

Integrasi Lean Manufacturing dan Industry 4.0 dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi di Industri

Willie

Universitas Kadiri, Indonesia

Corresponding author Phangwillie71@gmail.com

Abstrak - Revolusi Industri 4.0 menuntut manufaktur Indonesia untuk mengadopsi digitalisasi dan otomasi demi meningkatkan efisiensi dan mutu. Lean Manufacturing, dengan prinsip inti pengurangan waste dan peningkatan nilai, dapat diperkuat oleh teknologi seperti IoT, analisis big data, dan AI untuk menciptakan proses produksi adaptif dan efisien. Artikel ini menelaah tiga jurnal lokal mengenai: penerapan 5S di startup manufaktur, integrasi Lean Six Sigma dengan Industry 4.0 di industri pertahanan, dan penerapan prinsip Lean (VSM + 5S) di industri perkapalan. Meskipun integrasi ini mampu mengurangi waktu siklus, menurunkan defect, dan mempercepat pengambilan keputusan berbasis data, implementasi nyata masih dibatasi oleh faktor infrastruktur digital, keterbatasan kompetensi SDM, biaya, dan keamanan siber. Rekomendasi mencakup pilot project digitalisasi Lean di UMKM, pelatihan SDM, dan regulasi dukungan adopsi teknologi.

Kata Kunci : Lean Manufacturing, Industry 4.0, 5S, Lean Six Sigma, IoT, Big Data, Teknik Industri

***Abstract** - The Industrial Revolution 4.0 demands that Indonesian manufacturers adopt digitalization and automation to improve efficiency and quality. Lean Manufacturing, with its core principles of waste reduction and value enhancement, can be enhanced by technologies such as IoT, big data analytics, and AI to create adaptive and efficient production processes. This article reviews three local journals on: the implementation of 5S in manufacturing startups, the integration of Lean Six Sigma with Industry 4.0 in the defense industry, and the application of Lean principles (VSM + 5S) in the shipping industry. While this integration can reduce cycle times, reduce defects, and accelerate data-driven decision-making, actual implementation is still limited by digital infrastructure, limited human resource competencies, costs, and cybersecurity. Recommendations include pilot projects for Lean digitalization in MSMEs, human resource training, and regulations supporting technology adoption.*

Keywords: Lean Manufacturing, Industry 4.0, 5S, Lean Six Sigma, IoT, Big Data, Industrial Engineering



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam teknologi digital telah menghadirkan era baru produksi yang dikenal dengan sebutan Revolusi Industri 4.0, di mana konsep otomasi, Internet of Things (IoT), big data analytics, dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) mulai menggantikan proses manual tradisional. Dalam konteks industri manufaktur di Indonesia yang selama ini menjadi salah satu sektor utama penopang pertumbuhan ekonomi nasional adopsi teknologi Industry 4.0 menjadi kebutuhan strategis untuk meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya operasional, memperbaiki mutu produk, serta menjaga daya saing dalam pasar global yang semakin kompetitif (Asbari, Wijayanti, Hyun, Purwanto, & Santoso, 2020; Asbari, Wijayanti, Hyun, Purwanto, Santoso, et al., 2020; Purwanto et al., 2020; Purwanto & Asbari, 2021).

Lean Manufacturing, sebagai metodologi yang mengedepankan eliminasi waste dan peningkatan nilai tambah pelanggan, telah menjadi landasan fundamental bagi perusahaan manufaktur (Dabscheck et al., 1999; de Oliveira et al., 2019; Qureshi et al., 2023). Prinsip-prinsip seperti 5S, Value Stream Mapping (VSM), Kaizen, dan Lean Six Sigma telah intensif diterapkan untuk memperbaiki alur proses

produksi, meningkatkan efisiensi, dan melakukan continuous improvement secara konsisten. Meskipun telah terbukti efektif dalam konteks tradisional, ketergantungan penuh pada metode manual mulai dirasa tidak cukup menghadapi tantangan produksi skala besar dan lingkungan pasar yang semakin menuntut real-time responsiveness.

