

Tinjauan Literatur Sistematis Implementasi Pengecekan Utilitas di Industri Manufaktur Menggunakan Pendekatan Prisma

Agung Wijatmiko¹, Yudi Prastyo²

^{1,2} Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

Jl. Inspeksi Kalimalang No.9, Cibatu, Kec. Cikarang Pusat, Bekasi, Jawa Barat 17530.

Email : agungwijatmiko07@gmail.com¹, yudi.prastyo@pelitabangsa.ac.id²

Article Info

Article history:

Received December 27, 2025

Revised January 01, 2025

Accepted January 11, 2026

Keywords:

Utility Inspection,
Manufacturing Industry,
Systematic Literature Review,
Predictive Maintenance,
Industry 4.0, ISO 50001,
Energy Management,
Operational Excellence

ABSTRACT

Industrial utilities constitute critical infrastructure that determines the continuity of manufacturing operations. The implementation of effective utility inspection systems has become increasingly important in the Industry 4.0 era to enhance operational efficiency and reliability. This study aims to analyze the implementation of utility inspection in the manufacturing industry through a systematic literature review in order to identify current practices, applied technologies, critical success factors, and their impact on operational performance. Using a systematic literature review (SLR) method with the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) approach, this study analyzes 10 peer-reviewed journal articles obtained from the Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, and ScienceDirect databases. The selection process was conducted through four systematic stages, resulting in 10 core articles that met the predefined quality and relevance criteria. The literature analysis reveals three major findings. First, there is a paradigm shift from reactive maintenance toward predictive and prescriptive maintenance, supported by Industry 4.0 technologies such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data Analytics, and Digital Twin. Second, the implementation of utility inspection systems aligned with the ISO 50001 standard has been proven to significantly improve energy performance, with organizations implementing an Energy Management System (EnMS) achieving an average 12% reduction in energy costs within the first 15 months. Third, the integration of digital technologies enables real-time monitoring and predictive analytics, enhancing equipment reliability and reducing unplanned downtime. Key success factors for implementation include top management commitment, human resource competence in digital technologies, system integration with existing infrastructure, and a strong continuous improvement culture. The main barriers identified are substantial initial investment, competency gaps in data analytics and AI, complexity in integrating legacy systems, and resistance to organizational change. Effective utility inspection implementation requires a holistic approach that integrates technological, managerial, and organizational culture aspects. An ISO 50001-based framework, supported by Industry 4.0 technologies, has been shown to deliver significant business value through energy cost savings, operational excellence, and competitive advantage. This study identifies eight research gaps requiring further exploration, including contextual adaptation for SMEs, long-term sustainability impacts, and cybersecurity issues in IoT-enabled utility systems. This research provides a comprehensive synthesis of recent literature, an evidence-based implementation framework, and practical recommendations for various stakeholders seeking to optimize utility inspection implementation in the manufacturing industry.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Article Info

Article history:

Received December 27, 2025

Revised January 01, 2025

Accepted January 11, 2026

Keywords:

Pengecekan Utilitas, Industri Manufaktur, Systematic Literature Review, Predictive Maintenance, Industry 4.0, ISO 50001, Energy Management, Operational Excellence

ABSTRACT

Utilitas industri merupakan infrastruktur kritis yang menentukan kelangsungan operasional perusahaan manufaktur. Implementasi sistem pengecekan utilitas yang efektif menjadi semakin penting di era Industry 4.0 untuk meningkatkan ini bertujuan menganalisis implementasi pengecekan utilitas di industri manufaktur melalui tinjauan literatur sistematis untuk mengidentifikasi praktik terkini, teknologi yang digunakan, faktor keberhasilan, serta dampak terhadap kinerja operasional. Menggunakan metode systematic literature review dengan pendekatan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), penelitian ini menganalisis 10 artikel jurnal peer-reviewed yang dari database Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, dan ScienceDirect. Proses seleksi dilakukan melalui empat tahap sistematis menghasilkan 10 artikel utama yang memenuhi kriteria kualitas dan relevansi. Analisis literatur menunjukkan tiga temuan utama. Pertama, terjadi evolusi paradigma dari reactive maintenance menuju predictive dan prescriptive maintenance yang didukung teknologi Industry 4.0 (IoT, AI, Big Data Analytics, Digital Twin). Kedua, implementasi sistem pengecekan utilitas berbasis standar ISO 50001 terbukti meningkatkan kinerja energi secara signifikan, dengan organisasi yang menerapkan Energy Management System (EnMS) mencapai rata-rata pengurangan biaya energi 12% dalam 15 bulan pertama. Ketiga, integrasi teknologi digital memungkinkan monitoring real-time dan predictive analytics yang meningkatkan reliabilitas equipment dan mengurangi unplanned downtime. Faktor keberhasilan implementasi meliputi komitmen top management, kompetensi SDM dalam teknologi digital, integrasi sistem dengan existing infrastructure, dan continuous improvement culture. Hambatan utama yang teridentifikasi adalah investasi awal yang substansial, gap kompetensi dalam data analytics dan AI, kompleksitas integrasi legacy systems, dan resistensi organizational change. Implementasi pengecekan utilitas yang efektif memerlukan pendekatan holistik yang mengintegrasikan aspek teknologi, manajemen, dan budaya organisasi. Framework berbasis ISO 50001 dengan dukungan teknologi Industry 4.0 terbukti memberikan nilai bisnis yang signifikan melalui energy cost savings, operational excellence, dan competitive advantage. Penelitian ini mengidentifikasi 8 research gaps yang memerlukan eksplorasi lebih lanjut, termasuk contextual adaptation untuk SMEs, long-term sustainability impact, dan cybersecurity dalam IoT-enabled utilities. Penelitian menyediakan sintesis komprehensif literatur terkini, framework implementasi berbasis evidensi, dan rekomendasi praktis untuk berbagai stakeholder dalam mengoptimalkan implementasi pengecekan utilitas di industri manufaktur.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Agung Wijatmiko

