

Integrasi *Total Productive Maintenance* dan Keberlanjutan: Studi Literatur Review

Meilan Agustin¹, Moh Mawan Arifin², Dian Elok Pertiwi³

^{1,2,3} Departemen Teknik Industri, Universitas Borobudur, Jakarta

*Email korespondensi penulis: meilanaagustin@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengkaji keterkaitan *Total Productive Maintenance* (TPM) dan *sustainability* melalui tinjauan pustaka serta analisis bibliometrik terhadap 30 publikasi indeks Scopus periode 2015–2024. Data diperoleh dengan kata kunci “*Total Productive Maintenance*” dan “*Sustainability*”, lalu dikelompokkan menurut pilar TPM dimensi keberlanjutan (ekonomi, lingkungan, sosial), sektor industri, periode, dan lokasi penelitian. Hasil menunjukkan dimensi ekonomi dan lingkungan menjadi fokus utama, khususnya pada pengurangan pemborosan dan peningkatan efisiensi energi melalui pilar *Autonomous Maintenance*, *Quality Maintenance*, dan *Focused Improvement*. Pendekatan komprehensif yang melibatkan semua pilar terbukti meningkatkan daya saing operasional sekaligus meminimalkan dampak lingkungan. Aspek sosial terwujud melalui praktik 5S dan program pelatihan, meningkatkan kesejahteraan karyawan dan keterlibatan komunitas. Tren sejak 2020 menunjukkan integrasi TPM dengan teknologi Industri 4.0—digital *lean tools* dan *blockchain*—untuk meningkatkan akurasi prediksi kegagalan dan transparansi pemeliharaan. Berdasarkan temuan tersebut, direkomendasikan agar industri mengadopsi TPM secara menyeluruh dengan perhatian seimbang pada seluruh pilar serta memanfaatkan *Internet of Things*, *data analytics*, dan *blockchain* untuk mendukung *green maintenance*. Pembuat kebijakan perlu merumuskan pedoman *Sustainable TPM* yang adaptif sesuai karakteristik sektor. Penelitian selanjutnya hendaknya melakukan studi empiris longitudinal guna mengukur dampak jangka panjang sinergi TPM dan *green manufacturing*.

Kata Kunci: *Autonomous Maintenance*, Pilar TPM, Studi Literatur, *Sustainability*, TPM

Abstract

This study examines the relationship between Total Productive Maintenance (TPM) and sustainability through a literature review and bibliometric analysis of 30 Scopus index publications from 2015–2024. Data were obtained using the keywords “Total Productive Maintenance” and “Sustainability,” then grouped according to the TPM pillars, sustainability dimensions (economic, environmental, social), industry sector, period, and research location. The results show that the economic and environmental dimensions are the main focus, particularly on reducing waste and increasing energy efficiency through the pillars of Autonomous Maintenance, Quality Maintenance, and Focused Improvement. A comprehensive approach involving all pillars has been proven to increase operational competitiveness while minimizing environmental impacts. The social aspect is realized through 5S practices and training programs, improving employee welfare and community involvement. Trends since 2020 show the integration of TPM with Industry 4.0 technologies—digital lean tools and blockchain—to improve failure prediction accuracy and maintenance transparency. Based on these findings, it is recommended that the industry adopt TPM comprehensively, with balanced attention to all pillars, and leverage the Internet of Things, data analytics, and blockchain to support green maintenance. Policymakers need to formulate Sustainable TPM guidelines that adapt to sector characteristics. Future research should conduct longitudinal empirical studies to measure the long-term impact of the synergy between TPM and green manufacturing.

Keywords: *Autonomous Maintenance*, TPM Pillars, Literature Review, *Sustainability*, TPM

1. Pendahuluan

Total Productive Maintenance (TPM) pertama kali diinisiasi pada akhir 1950-an di pabrik Nippondenso (kini Denso) di Jepang dengan tujuan utama mengoptimalkan performa mesin melalui partisipasi aktif seluruh operator. Pada 1971, Seiichi Nakajima meresmikan kerangka kerja TPM yang terdiri atas delapan pilar (Cakmakci & Karasu, 2007), mulai dari pemeliharaan otonom hingga manajemen awal peralatan—untuk meminimalkan kegagalan tak terduga dan meningkatkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Sejak itu, prinsip-prinsip TPM diadopsi lintas sektor industri dan diintegrasikan dengan praktik Lean, membentuk sistem pemeliharaan menyeluruh yang menekankan perbaikan berkelanjutan, peningkatan kapabilitas tim, serta desain mesin yang memudahkan perawatan (Slavina & Štefanić, 2024).

