

Transformasi Manajemen Energi di Gedung Perkantoran Modern melalui Teknologi Cerdas

Putry Ayu Auliasari¹, Erna Astuti^{2*}, Siti Jamilatun³, Firda Rizki Rhomadoni⁴, Budi Setya Wardhana⁵ dan Annisa Vada febriani⁶

¹Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ahmad Yani, Bantulan, Bantul, D.I. Yogyakarta, 55191, Indonesia.

*Corresponding Author : erna.astuti@che.uad.ac.id

ABSTRAK

Transformasi manajemen energi di gedung perkantoran modern semakin bergantung pada teknologi cerdas untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Artikel ini mengkaji berbagai teknologi seperti sensor pintar, *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), dan sistem otomasi bangunan yang diterapkan guna mengoptimalkan konsumsi energi tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah studi literatur dengan menelusuri dan menganalisis sumber-sumber ilmiah terpercaya yang membahas penerapan teknologi cerdas dalam manajemen energi gedung. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi teknologi cerdas mampu mengurangi konsumsi energi secara signifikan, menekan biaya operasional, serta mendukung pengelolaan energi yang adaptif dan berkelanjutan. Dari berbagai literatur yang dianalisis, *Building Energy Management System* (BEMS) dinilai sebagai solusi paling efisien karena mampu memantau dan mengontrol penggunaan energi secara *real-time*, terutama pada sistem HVAC dan pencahayaan yang merupakan komponen utama konsumsi energi di gedung. IoT mendukung otomatisasi dan pemantauan cerdas melalui konektivitas antar perangkat, sementara AI menambahkan lapisan kecerdasan dalam sistem melalui kemampuan mendeteksi anomali, memprediksi pola penggunaan energi, dan memberikan rekomendasi otomatis. Studi ini memberikan wawasan penting bagi pengembangan strategi dan kebijakan energi di sektor bangunan perkantoran modern. Pengelola gedung perlu mengadopsi teknologi cerdas yang sesuai. Riset lanjutan diarahkan pada evaluasi jangka panjang dan pengembangan AI untuk efisiensi energi berkelanjutan.

Kata kunci: Efisiensi; Energi; Manajemen; Perkantoran Modern; Teknologi

ABSTRACT

The transformation of energy management in modern office buildings increasingly relies on smart technologies to improve energy efficiency while supporting environmental sustainability. This article examines various technologies such as smart sensors, Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and building automation systems that are applied to optimize energy consumption without compromising user comfort. The method used in this study is a literature study by tracing and analyzing reliable scientific sources that discuss the application of smart technology in building energy management. The results show that the integration of smart technology can significantly reduce energy consumption, reduce operational costs, and support adaptive and sustainable energy management. From the literature analyzed, Building Energy Management System (BEMS) is considered the most efficient solution because it is able to monitor and control energy use in real-time, especially in HVAC and lighting systems which are the main components of energy consumption in buildings. IoT supports automation and intelligent monitoring through connectivity between devices, while AI adds a layer of intelligence to the system through the ability to detect anomalies, predict energy usage patterns, and provide automated recommendations. This study provides important insights for the development of energy strategies and policies in the modern office building sector.

Building managers need to adopt appropriate smart technologies. Further research is directed towards long-term evaluation and development of AI for sustainable energy efficiency.

Keywords: *Efficiency; Energy; Management; Modern Office; Technology*

PENDAHULUAN

Konsumsi energi di sektor konstruksi, khususnya pada gedung perkantoran, terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan aktivitas ekonomi, urbanisasi, serta penggunaan teknologi modern (Januari, 2024). Di tengah krisis energi global dan tantangan perubahan iklim, efisiensi energi menjadi fokus utama dalam pengelolaan bangunan komersial. Salah satu upaya yang menonjol adalah penerapan manajemen energi yang efektif (Retno mulyaningrum, 2023). Manajemen energi kini menjadi aspek penting dalam pengelolaan gedung perkantoran modern (Silma Setyowati, 2023). Gedung-gedung ini, yang umumnya memiliki tingkat konsumsi energi yang tinggi, dituntut untuk menerapkan sistem manajemen energi yang lebih efisien, hemat biaya, dan ramah lingkungan (Chen *et al.*, 2025). Seiring dengan perkembangan pesat teknologi serta meningkatnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan lingkungan, optimasi penggunaan energi di gedung perkantoran menjadi hal yang sangat krusial. Oleh karena itu, penting untuk meninjau berbagai pendekatan, teknologi, dan studi terbaru mengenai transformasi sistem manajemen energi di gedung perkantoran modern melalui pemanfaatan teknologi cerdas (Hakawati, 2024).

Manajemen energi pada gedung terdahulu umumnya yang masih bergantung pada proses manual dan cenderung tidak antisipatif kini mulai bertransformasi menuju pendekatan yang lebih proaktif dan didukung teknologi (Rachmad, *et al.*, 2024). Sedangkan pada gedung perkantoran modern menggunakan berbagai sistem seperti pencahayaan, pendingin ruangan (HVAC), elevator, dan perangkat elektronik lainnya yang berkontribusi besar terhadap konsumsi energi listrik secara keseluruhan (Indra, 2021).