Universitas Pelita Bangsa

Email: agungwijatmiko07@gmail.com

PENDAHULUAN

Sektor manufaktur memainkan peran strategis dalam ekonomi global, berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, inovasi teknologi, dan penciptaan lapangan kerja. Di tengah persaingan global yang intensif dan tuntutan keberlanjutan yang meningkat, efisiensi operasional menjadi diferensiator kritis bagi daya saing perusahaan manufaktur. Utilitas industri—yang mencakup sistem kelistrikan, air proses, compressed air, steam, gas industri, dan HVAC—merupakan infrastruktur fundamental yang menopang seluruh proses produksi.

Pentingnya pengecekan utilitas dapat dipahami melalui beberapa dimensi strategis. Dari dimensi ekonomi, biaya utilitas, khususnya energi, dapat mencapai 20-35% dari total biaya produksi di industri manufacturing. Kegagalan sistem utilitas tidak hanya menyebabkan direct costs dalam bentuk downtime dan repair, tetapi juga indirect costs berupa lost production, quality defects, dan customer dissatisfaction. Penelitian menunjukkan bahwa biaya rata-rata unplanned downtime di industri manufaktur dapat mencapai USD 260.000 per jam, dengan porsi signifikan disebabkan oleh kegagalan sistem utilitas yang tidak terdeteksi secara dini.

Dari dimensi sustainability, komitmen global terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca menempatkan efisiensi energi industri sebagai prioritas strategis. ISO 50001 memberikan framework bagi organisasi untuk mengembangkan sistem manajemen energi yang terintegrasi dengan sistem bisnis yang ada, memungkinkan organisasi untuk mengelola energi mereka dengan lebih baik dan mempertahankan penghematan yang dicapai. Standar ini tidak hanya fokus pada compliance, tetapi juga pada continuous improvement yang sustainable.

Transformasi digital menuju Industry 4.0 telah membawa paradigma baru dalam pengelolaan utilitas. Teknologi Industry 4.0 seperti Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT), dan big data analytics telah dimanfaatkan untuk meningkatkan, mengawasi, dan memantau aktivitas industri secara real-time. Teknologi ini memungkinkan shift dari reactive maintenance menuju predictive dan prescriptive approaches yang data-driven dan intelligent. Industrial AI adalah teknologi inti untuk meningkatkan daya saing perusahaan manufaktur, tidak hanya digunakan untuk diagnosis masalah dan prediksi dalam skenario industri yang kompleks, tetapi juga mempercepat pengembangan proses manufaktur. Aplikasi industrial AI memungkinkan manufacturers untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan kinerja mesin, dan meningkatkan manufacturing performance secara keseluruhan.

Namun, meskipun potensi teknologi sangat besar, predictive maintenance baru emerging sebagai transformative tool dalam Industry 4.0. Integrasi condition-based maintenance dapat secara signifikan meningkatkan uptime mesin dan reliabilitas sambil mengurangi biaya maintenance. Kesenjangan antara potensi teknologi dengan realitas implementasi masih cukup lebar, terutama untuk perusahaan menengah dan kecil.

Dari perspektif akademis, meskipun literatur maintenance management telah berkembang substantial, terdapat beberapa research gaps yang signifikan. Systematic review terhadap expert systems untuk meningkatkan efisiensi energi dalam industri manufaktur menunjukkan bahwa mayoritas penelitian fokus pada aspek teknis secara isolated, sementara integrated perspectives yang menghubungkan technology, management, dan organizational dimensions masih terbatas.

Penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut melalui systematic literature review yang komprehensif, menganalisis perkembangan terkini dalam implementasi

pengecekan utilitas, dan merumuskan framework serta rekomendasi yang evidence-based untuk praktik industri.