Keberlanjutan (*sustainability*) saat ini dipahami dari tiga aspek interdependen. Aspek ekonomi menekankan pada daya saing jangka panjang dan efisiensi biaya operasi; aspek lingkungan fokus pada pengurangan limbah, emisi gas rumah kaca, serta konsumsi energi; sedangkan aspek sosial mencakup keselamatan kerja, kesejahteraan karyawan, dan tanggung jawab perusahaan terhadap komunitas di sekitarnya (Loooser, 2020). Dalam kerangka *green manufacturing*, ketiga aspek ini disinkronkan untuk menciptakan nilai bersama dan memperkuat daya tahan organisasi menghadapi regulasi lingkungan yang kian ketat dan permintaan pasar yang semakin peduli ekologi.

Kolaborasi antara TPM dan konsep keberlanjutan terwujud ketika strategi pemeliharaan proaktif dan preventif selaras dengan sasaran *green manufacturing*. Pilar *Autonomous Maintenance* tidak hanya menjaga keandalan peralatan, tetapi juga memberdayakan operator mendeteksi potensi kebocoran energi dan pemborosan bahan baku. (Teixeira et al., 2021) Pilar *Focused Improvement* dan *Quality Maintenance* diterjemahkan ke dalam inisiatif penghematan energi dan pengurangan tingkat *scrap*, sehingga TPM berfungsi ganda sebagai alat peningkatan produktivitas dan mitigasi dampak lingkungan.

Kebutuhan akan sinergi antara TPM dan *sustainability* semakin mendesak seiring volatilitas harga energi dan bahan baku global, serta pengetatan kebijakan emisi. Berbagai studi menunjukkan bahwa penerapan *green maintenance* mampu menurunkan emisi CO₂ hingga sekitar 15 % dan memperpendek *downtime* lebih dari 20 % (Veseli et al., 2024), suatu capaian penting untuk memperkuat ketahanan rantai pasok. Dari sudut sosial, integrasi prinsip lingkungan ke dalam TPM juga terbukti menurunkan frekuensi kecelakaan kerja akibat kebocoran zat berbahaya serta meningkatkan reputasi perusahaan di mata karyawan dan pemangku kepentingan lokal.