Integrasi Lean dengan elemen-elemen Industry 4.0 dipandang mampu menciptakan sistem manufaktur yang tidak hanya ramping tetapi juga cerdas (smart), adaptif, dan terukur secara data-driven. Dengan sensor IoT yang memantau aliran material dan mesin secara real-time, algoritma AI yang memprediksi bottleneck, hingga dashboard digital yang memvisualisasikan KPI seperti OEE dan defect rate secara langsung, sistem produksi dapat lebih resilient dan responsif. Literasi global menunjukkan bahwa sinergi Lean dan Industry 4.0 membawa dampak baik dari sisi efisiensi, kualitas, maupun fleksibilitas operasional.

Di Indonesia, sejumlah studi lokal telah mengangkat aspek ini secara parsial. Misalnya, studi oleh Putro & Nursyamsiah (2024) menggambarkan bagaimana startup manufaktur domestik berhasil meningkatkan efisiensi operasional melalui penerapan metode 5S secara manual, meskipun belum memanfaatkan teknologi digital seperti IoT untuk evaluasi kinerja gudang secara real-time. Kemudian, penelitian oleh Fatmawati et al. (2023) mengeksplorasi secara konseptual integrasi antara Lean Six Sigma (DMAIC) dengan teknologi Industry 4.0—seperti IoT, big data, AI, dan robotika—yang dinilai memiliki potensi besar untuk mempercepat produksi dan menekan tingkat cacat, meskipun masih menghadapi tantangan yaitu kesiapan infrastruktur digital, SDM, biaya, serta keamanan siber. Di sektor industri perkapalan, jurnal dari Globe (Mei 2024) menyajikan tinjauan literatur tentang penerapan Lean klasik (termasuk VSM dan 5S) yang terbukti meningkatkan performa produksi dan kualitas layanan tanpa melibatkan digitalisasi yang intensif.

METODE PENELITIAN

Perkembangan pesat dalam teknologi digital telah menghadirkan era baru produksi yang dikenal dengan sebutan Revolusi Industri 4.0, di mana konsep otomasi, Internet of Things (IoT), big data analytics, dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) mulai menggantikan proses manual tradisional. Dalam konteks industri manufaktur di Indonesia yang selama ini menjadi salah satu sektor utama penopang pertumbuhan ekonomi nasional adopsi teknologi Industry 4.0 menjadi kebutuhan strategis untuk meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya operasional, memperbaiki mutu produk, serta menjaga daya saing dalam pasar global yang semakin kompetitif.

Lean Manufacturing, sebagai metodologi yang mengedepankan eliminasi waste dan peningkatan nilai tambah pelanggan, telah menjadi landasan fundamental bagi perusahaan manufaktur. Prinsip-prinsip seperti 5S, Value Stream Mapping (VSM), Kaizen, dan Lean Six Sigma telah intensif diterapkan untuk memperbaiki alur proses produksi, meningkatkan efisiensi, dan melakukan continuous improvement secara konsisten. Meskipun telah terbukti efektif dalam konteks tradisional, ketergantungan penuh pada metode manual mulai dirasa tidak cukup menghadapi tantangan produksi skala besar dan lingkungan pasar yang semakin menuntut real-time responsiveness.

Integrasi Lean dengan elemen-elemen Industry 4.0 dipandang mampu menciptakan sistem manufaktur yang tidak hanya ramping tetapi juga cerdas (smart), adaptif, dan terukur secara data-driven. Dengan sensor IoT yang memantau aliran material dan mesin secara real-time, algoritma AI yang memprediksi bottleneck, hingga dashboard digital yang memvisualisasikan KPI seperti OEE dan defect rate secara langsung, sistem produksi dapat lebih resilient dan responsif. Literasi global menunjukkan bahwa sinergi Lean dan Industry 4.0 membawa dampak baik dari sisi efisiensi, kualitas, maupun fleksibilitas operasional.