Sebagai respon terhadap tantangan tersebut, muncul kebutuhan akan transformasi dalam cara merancang dan mengelola gedung perkantoran. Konsep perkantoran modern pun berkembang, dengan pendekatan yang menekankan efisiensi energi, pemanfaatan

teknologi cerdas, serta prinsip keberlanjutan (Anarene, 2024). Gedung-gedung ini umumnya memiliki desain arsitektur yang terbuka, fungsional, dan mendukung produktivitas, dengan pemanfaatan pencahayaan alami, tata letak yang fleksibel, serta penggunaan material bangunan yang ramah lingkungan (Setiawan, 2024). Selain dari sisi desain fisik, perkantoran modern juga mengedepankan pemanfaatan teknologi cerdas untuk mengelola berbagai aspek operasional gedung secara otomatis dan efisien (Ifadhila, 2024).

Salah satu inovasi yang berkembang pesat adalah manajemen energi cerdas (*smart energy management*), yang mengintegrasikan teknologi seperti (IoT), (AI), sistem otomasi bangunan, dan analitik data energi secara *real-time* (H L, M, Ravi, J, 2024). Teknologi-teknologi ini memungkinkan pemantauan, pengendalian, dan optimalisasi penggunaan energi secara lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan (Saifullah, 2024). Transformasi ini tidak hanya menawarkan potensi penghematan energi dan biaya operasional, tetapi juga mendukung pencapaian target pembangunan berkelanjutan (*sustainable development goals*), khususnya pada aspek energi bersih dan efisiensi (Nehemia & Hendrayana, 2024). Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai konsep, teknologi, dan implementasi manajemen energi cerdas di gedung perkantoran menjadi sangat penting (Sari & Frisca, 2024).

Sehingga kajian literatur ini bertujuan untuk membahas secara komprehensif penerapan manajemen energi cerdas (*smart energy management*) dalam sistem pengelolaan energi pada gedung perkantoran. Kajian ini akan mengulas berbagai konsep, teknologi, serta pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan energi melalui integrasi teknologi cerdas. Selain itu, kajian ini juga akan membahas tantangan yang dihadapi dalam implementasi teknologi tersebut.

TEKNOLOGI BERBASIS DATA DALAM SISTEM MANAJEMEN ENERGI MODERN

Manajemen energi di gedung perkantoran modern kini sangat bergantung pada integrasi teknologi berbasis data untuk mencapai efisiensi, penghematan biaya, dan keberlanjutan lingkungan (Nahuway, 2024). Berikut pembahasan mendalam tentang peran dan penerapan teknologi utama seperti BEMS, IoT, AI, *Big Data Analytics*, *Cloud Computing*, dan GIS dalam pengelolaan energi cerdas di gedung perkantoran

Building Energy Management Systems (BEMS)

BEMS merupakan sistem terintegrasi yang memungkinkan pengawasan dan pengendalian berbagai aspek operasional gedung, seperti pencahayaan, *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC), dan sistem keamanan (Adi Prabowo *et al.*, 2022). Dengan kemampuan analitiknya, BEMS dapat mendeteksi anomali dan mengoptimalkan penggunaan energi secara real-time (Wags, 2024). Menunjukkan bahwa penerapan BEMS berbasis AI dapat mengurangi konsumsi energi hingga 20-30% melalui pengelolaan energi secara real-time (Ibrahim & Prasyas, 2025).

Internet of Things (IoT)

IoT adalah konsep di mana berbagai perangkat fisik—seperti sensor, peralatan elektronik, kendaraan, dan objek lainnya—terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Setiap perangkat ini memiliki alamat IP unik sehingga dapat dikenali dan saling bertukar data secara otomatis, tanpa campur tangan manusia secara langsung. IoT memungkinkan perangkat seperti sensor suhu, kelembaban, dan keberadaan untuk saling terhubung dan mengirim data secara kontinu (Elksasy, 2023). Data ini digunakan untuk menyesuaikan operasional gedung, misalnya mengatur suhu ruangan secara otomatis berdasarkan jumlah orang di dalamnya atau cahaya alami yang tersedia. (Poyyamozhi, 2024) menyoroti bahwa integrasi IoT dalam manajemen energi gedung dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi konsumsi energi secara signifikan.

Artificial Intelligence (AI) dan Machine Learning (ML)

AI adalah cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem atau mesin yang mampu meniru kemampuan kognitif manusia, seperti berpikir, belajar, mengambil keputusan, mengenali suara, memahami bahasa, serta memecahkan masalah kompleks (Shrivastava, 2024). ML adalah salah satu cabang atau teknik dalam AI yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan meningkatkan kinerjanya secara otomatis tanpa harus diprogram secara eksplisit. AI dan ML memungkinkan sistem untuk mempelajari pola penggunaan energi dan memprediksi kebutuhan di masa mendatang (Suhail & Saeed, 2024). Teknologi ini membantu dalam membuat keputusan berbasis data, seperti mengatur jadwal operasional sistem pendingin atau mematikan perangkat non-aktif secara otomatis (Hanafi, 2024). melaporkan bahwa penerapan AI dalam sistem manajemen energi gedung dapat menghasilkan penghematan energi hingga 22,63% dan pengurangan emisi karbon yang signifikan.