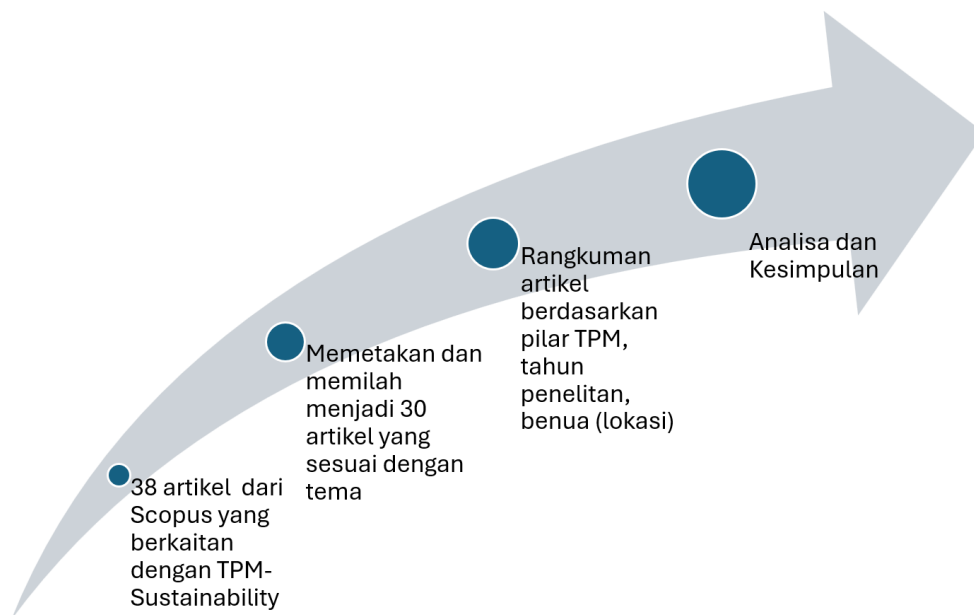
Penelitian ini menggunakan metode tinjauan pustaka untuk mengevaluasi kontribusi delapan pilar TPM terhadap keberlanjutan ekonomi, lingkungan, dan sosial. Setiap pilar dianalisis berdasarkan efisiensi biaya dan profitabilitas, pengurangan energi dan emisi, serta keselamatan dan kesejahteraan karyawan. Dengan mengkaji literatur implementasi TPM di berbagai industri, studi ini bertujuan mengungkap hubungan antara pilar tertentu—seperti *Autonomous Maintenance* dan *Focused Improvement*—dengan hasil *green manufacturing*. Hasilnya akan menunjukkan pilar mana dan sinergi antarpilar yang paling efektif dalam meningkatkan nilai ekonomi, meminimalkan dampak lingkungan, dan memperbaiki kesejahteraan pekerja.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi pustaka. Dalam kajian bibliometrik, data dapat diperoleh dari jurnal primer, sekunder, maupun tersier yang mencakup kurun waktu tertentu dan dianalisis dari berbagai sudut pandang (Donthu et al., 2021). Penggunaan metode kualitatif dan pendekatan studi literatur bertujuan untuk menggali dan memahami keterkaitan antara konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) dan keberlanjutan (*sustainability*) dalam konteks operasional industri. Studi literatur dilakukan dengan menelaah sejumlah publikasi ilmiah yang relevan, baik jurnal primer maupun sekunder, yang membahas implementasi TPM serta dampaknya terhadap efisiensi dan keberlanjutan. Penelusuran literatur difokuskan pada dokumen-dokumen yang mencakup periode lima tahun terakhir guna memperoleh perspektif terkini dalam praktik TPM dan pencapaian tujuan keberlanjutan di berbagai sektor industri.

Analisis dalam penelitian ini diarahkan pada hubungan antara pilar-pilar TPM, termasuk *autonomous*

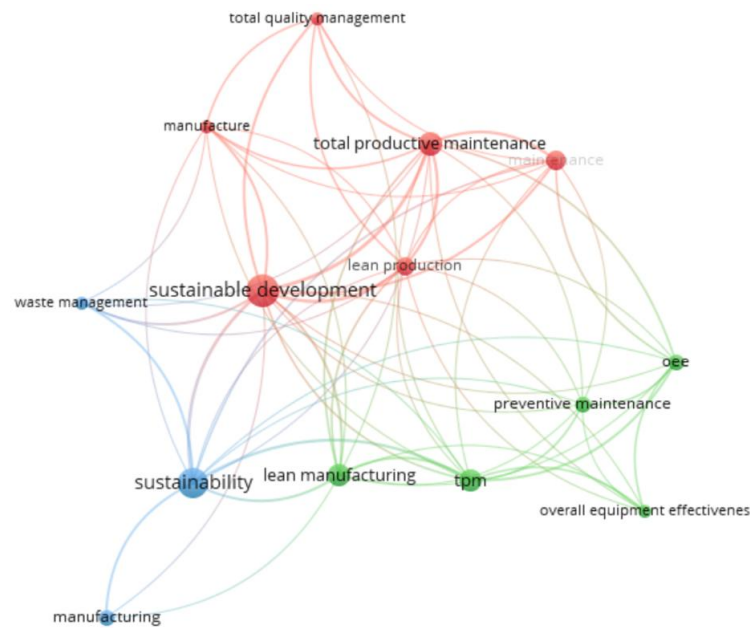
maintenance, planned maintenance, quality maintenance, dan training and education dengan aspek-aspek keberlanjutan yang meliputi dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi. Setiap pilar dikaji untuk menilai kontribusinya terhadap pengurangan pemborosan, peningkatan efisiensi energi, pengelolaan limbah yang bertanggung jawab, serta pembentukan budaya kerja yang mendukung kesejahteraan karyawan. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai bagaimana integrasi prinsip TPM dalam praktik industri dapat mendorong terciptanya proses produksi yang lebih hijau, efisien, dan berkelanjutan secara menyeluruh. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi kalangan industri dalam merancang strategi pemeliharaan yang mendukung keberlanjutan jangka panjang.