LITERATURE REVIEW

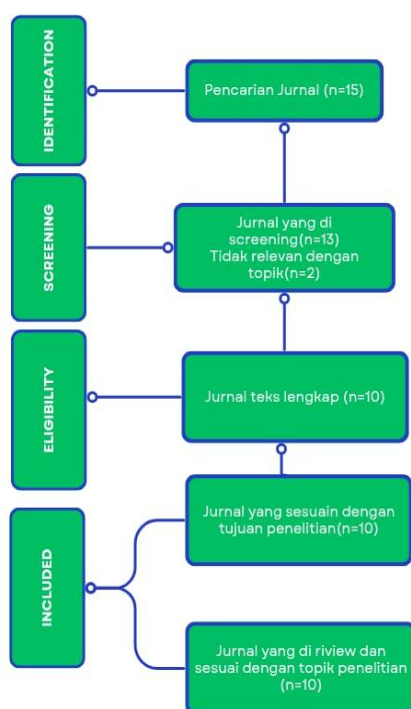
PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)

PRISMA merupakan singkatan dari Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. Panduan ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 2009, kemudian terdapat update terbaru pada tahun 2020. Awalnya, PRISMA dikembangkan untuk mendukung transparansi dalam laporan systematic review dan meta-analysis di bidang kesehatan. Namun, seiring perkembangan waktu, PRISMA mulai diadaptasi secara luas di berbagai disiplin ilmu, termasuk ilmu komputer, pendidikan, dan sosial.

Tujuan utama PRISMA adalah memberikan kerangka pelaporan yang jelas mengenai bagaimana studi literatur dilakukan, mulai dari pencarian awal, proses seleksi, hingga hasil akhir studi yang disertakan. Dengan menggunakan PRISMA, peneliti dapat memastikan bahwa proses seleksi artikel dilakukan secara objektif dan dapat ditelusuri oleh pembaca.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode systematic literature review dengan mengadopsi pendekatan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) untuk memastikan transparansi, reproduksibilitas, dan rigor akademis. Systematic literature review dipilih karena kemampuannya untuk mensintesis evidensi dari berbagai sumber secara sistematis, mengidentifikasi pola dan tren, serta mengungkap research gaps dalam body of knowledge yang ada.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan masalah dari identifikasi 10 jurnal yang berkaitan dengan implementasi pengecekan utilitas di Industri manufaktur. Jurnal yang sesuai akan di analisis . Analisis ini dilakukan berdasarkan peneliti dan tahun, topik penelitian, dan hasil penelitian. Penulis merangkumnya kedalam tabel 1.

Tabel 1: Hasil analisis

c	JURNAL	TOPIK YANG DI BAHAS	HASIL PENELITIAN
1	Expected utility of maintenance policies under different manufacturing competitive priorities: A case study in the process industry Sellitto, M. A. (2022) Cirr Journal of Manufacturing Science and Technology	Makalah ini membahas utilitas yang diharapkan dari kebijakan pemeliharaan dalam manufaktur, menekankan bahwa utilitas bervariasi dengan prioritas kompetitif. Ini menyoroti bahwa mengintegrasikan strategi pemeliharaan dengan prioritas seperti biaya, kualitas, dan keandalan sangat penting untuk mencapai kinerja kompetitif dalam manufaktur.	• Utilitas kebijakan pemeliharaan yang diharapkan bervariasi di bawah prioritas manufaktur yang berbeda. • Strategi darurat memberikan hasil terbaik yang diharapkan ketika prioritasnya adalah pengurangan biaya. • Strategi prediktif memberikan hasil terbaik yang diharapkan ketika prioritasnya adalah peningkatan kualitas. • Strategi pencegahan memberikan hasil terbaik yang diharapkan ketika prioritasnya adalah keandalan. • Studi ini menekankan perlunya integrasi antara strategi manufaktur dan pemeliharaan untuk mencapai kinerja yang kompetitif
2	Eksplorasi Teknologi Pemantauan Utilitas Industri Untuk Penggunaan Energi Shubham Toshniwal, Sangeeta Bharkad 25 Agustus 2019-Jurnal Internasional Penelitian Ilmiah & Teknologi	Pemeriksaan utilitas di industri manufaktur melibatkan pemantauan dan pengendalian konsumsi listrik melalui berbagai teknologi. Audit energi rutin mengidentifikasi area konsumsi tinggi, sementara sistem IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi penggunaan listrik dan emisi karbon.	Makalah ini menyoroti bahwa konsumsi utilitas sangat penting untuk meningkatkan efisiensi produksi di industri. Makalah ini mengidentifikasi penggunaan listrik yang terkontrol sebagai tantangan signifikan dalam sektor industri. Eksplorasi sistem pemantauan dan pengendalian untuk peralatan yang mengonsumsi listrik disajikan sebagai fokus utama. Makalah ini menekankan peran audit energi dalam mengidentifikasi area dengan konsumsi listrik tinggi, meskipun dicatat bahwa solusi yang tepat untuk pemantauan energi masih belum tersedia. Pengenalan Internet of Things (IoT) disebutkan sebagai sarana untuk meningkatkan pemantauan