Di Indonesia, sejumlah studi lokal telah mengangkat aspek ini secara parsial. Misalnya, studi oleh Putro & Nursyamsiah (2024) menggambarkan bagaimana startup manufaktur domestik berhasil meningkatkan efisiensi operasional melalui penerapan metode 5S secara manual, meskipun belum memanfaatkan teknologi digital seperti IoT untuk evaluasi kinerja gudang secara real-time. Kemudian, penelitian oleh Fatmawati et al. (2023) mengeksplorasi secara konseptual integrasi antara Lean Six Sigma (DMAIC) dengan teknologi Industry 4.0—seperti IoT, big data, AI, dan robotika—yang dinilai memiliki potensi besar untuk mempercepat produksi dan menekan tingkat cacat, meskipun masih menghadapi tantangan yaitu kesiapan infrastruktur digital, SDM, biaya, serta keamanan siber. Di sektor industri perkapalan, jurnal dari Globe (Mei 2024) menyajikan tinjauan literatur tentang penerapan Lean klasik (termasuk VSM dan 5S) yang terbukti meningkatkan performa produksi dan kualitas layanan tanpa melibatkan digitalisasi yang intensif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pencarian literature review melalui database seperti Google Scholar dan jurnal MEA, IJHES, serta Globe, diperoleh tiga artikel penelitian yang sesuai dengan topik penelitian ini. Berikut ringkasan hasil dan pembahasan secara rinci:

Tabel 1. Hasil Analisis Artikel Penelitian

Nama Penulis	Judul Artikel	Hasil Penelitian
Putro & Nursyamsiah (2024)	Analisis Implementasi Lean Manufacturing dengan Metode 5S pada Startup Manufaktur di Indonesia Jurnal STIEMB .	Melalui penerapan 5S secara sistematis—mulai dari penyortiran hingga standarisasi dan disiplin kerja—startup mengalami pengurangan signifikan dalam waktu pencarian alat, tingkat kesalahan operasional, serta peningkatan efisiensi gudang secara keseluruhan (2024)
Fatmawati et al. (2023)	Potensi Penerapan Industry 4.0 dengan Lean Six Sigma di Industri Pertahanan Indonesia	Studi konseptual menunjukkan bahwa integrasi Lean Six Sigma (DMAIC) dengan teknologi seperti IoT, big data, AI, dan robotika berpotensi mempercepat proses produksi, menurunkan defect, dan mengoptimalkan resource, meski menghadapi hambatan infrastruktur, SDM belum terlatih, biaya tinggi, dan keamanan siber ijhess.com .
Syahuri et al. (2024)	Penerapan Prinsip Lean Management dalam Meningkatkan Kinerja Industri Perkapalan — Kajian Literatur	Implementasi Lean klasik (VSM & 5S) dalam konteks industri perkapalan menunjukkan pengurangan pemborosan operasional dan peningkatan performa produksi tanpa menggunakan digitalisasi intensif journal.aritekin.or.id .

1. Efektivitas Implementasi Lean Konvensional

Dalam studi oleh Putro & Nursyamsiah (2024), penerapan metode 5S secara menyeluruh di startup manufaktur secara empiris meningkatkan efisiensi operasional dengan menurunkan waktu pencarian alat, memperbaiki alur kerja gudang, dan mengurangi kesalahan manusia. Dalam konteks teknik industri, hal ini menunjukkan pentingnya budaya kerja terorganisir dan penerapan standar visual dalam menunjang performa operasional.

Studi oleh Syahuri et al. (2024) juga menegaskan bahwa penerapan Value Stream Mapping (VSM) diikuti dengan metode 5S mampu mengidentifikasi dan mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah (non-value added), menghasilkan efisiensi lebih pada lini produksi di sektor perkapalan. Meski tidak melibatkan digitalisasi, dampak nyata terhadap peningkatan kualitas layanan dan penyusutan pemborosan terlihat signifikan.