Gambar 1. Alur pengumpulan Analisa data

Kajian ini memanfaatkan basis data Scopus untuk menelusuri publikasi ilmiah dengan menggunakan kata kunci “*Total Productive Maintenance*” dan “*Sustainability*” dalam kurun waktu 2015 hingga 2024. Selama periode tersebut, ditemukan sebanyak 38 publikasi terkait topik tersebut. Scopus dipilih sebagai sumber utama dalam analisis karena kemampuannya yang unggul dalam mengindeks literatur ilmiah secara menyeluruh. Database ini menyajikan metadata yang lengkap dan akurat untuk setiap artikel, meliputi informasi seperti tanggal terbit, ringkasan, referensi, dan elemen lainnya yang penting. Sebagai salah satu pusat informasi ilmiah terbesar, Scopus dinilai sangat kredibel dan detail sehingga menjadi alat yang tepat dalam evaluasi penelitian akademik (Soesanto & Handalani, 2023).

Penelitian ini mengadopsi pendekatan analitis khusus untuk mengkaji keterkaitan antara *Total Productive Maintenance* (TPM) dan prinsip keberlanjutan dalam praktik operasional industri. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak bibliometrik Vos Viewer, yang memungkinkan visualisasi jaringan penelitian terkait konsep TPM dan penerapannya dalam mendukung efisiensi berkelanjutan. Dengan menelusuri publikasi ilmiah yang relevan dari berbagai sumber terindeks, Melalui pendekatan ini, studi bertujuan untuk menyajikan gambaran komprehensif mengenai tren, arah perkembangan, serta implikasi strategis TPM dalam mendorong tercapainya keberlanjutan industri yang lebih kuat dan adaptif. Dalam Gambar 2, terlihat penelitian mengenai TPM dan keberlanjutan belum secara detail meneliti pilar yang ada dalam TPM.



Gambar 2. Alur Analisis Bibliometrik

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Review

Dalam kajian ini, dilakukan proses seleksi terhadap 30 artikel dari total 38 artikel yang berhasil dikumpulkan. Sebelum tahap analisis dimulai, seluruh artikel diklasifikasikan terlebih dahulu guna mempermudah proses evaluasi selanjutnya. Masung-masing artikel yang terpilih disajikan secara sistematis dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data per Artikel

No.	Judul	Tahun	Keberlanjutan	Pilar TPM	Industri	Negara
1	<i>5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school</i>	2015	Sosial	<i>Autonomous Maintenance</i>	Laboratorium	Spanyol
2	<i>Addressing environmental and economic impacts of changeover operations through manufacturing strategies</i>	2016	Ekonomi, Sosial, Lingkungan	<i>Quality Maintenance</i>	Teknologi	Iran
3	<i>Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line</i>	2017	Ekonomi, Lingkungan	<i>Autonomous Maintenance & Quality Maintenance</i>	Auto Parts	Kolumbia
4	<i>An empirical exploration of TQM, TPM and their integration from Indian manufacturing industry</i>	2018	Ekonomi, Sosial	<i>Focus Improvement</i>	Otomotif	Meksiko
5	<i>Sustainable manufacturing: Exploring antecedents and Influence of Total Productive Maintenance and lean</i>	2019	Ekonomi	<i>Semua Pilar</i>	Manufaktur	India