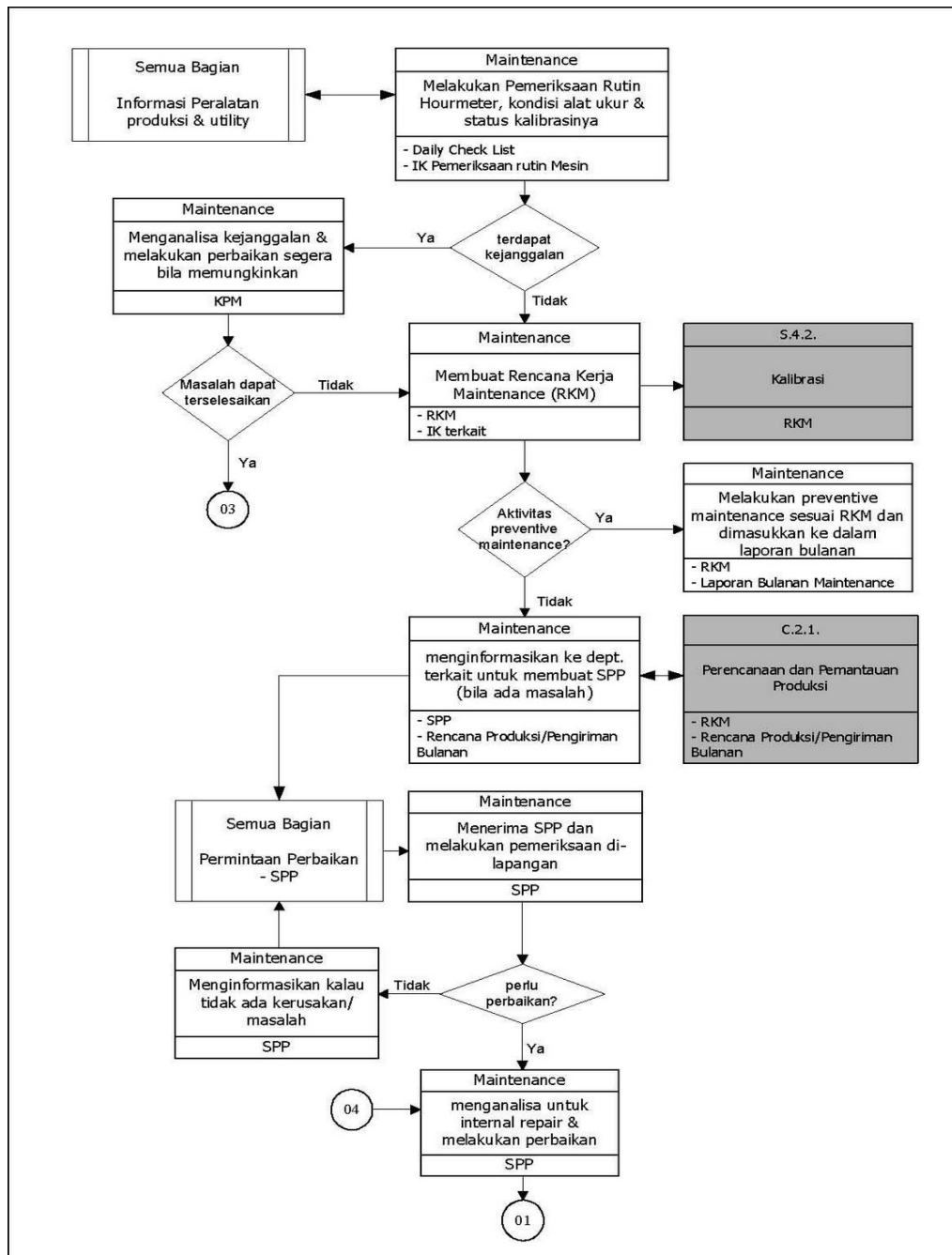
c	JURNAL	TOPIK YANG DI BAHAS	HASIL PENELITIAN
3	An online Utilities Consumption Model for real-time load identification Michael Lees, Robert Ellen, Paul Brodie +3 more 30 Jan 2015-International Journal of Production Research	Makalah ini membahas Model Konsumsi Utilitas (UCM) yang memperkirakan kontribusi peralatan individu terhadap total beban utilitas, memungkinkan pemantauan dan perkiraan konsumsi waktu nyata, sehingga memfasilitasi manajemen utilitas yang efektif dan meminimalkan dampak energi dalam operasi manufaktur.	jarak jauh dan pengendalian sistem serta utilitas industri. • Model Konsumsi Utilitas (UCM) berhasil memperkirakan konsumsi uap untuk setiap sel proses yang relevan di tempat pembuatan bir. • Ini mengumpulkan perkiraan konsumsi berdasarkan aliran bir dan untuk seluruh tempat pembuatan bir, memprediksi besarnya dan durasi konsumsi uap puncak yang akan datang. • Model tersebut menunjukkan bahwa puncak berkelanjutan melebihi 4000 kW mungkin memerlukan penggunaan boiler tambahan secara online. • Pemuatan puncak yang diperkirakan terjadi dalam margin kesalahan -10 ketika operasi pabrik mematuhi jadwal yang diberikan. • UCM menyoroti konsekuensi dari keputusan penjadwalan, menekankan perlunya penjadwalan aliran minuman yang dioptimalkan untuk energi.
4	Industrial automation information management and control system Zhang Wenhai, Bing Jinguo 30 Nov 2016	Makalah ini membahas sistem manajemen dan kontrol informasi otomasi industri yang meningkatkan manajemen produksi dengan memanfaatkan perangkat akuisisi data dan pusat kontrol peralatan otomasi, yang pada akhirnya meningkatkan pemeriksaan utilitas melalui pemantauan parameter dan kondisi manufaktur yang lebih baik.	• Sistem manajemen dan kontrol informasi otomasi industri meningkatkan pengelolaan proses produksi dan material. • Ini memungkinkan perolehan parameter dan kondisi manufaktur yang adil berdasarkan data pengoperasian peralatan. • Sistem ini mengurangi masalah menghentikan tingkat produksi. • Ini mengurangi biaya operasi yang terkait dengan manajemen produksi. • Integrasi berbagai sistem meningkatkan komunikasi dan kontrol dalam tingkat manajemen pabrik