2. Potensi Sinergi Lean Six Sigma dengan Teknologi Digital

Fatmawati et al. (2023) menyajikan kajian literatur yang sangat relevan untuk mengintegrasikan Lean Six Sigma—melalui tahap DMAIC—dengan teknologi Industry 4.0 seperti IoT, AI, dan big data. Temuannya menunjukkan bahwa integrasi ini berpotensi meningkatkan throughput produksi, menurunkan tingkat defect secara sistematis, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Namun, tulisan ini juga menyoroti hambatan utama yang perlu dikelola agar integrasi menjadi efektif, seperti kesiapan infrastruktur digital, kompetensi teknologi SDM, kapasitas pendanaan, dan protokol keamanan siber

3. Research Gap & Permasalahan Umum

- A. Hanya satu studi (Fatmawati et al.) yang membahas integrasi digital Industry 4.0 dengan Lean secara eksplisit. Dua studi lainnya lebih berfokus pada Lean

tradisional.

- B. Penelitian empiris pada manufaktur skala menengah atau UMKM terkait integrasi Lean dengan teknologi digital masih sangat minim—padahal ini sektor dengan potensi besar.
 - C. Isu teknis seperti kesiapan SDM, kebutuhan modal investasi, dan keamanan siber belum banyak dieksplorasi dalam studi lokal.
4. Implikasi bagi Praktik Teknik Industri
- Hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa di dunia industri Indonesia:
- A. Fundamental Lean (5S, VSM, Lean Six Sigma) tetap perlu dikuasai sebagai pondasi operasional yang kuat.
 - B. Namun, untuk mencapai efisiensi dan ketepatan produksi yang lebih tinggi, integrasi teknologi digital (sensor IoT, sistem monitoring realtime) menjadi diperlukan.

Pelatihan operasional berbasis teknologi, serta kebijakan pendukung adopsi digital, sangat krusial untuk mempercepat transformasi Lean menjadi Lean digital.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil telaah pustaka terhadap tiga jurnal akademik berbahasa Indonesia yang dipilih mencakup implementasi Lean 5S pada startup manufaktur, integrasi Lean Six Sigma dengan Industry 4.0 di sektor pertahanan, dan penerapan Lean (VSM + 5S) di industri perkapalan dapat dirumuskan beberapa temuan penting dan implikasi ke depan:

1. Efektivitas Lean Manufacturing

Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan prinsip Lean, seperti metode 5S, VSM, dan Lean Six Sigma, secara signifikan mampu mengurangi waste produksi, memperpendek lead time, dan menurunkan tingkat cacat produk pada berbagai skala industri. Proses operasional menjadi lebih efisien dan produktivitas meningkat secara nyata di lapangan.

2. Peran Teknologi Digital (Industry 4.0)

Hanya satu dari tiga penelitian yang memaparkan secara eksplisit potensi integrasi Lean dengan teknologi Industry 4.0—meliputi IoT, AI, dan big data—untuk mencapai efisiensi proses yang lebih tinggi melalui pengambilan keputusan berbasis data real-time, deteksi bottleneck lebih dini, dan perawatan prediktif. Namun implementasinya masih terbatas dan belum merata di sektor industri nasional.

3. Hambatan Implementasi

Terdapat hambatan signifikan yang memengaruhi adopsi Lean maupun Lean digital, Keterbatasan infrastruktur digital (jaringan, sensor, sistem TI), Kompetensi SDM di lapangan dan manajemen yang belum siap menggunakan teknologi canggih, Kebutuhan pendanaan tinggi, serta Resiko keamanan siber yang belum tertangani secara sistematis.

4. Batasan Studi Literatur

- A. Penelitian ini mengandalkan tiga artikel utama, yang membuat cakupan literatur menjadi terbatas.
- B. Sebagian studi bersifat konseptual, tanpa data kuantitatif KPI (seperti OEE, ROI, defect rate), sehingga keterbatasan numerik mengurangi ketajaman analisis dampak Lean digital.
- C. Perbandingan antar sektor industri dilakukan secara umum tanpa penyesuaian terhadap ukuran industri (startup vs. pertahanan vs. perkapalan) yang memiliki kesiapan berbeda.