No.	Judul	Tahun	Keberlanjutan	Pilar TPM	Industri	Negara
6	<i>manufacturing The methodology of star rating for improved biomass cookstoves: barrier analysis of adoption and plan for remediation of barriers in India and elsewhere</i>	2019	Ekonomi, Lingkungan	<i>Autonomous Maintenance</i>	Manufaktur	India
7	<i>To Bridge Sustainability Research, Primary Education, and Creativity</i>	2020	Sosial, Lingkungan	<i>TPM for Office</i>	Jasa	Spanyol
8	<i>Improving preventive maintenance management in an energy solutions company</i>	2020	Ekonomi, Lingkungan	<i>Autonomous Maintenance & Quality Maintenance</i>	Otomotif	Peru
9	<i>Lean Green—The Importance of Integrating Environment into Lean Philosophy—A Case Study</i>	2020	Ekonomi, Lingkungan	<i>Autonomous Maintenance</i>	Teknologi	Brazil, Spanyol, India
10	<i>Achieving sustainability through holistic maintenance – Key for Competitiveness</i>	2020	Ekonomi, Lingkungan	<i>Semua Pilar</i>	Manufaktur	India
11	<i>Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model</i>	2021	Ekonomi, Lingkungan	<i>Autonomous Maintenance</i>	Kecil Menengah	Portugal
12	<i>Effect of off-center finned absorber tube and nanoparticle shape on the performance of two-fluid parabolic solar collector containing nanofluid: An application of artificial neural network</i>	2021	Ekonomi, Lingkungan	<i>Safety, Health & Environment</i>	Energi	Spanyol
13	<i>Will Public Environmental Concerns Foster Green Innovation in China's Automotive Industry? An Empirical Study Based on Multi-Sourced Data Streams</i>	2021	Lingkungan	<i>Quality Maintenance</i>	Otomotif	China
14	<i>Ecological and socioeconomic impacts of payments for ecosystem services – A Chinese garlic farm case</i>	2021	Ekonomi, Lingkungan	<i>Quality Maintenance</i>	Plastick waste management	Iran
15	<i>The adoption of total productive maintenance (Tpm) concept for maintenance procurement of green buildings in Malaysia</i>	2021	Ekonomi, Lingkungan	<i>Focus Improvement</i>	Job Shop	Indonesia
16	<i>The Sustainable Total Productive Maintenance: An Evolved System Approach, from the Methodology to the Ideology of the Today's Company</i>	2021	Ekonomi, Sosial, Lingkungan	<i>Semua Pilar</i>	Manufaktur	Italia

No.	Judul	Tahun	Keberlanjutan	Pilar TPM	Industri	Negara
17	<i>Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits</i>	2022	Ekonomi	<i>Planne Maintenance</i>	Otomotif	Meksiko
18	<i>Lean-SLP production model to reduce lead time in SMEs in the plastics industry: A Empirical Research in Perú</i>	2022	Ekonomi, Lingkungan	<i>Semua Pilar</i>	Injection Molding Plastics	Peru
19	<i>Integrating Lean and Sustainable Manufacturing Principles for Sustainable Total Productive Maintenance (Sus-TPM)</i>	2022	Ekonomi, Lingkungan	<i>Semua Pilar</i>	Manufaktur	USA
20	<i>Scrutinizing The Impact Of Essential Lean Methods On Sustainable Performance In Malaysian Manufacturing Firms</i>	2022	Ekonomi, Sosial, Lingkungan	<i>TPM for Office</i>	Laboratorium	Portugal
21	<i>Scrutinizing The Impact Of Essential Lean Methods On Sustainable Performance In Malaysian Manufacturing Firms</i>	2022	Ekonomi, Lingkungan	<i>Quality Maintenance</i>	Pertambangan	Indonesia
22	<i>A Review of Sustainable Total Productive Maintenance (STPM)</i>	2023	Sosial, Lingkungan	<i>Autonomous Maintenance</i>	Teknologi	Ceko
23	<i>Digital Standardization of Lean Manufacturing Tools According to Industry 4.0 Concept</i>	2023	Ekonomi, Lingkungan	<i>Quality Maintenance</i>	Urban Planning	China
24	<i>Assessing Lean 4.0 for Industry 4.0 Readiness Using PLS-SEM towards Sustainable Manufacturing Supply Chain</i>	2023	Sosial, Lingkungan	<i>Quality Maintenance</i>	SCM	India
25	<i>Advanced Maintenance and Reliability</i>	2023	Ekonomi	<i>Focus Improvement</i>	Manufaktur	USA, Belanda
26	<i>Blockchain technology and circular economy in the environment of total productive maintenance: a natural resource-based view perspective</i>	2023	Ekonomi, Lingkungan	<i>Semua Pilar</i>	Manufaktur	India
27	<i>Facing Challenges of Implementing Total Productive Management and Lean Tools in Manufacturing Enterprises</i>	2024	Ekonomi, Sosial	<i>Semua Pilar</i>	Manufaktur	Krosia
28	<i>Assessing the impact of Lean manufacturing on the Social Sustainability through Structural Equation Modeling and System Dynamics</i>	2024	Ekonomi, Sosial	<i>Semua Pilar</i>	Manufaktur	Meksiko
29	<i>An Implementation Case of Training and Education Pillar of TPM for Grinding Operations</i>	2024	Ekonomi, Sosial	<i>Training & Education</i>	Grinding-Manufaktur	India