c	JURNAL	TOPIK YANG DI BAHAS	HASIL PENELITIAN
5	Energy Controlling - Analysis and Evaluation of Energy Measuring Equipment for the Purpose of Energy Transparency in Production Plants Tobias Rackow, Tallal Javied, Teresa Geith, Peter Schuderer, Jörg Franke 1 Oct 2014-Applied Mechanics and Material	Pemeriksaan utilitas di industri manufaktur melibatkan akuisisi data konsumsi energi secara berkelanjutan, memanfaatkan alat pengukur energi untuk memastikan akuntansi penggunaan energi yang akurat, termasuk daya reaktif, dan mengidentifikasi potensi penghematan energi melalui sistem manajemen energi yang efektif.	• Makalah ini mengidentifikasi dan mengklasifikasikan perangkat pengukur energi ke dalam empat kategori: dasar, standar, lanjutan, dan premium, berdasarkan spektrum kinerjanya. • Ini menyimpulkan bahwa meteran kelas lanjutan cukup untuk pemantauan permanen konsumsi listrik dalam pengendalian energi. • Analisis menyoroti bahwa klem arus mudah digunakan tetapi tidak cocok untuk penerapan permanen karena keterbatasan geometris. • Loop pengukur lebih fleksibel daripada klem saat ini tetapi hemat biaya dan juga tidak cocok untuk penerapan permanen. • Makalah ini menekankan perlunya perangkat pengukuran energi untuk mencapai transparansi permanen dalam konsumsi energi dalam rencana manufaktur
6	Technology Enabled Manufacturing Industry Practices – Industry 4.0 M. Uthayakumar, Vigneshwaran Shanmugam, M. Salman Khan, Mohamed Thariq Hameed Sultan	Makalah ini menyoroti bahwa pemeriksaan utilitas di industri manufaktur melibatkan penilaian efektivitas teknologi seperti simulasi Augmented Reality dan Virtual Reality, yang meningkatkan kualitas, produktivitas, dan efisiensi energi, selaras dengan praktik Industri 4.0 untuk hasil yang lebih baik.	• Penelitian ini mengidentifikasi potensi teknologi yang matang dan muncul untuk meningkatkan kualitas, produktivitas, efisiensi energi, dan keberlanjutan dalam manufaktur. • Industri 4.0 disorot sebagai katalis bagi industri manufaktur untuk mengadopsi teknologi yang kondusif. • Ekspektasi dari industri pemasok meningkat karena pergeseran paradigma dalam tingkat kualitas manufaktur OEM. • Ada peningkatan permintaan untuk perusahaan teknologi dan R&D untuk memberikan solusi yang lebih baik dalam menanggapi ekspektasi yang tinggi ini.

c	JURNAL	TOPIK YANG DI BAHAS	HASIL PENELITIAN
			Analisis ini menekankan semakin pentingnya teknologi simulasi, khususnya Augmented Reality dan Virtual Reality, dalam praktik manufaktur
7	Empowering industry through energy auditing: a case study of savings and sustainability Kamal Anoune, Mohamed Ghazi, Mokhtar Ghazouani, Badr Nasiri, Otmane Zebraoui - Show less 8 Oct 2024-International Journal of Applied Power Engineering	Makalah ini menekankan audit energi dalam manufaktur, yang mencakup pemeriksaan utilitas untuk menilai pola konsumsi dan kualitas sinyal. Proses ini mengidentifikasi peluang penghematan energi, yang pada akhirnya mengarah pada pengurangan biaya dan peningkatan keberlanjutan dalam operasi industri.	- Penghematan energi tahunan diperkirakan sebesar \$45,824.56. - Pengurangan 23,68% dalam biaya produksi tercapai.
8	Using Interval Meter Data for Improved Facility Management William J. Younger 1 Sep 2007-Energy Engineering	Pemeriksaan utilitas di industri manufaktur melibatkan analisis data interval dari meteran utilitas untuk mengidentifikasi pola penggunaan, memvalidasi tagihan utilitas, dan mengevaluasi langkah-langkah efisiensi energi, yang pada akhirnya mengarah pada peningkatan manajemen energi dan penghematan biaya melalui pengambilan keputusan yang tepat.	- Manajer fasilitas semakin banyak memanfaatkan data interval untuk manajemen energi yang ditingkatkan dalam pengaturan komersial dan industri. - Analisis data interval memungkinkan identifikasi pola penggunaan, masalah peralatan, dan validasi tagihan utilitas, yang mengarah pada potensi penghematan biaya. - Studi kasus menunjukkan bahwa mengevaluasi data interval listrik dan gas dapat meningkatkan penilaian kinerja di berbagai fasilitas, termasuk bangunan komersial dan rumah sakit. - Pemantauan tren interval secara teratur membantu menetapkan garis besar operasional dan mengidentifikasi anomali, seperti malfungsi peralatan atau penjadwalan yang tidak tepat. - Pengenalan data interval meningkatkan program manajemen energi yang ada dengan memberikan wawasan terperinci yang dapat

