B. (2022). A systematic review of empirical studies on green manufacturing: eight propositions and a research framework for digitalized sustainable manufacturing. *Production and Manufacturing Research*, 10(1), 727–759. <https://doi.org/10.1080/21693277.2022.2127428>
- Duarte, S., & Mc Dermott, O. (2025). The dimensions of Lean-Green 4.0 readiness a Systematic literature review. *Production Planning and Control*, 36(9), 1175–1187. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2348522>

- Elemure, I., Dhakal, H. N., Leseure, M., & Radulovic, J. (2023). Integration of Lean Green and Sustainability in Manufacturing: A Review on Current State and Future Perspectives. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310261>
- Farias, L. M. S., Santos, L. C., Gohr, C. F., Oliveira, L. C. de, & Amorim, M. H. da S. (2019). Criteria and practices for lean and green performance assessment: Systematic review and conceptual framework. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 218, pp. 746–762). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.042>
- Fercoq, A., Lamouri, S., & Carbone, V. (2016). Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, 137, 567–578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.107>
- Ferrazzi, M., Frecassetti, S., Bilancia, A., & Portioli-Staudacher, A. (2025). Investigating the influence of lean manufacturing approach on environmental performance: A systematic literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 136(9), 4025–4044. <https://doi.org/10.1007/s00170-024-13215-5>
- Fiorello, M., Gladysz, B., Corti, D., Wybraniak-Kujawa, M., Ejsmont, K., & Sorlini, M. (2023). Towards a smart lean green production paradigm to improve operational performance. *Journal of Cleaner Production*, 413. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137418>
- Gaikwad, L., & Sunnapwar, V. (2020). An integrated Lean, Green and Six Sigma strategies: A systematic literature review and directions for future research. *TQM Journal*, 32(2), 201–225. <https://doi.org/10.1108/TQM-08-2018-0114>
- Gholami, H., Jamil, N., Mat Saman, M. Z., Streimikiene, D., Sharif, S., & Zakuan, N. (2021). The application of Green Lean Six Sigma. *Business Strategy and the Environment*, 30(4), 1913–1931. <https://doi.org/10.1002/bse.2724>
- Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 208, pp. 99–116). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116>
- Iranmanesh, M., Zailani, S., Hyun, S. S., Ali, M. H., & Kim, K. (2019). Impact of lean manufacturing practices on firms' sustainable performance: Lean culture as a moderator. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/su11041112>
- King, A. A., Lenox, M. J., & Lenox, M. (2001). *RESEARCH AND ANALYSIS Does It Really Pay to Be Green? An Empirical Study of Firm Environmental and Financial Performance*. <http://mitpress.mit.edu/JIEwww.stern.nyu.edu/~mlenox/>
- Kumar, R., Kumar, R., & Kumar, A. (2020). *Tec Empresarial*.
- Lartey, T., Yirenkyi, D. O., Adomako, S., Danso, A., Amankwah-Amoah, J., & Alam, A. (2020). Going green, going clean: Lean-green sustainability strategy and firm growth. *Business Strategy and the Environment*, 29(1), 118–139. <https://doi.org/10.1002/bse.2353>
- Leong, W. D., Lam, H. L., Lim, C. H., Tan, C. P., & Ponnambalam, S. G. (2019). Outcome based approach to lean and green manufacturing processing. *Chemical Engineering Transactions*, 72, 361–366. <https://doi.org/10.3303/CET1972061>
- Logesh, B., & Balaji, M. (2021). Experimental Investigations to Deploy Green Manufacturing through Reduction of Waste Using Lean Tools in Electrical Components Manufacturing Company. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 8(2), 365–374. <https://doi.org/10.1007/s40684-020-00216-4>
- Marco-Ferreira, A., Stefanelli, N. O., Seles, B. M. R. P., & Fidelis, R. (2020). Lean and Green: practices, paradigms and future prospects. In *Benchmarking* (Vol. 27, Issue 7, pp. 2077–2107). Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0415>
- Pampanelli, A. B., Found, P., & Bernardes, A. M. (2014). A Lean & Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, 85, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014>
- Pervez Khan, M., Talib, N. A., Kowang, T. O., Scholar, P., Malaysia, U. T., & Malaysia, T. (n.d.). The Development of a Sustainability Framework via Lean Green Six Sigma Practices in SMEs Based upon RBV Theory. In *International Journal of Innovation, Creativity and Change*. www.ijicc.net (Vol. 12, Issue 5). www.ijicc.net
- Rossi, M., Rossini, M., & Terzi, S. (n.d.). *Lecture Notes in Networks and Systems 122*. <http://www.springer.com/series/15179>

- Shokri, A., & Li, G. (2020). Green implementation of Lean Six Sigma projects in the manufacturing sector. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 711–729. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2018-0138>
- Siegel, R., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Cherrafi, A., & Lameijer, B. (2019). Integrated green lean approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 240). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118205>
- Sindhwani, R., Mittal, V. K., Singh, P. L., Aggarwal, A., & Gautam, N. (2019). Modelling and analysis of barriers affecting the implementation of lean green agile manufacturing system (LGAMS). *Benchmarking*, 26(2), 498–529. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2017-0245>
- Singh, C., Singh, D., & Khamba, J. S. (2020). Developing a conceptual model to implement green lean practices in Indian manufacturing industries using ISM-MICMAC approach. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 12(4), 587–608. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-08-2019-0080>
- Singh, P. L., Sindhwani, R., Dua, N. K., Jamwal, A., Aggarwal, A., Iqbal, A., & Gautam, N. (2019). Evaluation of common barriers to the combined lean-green-agile manufacturing system by two-way assessment method. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 653–672). Pleiades journals. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6412-9_62
- Thanki, S., & Thakkar, J. J. (2020). An investigation on lean-green performance of Indian manufacturing SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(3), 489–517. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2018-0424>
- Toke, L. K., & Kalpande, S. D. (2019). Critical success factors of green manufacturing for achieving sustainability in Indian context. *International Journal of Sustainable Engineering*, 12(6), 415–422. <https://doi.org/10.1080/19397038.2019.1660731>
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Singh, J., Pimenov, D. Y., & Giasin, K. (2021). An innovative agile model of smart lean-green approach for sustainability enhancement in industry 4.0. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/joitmc7040215>
- Viles, E., Santos, J., Muñoz-Villamizar, A., Grau, P., & Fernández-Arévalo, T. (2021). Lean-green improvement opportunities for sustainable manufacturing using water telemetry in agri-food industry. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su13042240>
- Yadav, S., Samadhiya, A., Kumar, A., Majumdar, A., Garza-Reyes, J. A., & Luthra, S. (2023). Achieving the sustainable development goals through net zero emissions: Innovation-driven strategies for transitioning from incremental to radical lean, green and digital technologies. *Resources, Conservation and Recycling*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107094>
- Zhu, X. Y., Zhang, H., & Jiang, Z. G. (2020). Application of green-modified value stream mapping to integrate and implement lean and green practices: A case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(7), 716–731. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1667028>