No.	Judul	Tahun	Keberlanjutan	Pilar TPM	Industri	Negara
30	<i>The Implementation of Lean Manufacturing on Zero Waste Technologies in the Food Processing Industry: Insights from Food Processing Companies in Kosovo and North Macedonia</i>	2024	Ekonomi, Sosial, Lingkungan	<i>Focus Improvement</i>	Makanan dan Minuman	Kosovo

3.2. Diskusi

Analisis terhadap 30 artikel yang membahas hubungan antara Total Productive Maintenance (TPM) dan keberlanjutan memperlihatkan bahwa dimensi ekonomi dan lingkungan menjadi fokus utama. Sebagian besar penelitian mengevaluasi secara simultan kontribusi pilar *Autonomous Maintenance*, *Quality Maintenance*, dan *Focus Improvement* (Chen et al., 2019; Gungor & Evans, 2015) dalam menekan pemborosan serta meningkatkan efisiensi energi. Di sisi lain, beberapa artikel menyoroti aspek sosial, misalnya penerapan 5S di laboratorium teknik (Jiménez et al., 2015) dan pengembangan budaya inklusif melalui Training & Education (Sharma & Sharma, 2023) yang menunjukkan potensi TPM dalam meningkatkan kesejahteraan karyawan dan keterlibatan komunitas. Penelitian yang berfokus pada keseluruhan pilar TPM tercatat ada 8 artikel. Ini menunjukkan kebutuhan akan pendekatan holistik untuk mencapai kinerja operasional yang ramah lingkungan sekaligus kompetitif (Cordova-Pillco et al., 2022; Crosby & Badurdeen, 2022; Hallioui & Herrou, 2021).

Dari perspektif temporal dan geografis, publikasi mengenai Sustainable TPM meningkat tajam sejak 2020, mencerminkan tren global untuk mengintegrasikan praktik pemeliharaan dengan prinsip Industry 4.0 dan teknologi maju. Contohnya, standarisasi digital *lean tools* untuk kesiapan *Industry 4.0* (Medyński et al., 2023) dan pemanfaatan *Blockchain* dalam kerangka *circular economy* menandai evolusi metodologis menuju sistem pemeliharaan yang lebih adaptif dan transparan. Sebaran riset di berbagai negara, termasuk India, Spanyol, Meksiko, dan Indonesia menggambarkan bahwa meski konteks lokal memengaruhi tantangan dan peluang implementasi TPM berkelanjutan, tujuan utamanya meningkatkan efisiensi, mendorong inovasi, serta menegakkan tanggung jawab sosial-lingkungan.