c	JURNAL	TOPIK YANG DI BAHAS	HASIL PENELITIAN
			mengarah pada item tindakan khusus untuk meningkatkan kontrol fasilitas.
9	Industrial Energy Auditing for Increased Sustainability - Methodology and Measurements Jakob Rosenqvist, Patrik Thollander, Patrik Rohdin, Mats Söderström - Show less 3 Oct 2012	Pemeriksaan utilitas di industri manufaktur melibatkan pengumpulan statistik tentang penggunaan listrik, pemanas, bahan bakar, dan air, menganalisis aliran energi, dan mengidentifikasi langkah-langkah efisiensi potensial melalui audit energi terstruktur untuk meningkatkan keberlanjutan dan mengurangi biaya operasional.	• Audit energi membantu mengidentifikasi langkah-langkah efisiensi energi yang sesuai. • Dampak ekonomi dari solusi dihitung dan dianalisis.
10	Utility Disturbance Management in the Process Industry Anna Lindholm 1 Jan 2011	Makalah ini membahas Manajemen Gangguan Utilitas (UDM) untuk meminimalkan hilangnya pendapatan dari gangguan utilitas di manufaktur. Ini menekankan pada identifikasi gangguan, memperkirakan kehilangan pendapatan, dan memprioritaskan pasokan utilitas berdasarkan profitabilitas dan saling ketergantungan area untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya.	• Kehilangan pendapatan langsung yang disebabkan oleh gangguan pada utilitas sama untuk pemodelan on/off dengan dan tanpa tangki penyangga. • Pengurutan utilitas menurut total kehilangan pendapatan berubah ketika tangki penyangga dimasukkan dalam model lokasi, menunjukkan pengurangan kehilangan pendapatan untuk utilitas tertentu. • Pendekatan pemodelan produksi on/off termasuk tangki penyangga memberikan perkiraan kerugian yang lebih akurat yang disebabkan oleh utilitas dibandingkan dengan model tanpa tangki penyangga. • Studi ini menunjukkan bahwa area yang dimodelkan sebagai on atau off tidak cukup mencerminkan variabilitas produksi aktual, menunjukkan perlunya pemodelan produksi berkelanjutan. • Penelitian ini mengidentifikasi bahwa mengelola gangguan pasokan utilitas di tingkat lokasi adalah topik yang belum dieksplorasi, menyoroti

perlunya penyelidikan lebih lanjut di bidang ini.

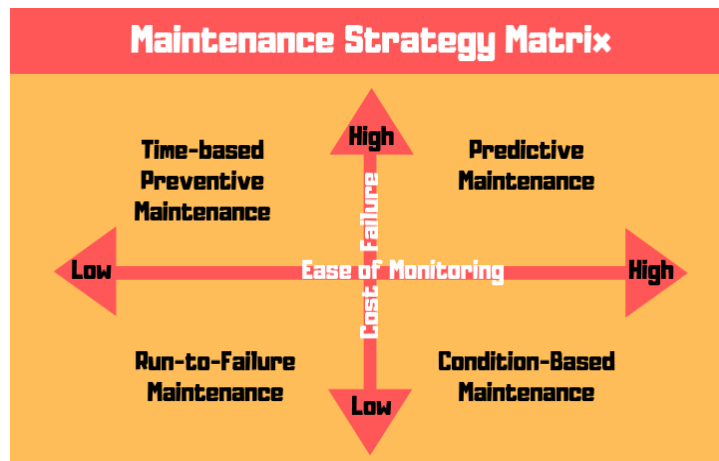


Gambar 2. Aliran Pemeliharaan Maintenance

Integrasi Pemeriksaan Utilitas dan Strategi Manufaktur

Berdasarkan hasil kajian literatur, pemeriksaan utilitas dalam industri manufaktur tidak lagi dipahami sebagai aktivitas teknis semata, melainkan sebagai bagian integral dari strategi manufaktur dan pengambilan keputusan manajerial. Hal ini secara jelas ditunjukkan oleh penelitian Sellitto (2022) yang menegaskan bahwa utilitas kebijakan pemeliharaan sangat

bergantung pada prioritas kompetitif perusahaan, seperti biaya, kualitas, dan keandalan. Strategi pemeliharaan darurat terbukti paling menguntungkan ketika fokus utama perusahaan adalah pengurangan biaya, sementara strategi prediktif dan pencegahan memberikan hasil terbaik pada konteks peningkatan kualitas dan keandalan sistem. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemeriksaan utilitas harus diselaraskan dengan arah strategis manufaktur, agar kontribusinya terhadap kinerja operasional menjadi optimal.