SARAN

- 1. Studi empiris lanjutan di industri menengah dan UMKM yang menggunakan sensor IoT serta dashboard digital sederhana untuk mengevaluasi efektivitas Lean digital secara real-time.
- 2. Pengembangan modul pelatihan Lean digital, ditujukan untuk meningkatkan literasi teknologi pengelola lini produksi dan manajer.
- 3. Inisiatif pilot project Lean digital yang didukung pemerintah atau lembaga industri/universitas untuk mendemonstrasikan nilai tambah teknologi digital berbasis Lean.
- 4. Pembuatan kerangka kerja keamanan siber khusus untuk startup dan pabrik digital sebagai pengamanan data produksi.

Pelaksanaan riset longitudinal (jangka panjang) untuk mengukur indikator performa seperti OEE, defect rate, lead time, dan ROI dari penerapan Lean yang telah terintegrasi teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asbari, M., Wijayanti, L., Hyun, C. C., Purwanto, A., & Santoso, P. B. (2020). How to build innovation capability in the RAC industry to face industrial revolution 4.0? *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(6), 2008–2027. <https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I6/PR260192>
- Asbari, M., Wijayanti, L., Hyun, C. C., Purwanto, A., Santoso, P. B., Bernarto, I., Pramono, R., & Fayzhall, M. (2020). The role of knowledge transfer and organizational learning to build innovation capability: Evidence from Indonesian automotive industry. *International Journal of Control and Automation*, 13(1), 319–333. <http://sersc.org/journals/index.php/IJCA/article/view/5732>
- Dabscheck, B., Kochan, T. A., Lansbury, R. D., MacDuffie, J. P., Barry, M., Bowden, B., Brosnan, P., & Peetz, D. (1999). After Lean Production: Evolving Employment Practices in the World Auto Industry. In *Labour History* (Issue 76). books.google.com. <https://doi.org/10.2307/27516660>
- de Oliveira, R. I., Sousa, S. O., & de Campos, F. C. (2019). Lean manufacturing implementation: bibliometric analysis 2007–2018. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(1–4), 979–988. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2965-y>
- Fatmawati, F., Sudiarso, A., Juprianto, J., & Gultom, R. A. G. (2023). *Potensi penerapan Industry 4.0 dengan Lean Six Sigma di industri pertahanan Indonesia: Sebuah studi komprehensif*. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences (IJHES)*, 3(2), 699–706. <https://doi.org/10.55227/ijhess.v3i2.619> ijhess.com
- Purwanto, A., & Asbari, M. (2021). The Effect of Fairness of Performance Appraisal, Job Satisfaction and Commitment on Employees' Performance: Evidence from Indonesian Automotive Industry. *SSRN Electronic Journal*, 29(4), 2383–2396. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3986604>
- Purwanto, A., Putri, R. S., Ahmad, A. H., Asbari, M., Bernarto, I., Santoso, P. B., & Sihite, O. B. (2020). The effect of implementation integrated management system ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000 and ISO 45001 on Indonesian food industries performance. *Test Engineering and Management*, 82(14054), 14054–14069. <http://www.testmagazine.biz/index.php/testmagazine/article/view/3078>
- Putro, M. & Nursyamsiah, S. (2024). *Analisis implementasi Lean Manufacturing dengan metode 5S pada startup manufaktur di Indonesia*. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 8(3), 1800–1817. <https://doi.org/10.31955/mea.v8i3.4652>
- Qureshi, K. M., Mewada, B. G., Buniya, M. K., & Qureshi, M. R. N. M. (2023). Analyzing Critical Success Factors of Lean 4.0 Implementation in Small and Medium Enterprises for Sustainable Manufacturing Supply Chain for Industry 4.0 Using PLS-SEM. *Sustainability (Switzerland)*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/su15065528>
- Syahuri, W. A. F., Amien, M. A. J., Afandi, C., Utomo, G., & Radianto, D. O. (2024). *Penerapan Prinsip Lean Management dalam Meningkatkan Kinerja Industri Perkapalan: Kajian Literatur*. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, 2(2), 52–72. <https://doi.org/10.61132/globe.v2i2.254>