4. Kesimpulan dan Saran

Analisis terhadap 30 publikasi mengungkapkan bahwa penerapan pilar *Autonomous Maintenance*, *Quality Maintenance*, dan *Focused Improvement* dalam kerangka TPM secara signifikan menurunkan tingkat pemborosan dan meningkatkan efisiensi energi, sehingga memperkuat dimensi ekonomi dan lingkungan. Pendekatan komprehensif yang melibatkan seluruh delapan pilar TPM terbukti mampu menghasilkan kinerja operasional yang kompetitif sekaligus ramah lingkungan, sementara aspek sosial mendapat dorongan melalui implementasi metode 5S dan program *Training & Education* yang meningkatkan kesejahteraan karyawan serta partisipasi komunitas. Dinamika riset pasca-2020 menunjukkan evolusi TPM menuju era Industry 4.0 dan prinsip circular economy, dengan adopsi teknologi digital dan *blockchain* yang meningkatkan akurasi prediktif dan transparansi proses pemeliharaan. Guna memaksimalkan kontribusi terhadap keberlanjutan, disarankan agar industri mengimplementasikan TPM secara menyeluruh dengan perhatian seimbang pada semua pilar, termasuk dimensi sosial, serta mengintegrasikan teknologi digital terkini seperti *Internet of Things*, *data analytics*, dan *blockchain*. Pembuat kebijakan dan asosiasi industri perlu merumuskan pedoman implementasi Sustainable TPM yang adaptif terhadap skala dan karakteristik sektor masing-masing. Penelitian selanjutnya hendaknya melakukan studi secara menyeluruh guna mengukur dampak sinergi antara TPM dan praktik *green manufacturing* terhadap ekonomi, lingkungan, dan sosial secara terpadu.

Daftar Pustaka

Cakmakci, M., & Karasu, M. K. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33, 334–344.

- Chen, P.-K., Fortuny-Santos, J., Lujan, I., & Ruiz-de-Arbulo-Lopez, P. (2019). Sustainable manufacturing: Exploring antecedents and influence of Total Productive Maintenance and lean manufacturing. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(11), 1687814019889736.
- Cordova-Pillco, D., Mendoza-Coaricona, M., & Quiroz-Flores, J. (2022). Lean-SLP production model to reduce lead time in SMEs in the plastics industry: A Empirical Research in Perú. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology.
- Crosby, B., & Badurdeen, F. (2022). Integrating lean and sustainable manufacturing principles for sustainable total productive maintenance (Sus-TPM). *Smart and Sustainable Manufacturing Systems*, 6(1), 68–84.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Gungor, Z. E., & Evans, S. (2015). Addressing environmental and economic impacts of changeover operations through manufacturing strategies. *2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)*, 781–787.
- Halloui, A., & Herrou, B. (2021). The sustainable total productive maintenance: an evolved system Approach, from the methodology to the ideology of the today's company. *Proceedings of the 4th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Italy, Rome, 568–569.
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & del Mar Espinosa, M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172.
- Loooser, S. (2020). To Bridge Sustainability Research, Primary Education, and Creativity. *Journal of Sustainability Research*, 4(3).
- Medyński, D., Bonarski, P., Motyka, P., Wysoczański, A., Gnitecka, R., Kolbusz, K., Dąbrowska, M., Burduk, A., Pawelec, Z., & Machado, J. (2023). Digital standardization of lean manufacturing tools according to Industry 4.0 concept. *Applied Sciences*, 13(10), 6259.
- Sharma, A. K., & Sharma, S. (2023). An Implementation Case of Training and Education Pillar of TPM for Grinding Operations. *International Conference on Scientific and Technological Advances in Materials for Energy Storage and Conversions*, 421–432.
- Slavina, T., & Štefanić, N. (2024). Facing challenges of implementing total productive management and lean tools in manufacturing enterprises. *Systems*, 12(2), 52.
- Soesanto, H., & Handalani, R. T. (2023). Analisis bibliometrik tentang tren penelitian mengenai manajemen pengetahuan berdasarkan afiliasi penulis Dari Indonesia. *Andragogi: Jurnal Diklat Teknis Pendidikan Dan Keagamaan*, 11(1), 1–10.
- Teixeira, P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Santos, G., & Fontoura, P. (2021). Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, 322, 129047.
- Veseli, A., Bajraktari, A., & Trajkovska Petkoska, A. (2024). The Implementation of Lean Manufacturing on Zero Waste Technologies in the Food Processing Industry: Insights from Food Processing Companies in Kosovo and North Macedonia. *Sustainability* (2071-1050), 16(14).