Gambar 3. Strategi Pemeliharaan

Audit Energi sebagai Fondasi Pemeriksaan Utilitas

Sebagian besar penelitian menempatkan audit energi sebagai fondasi utama dalam pemeriksaan utilitas industri. Toshniwal dan Bharkad (2019), Rosenqvist et al. (2012), serta Anoune et al. (2024) menunjukkan bahwa audit energi memungkinkan identifikasi area dengan konsumsi utilitas tinggi, analisis pola penggunaan energi, serta evaluasi kualitas sinyal dan efisiensi peralatan. Hasil studi kasus terbaru menunjukkan bahwa audit energi tidak hanya berdampak pada peningkatan efisiensi teknis, tetapi juga menghasilkan penghematan biaya yang signifikan dan peningkatan keberlanjutan operasional, sebagaimana ditunjukkan oleh penurunan biaya produksi hingga 23,68%. Dengan demikian, audit energi berfungsi sebagai alat diagnostik awal dalam sistem pemeriksaan utilitas yang efektif.

Pemantauan Utilitas Berbasis Data dan Model Prediktif

Perkembangan teknologi mendorong pemeriksaan utilitas menuju pendekatan real-time dan berbasis data. Model Konsumsi Utilitas (UCM) yang dikembangkan oleh Lees et al. (2015) menunjukkan kemampuan untuk memperkirakan konsumsi utilitas per peralatan dan memprediksi beban puncak energi secara akurat. Temuan ini memperlihatkan bahwa keputusan penjadwalan produksi memiliki konsekuensi langsung terhadap konsumsi utilitas dan kebutuhan kapasitas energi. Sejalan dengan itu, Younger (2007) menekankan pentingnya pemanfaatan data interval meter dalam mengidentifikasi anomali penggunaan, memvalidasi tagihan utilitas, serta meningkatkan efektivitas manajemen fasilitas. Kedua studi ini menegaskan bahwa pemeriksaan utilitas modern bersifat prediktif, bukan reaktif.

Gambar 4. Contoh Dashboard Energy Management



Peran Otomasi Industri dan Sistem Informasi

Zhang dan Bing (2016) memperluas perspektif pemeriksaan utilitas dengan menempatkannya dalam kerangka sistem otomasi industri dan manajemen informasi. Integrasi perangkat akuisisi data, pusat kontrol otomasi, dan sistem manajemen produksi terbukti meningkatkan akurasi pemantauan parameter manufaktur sekaligus menurunkan biaya operasional. Sistem terintegrasi ini memungkinkan pemeriksaan utilitas dilakukan secara berkelanjutan dan konsisten, sehingga gangguan produksi dapat diminimalkan. Dengan demikian, pemeriksaan utilitas menjadi bagian dari ekosistem digital pabrik, bukan sistem yang berdiri sendiri.

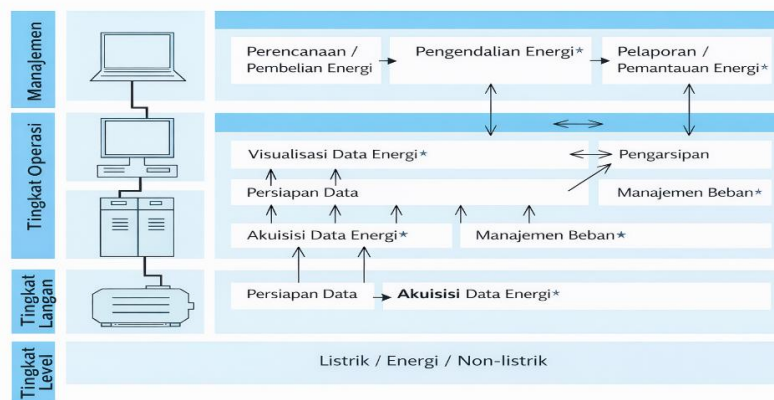
Transparansi Energi dan Perangkat Pengukuran

Aspek penting lain dalam pemeriksaan utilitas adalah transparansi energi, sebagaimana dibahas oleh Rackow et al. (2014). Klasifikasi perangkat pengukuran energi menunjukkan bahwa tidak semua alat cocok untuk pemantauan permanen, meskipun mudah digunakan. Penelitian ini menekankan bahwa pemilihan alat ukur yang tepat merupakan prasyarat untuk memperoleh data utilitas yang akurat dan berkelanjutan. Transparansi energi memungkinkan perusahaan memahami konsumsi daya aktif dan reaktif secara detail, sehingga keputusan pengendalian energi dapat dilakukan secara berbasis bukti.

Pemeriksaan Utilitas dalam Konteks Industry 4.0

Penelitian Uthayakumar et al. menegaskan bahwa pemeriksaan utilitas semakin relevan dalam kerangka Industry 4.0. Teknologi seperti Internet of Things, Augmented Reality, dan Virtual Reality mendukung simulasi proses, analisis konsumsi energi, serta peningkatan efisiensi sistem produksi. Dalam konteks ini, pemeriksaan utilitas berkembang menjadi sistem cerdas yang mendukung keberlanjutan, produktivitas, dan kualitas secara simultan.

Gambar 5. Diagram Energy Management



Manajemen Gangguan Utilitas sebagai Aspek Risiko Operasional

Lindholm (2011) menyoroti dimensi lain pemeriksaan utilitas, yaitu manajemen gangguan utilitas (Utility Disturbance Management). Penelitian ini menunjukkan bahwa gangguan pasokan utilitas dapat menyebabkan kerugian pendapatan yang signifikan, terutama bila tidak dimodelkan secara realistis. Pendekatan pemodelan produksi berkelanjutan dengan mempertimbangkan tangki penyangga memberikan estimasi kerugian yang lebih akurat dibandingkan model on/off sederhana. Hal ini menegaskan bahwa pemeriksaan utilitas juga berfungsi sebagai alat mitigasi risiko operasional dan finansial.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan bahwa pemeriksaan utilitas dalam industri manufaktur mencakup dimensi strategis, teknis, dan manajerial. Integrasi audit energi, pemantauan real-time, sistem otomasi, teknologi Industry 4.0, serta manajemen gangguan utilitas terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi, menurunkan biaya produksi, dan memperkuat keberlanjutan industri. Oleh karena itu, pemeriksaan utilitas tidak dapat dipisahkan dari sistem manajemen manufaktur modern dan harus diposisikan sebagai instrumen strategis untuk meningkatkan daya saing industri.

REFERENSI

- Anoune, K., Ghazi, M., Ghazouani, M., Nasiri, B., & Zebraoui, O. (2024). Empowering industry through energy auditing: a case study of savings and sustainability. *International Journal of Applied Power Engineering*, 13(4), 952–962. <https://doi.org/10.11591/ijape.v13.i4.pp952-962>
- ISO. (2018). ISO 50001:2018 – Energy management systems — Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization.
- Lees, M., Ellen, R., Brodie, P., Steffens, M., Newell, B., & Wilkey, D. (2015). An online utilities consumption model for real-time load identification. *International Journal of*

Production Research, 53(5), 1337–1357.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2014.919415>.

- Lestari, R. M., Baihaqi, I., & Persada, S. F. (2018). Praktik manajemen energi pada industri manufaktur. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1).
- Lindholm, A. (2011). *Utility Disturbance Management in the Process Industry* (Licentiate thesis). Department of Automatic Control, Lund University, Sweden.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Mulyani, F. (2018). Audit dan rancangan implementasi sistem manajemen energi berbasis ISO 50001 di Universitas Brawijaya. *EECCIS Journal*.
- Rackow, T., Javied, T., Geith, T., Schuderer, P., & Franke, J. (2014). Energy Controlling – Analysis and Evaluation of Energy Measuring Equipment for the Purpose of Energy Transparency in Production Plants. *Applied Mechanics and Materials*, 655, 35–40. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.655.35>.
- Rahim, R., & Jamhur, A. I. (2024). Technological innovation in energy management: A case study of implementation in the industrial sector. *Jurnal Teknik dan Teknologi Tepat Guna*, 3(2), 28–35.
- Ridwan, T. (n.d.). Perancangan sistem manajemen energi pada industri manufaktur berdasarkan ISO 50001:2011. *Jurnal Operations Excellence*.
- Rosenqvist, J., Thollander, P., Rohdin, P., & Söderström, M. (2012). Industrial energy auditing for increased sustainability – Methodology and measurements. In A. Gebremedhin (Ed.), *Sustainable Energy: Recent Studies*. InTech Publisher. <https://doi.org/10.5772/51717>.
- Tauruy, A. Y., Fahmi, I., & Najib, M. (2022). Energy management system implementation strategy in the concentrating division of PT Freeport Indonesia based on ISO 50001:2018. *Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship*, 3(2).
- Toshniwal, S., & Bharkad, S. (2019). An exploration of industrial utility monitoring technologies for energy usage. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(8), 371-374.
- Uthayakumar, M., Haneef, I., Adam Khan, M., & Sultan, M. T. H. (2019). Technology Enabled Manufacturing Industry Practices – Industry 4.0. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(4S4), 160–162. <https://doi.org/10.35940/ijrte.D1052.1284S419>.

- Yadav, N., Mathiyazhagan, K., & Kumar, K. (2019). Application of Six Sigma to minimize the defects in the glass manufacturing industry: A case study. *Journal of Advances in Management Research*, 16(4), 594–624. <https://doi.org/10.1108/JAMR-11-2018-0102>.
- Younger, W. J. (2007). Using interval meter data for improved facility management. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering*, 104(5), 21–33. <https://doi.org/10.1080/01998590709509509>.
- Zhang, W., & Bing, J. (2016, November 30). Industrial automation information management and control system.