Big Data Analytics

Adalah proses pengumpulan, analisis, dan evaluasi data dalam skala besar untuk mengidentifikasi tren, pola, dan informasi yang berharga. Tujuannya adalah mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dan strategis berdasarkan bukti data (Feng, *et al.*, 2024). *Machine learning*, kecerdasan buatan, dan algoritma statistik yang canggih merupakan beberapa teknologi yang digunakan untuk memastikan keakuratan data dari kumpulan data yang sangat besar dan kompleks. *Big Data Analytics* memungkinkan organisasi menggali insight tersembunyi yang tidak terlihat dari data biasa sehingga menjadi alat penting di era informasi saat ini (Suresh, 2022).

Cloud Computing

Adalah penyediaan sumber daya komputasi seperti server, penyimpanan data, jaringan, dan perangkat lunak melalui internet. Cloud computing memungkinkan akses data dan aplikasi secara fleksibel dari mana saja tanpa harus memiliki infrastruktur sendiri. Layanan cloud dikelola oleh penyedia layanan seperti AWS, *Google Cloud*, atau *DCloud*, dan digunakan untuk berbagai kebutuhan mulai dari pencadangan data hingga pengembangan aplikasi dan analisis data besar (Muhammad

Syahputra, 2022). Dalam konteks *smart building*, *cloud computing* memainkan peran penting dalam menghubungkan dan mengelola berbagai sistem dan perangkat yang ada di dalam gedung secara efisien dan terpusat. *Smart building* adalah bangunan yang menggunakan teknologi digital, termasuk sensor dan perangkat IoT, untuk mengontrol berbagai aspek operasional seperti pencahayaan, ventilasi, keamanan, dan konsumsi energi (Shahrabani, 2023). Semua data dari sensor-sensor ini dikirim dan disimpan ke dalam platform cloud, yang kemudian digunakan untuk menganalisis kondisi gedung secara real-time (Sukendro, 2024).

Geographic Information System (GIS)

Adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memeriksa, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data yang terkait dengan posisi di permukaan bumi atau data geospasial. Sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis, dan menghasilkan data yang berhubungan dengan posisi geografis di permukaan bumi (Chaniago & Taki, 2022). GIS mengintegrasikan data spasial dengan operasi kueri dan analisis statistik serta visualisasi peta, sehingga dapat menjelaskan peristiwa, memprediksi hasil, dan membantu perencanaan strategis. Komponen utama GIS meliputi perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data geografis, manusia (*people*), dan metode operasional. GIS bekerja dengan model data vektor (titik, garis, poligon) dan *raster grid sel* untuk berbagai kebutuhan analisis spasial.

PENERAPAN TEKNOLOGI BERBASIS DATA DALAM MANAJEMEN ENERGI PERKANTORAN

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan dalam pengelolaan bangunan modern, terutama melalui penerapan konsep *smart building*. Konsep ini menjadikan bangunan bukan hanya sebagai tempat beraktivitas, tetapi juga sebagai sistem cerdas yang mampu merespons kondisi lingkungan dan kebutuhan penghuninya secara *real-time*. Teknologi yang digunakan dalam *smart building* mencakup berbagai sistem

berbasis data yang memungkinkan otomatisasi, efisiensi, dan kenyamanan sekaligus.

Proses manajemen energi dimulai dari pelaksanaan audit energi untuk mengidentifikasi pola konsumsi dan potensi inefisiensi. Hasil audit ini menjadi dasar pengambilan keputusan dalam merancang strategi penghematan energi, baik melalui penyesuaian operasional maupun dengan dukungan teknologi (Cagno *et al.*, 2025). Dalam implementasinya, gedung modern kini banyak mengandalkan teknologi seperti *Building Management System* (BMS), sensor IoT, dan AI untuk memantau dan mengontrol sistem utilitas secara otomatis dan berbasis data. Teknologi ini memungkinkan pengaturan suhu, pencahayaan, dan sistem lainnya secara real-time berdasarkan kebutuhan aktual pengguna, sehingga energi tidak terbuang sia-sia (Afzal *et al.*, 2023).

Dalam konteks perkantoran, *smart building* hadir sebagai solusi terhadap berbagai tantangan seperti konsumsi energi yang tinggi, pemeliharaan fasilitas yang kompleks, dan kebutuhan kenyamanan kerja yang meningkat. Penggunaan teknologi berbasis sensor, perangkat IoT, sistem kecerdasan buatan (AI), hingga *big data analytics* memungkinkan pengelolaan energi dilakukan secara presisi dan berkelanjutan. Bangunan perkantoran tidak lagi dikelola secara manual dan terpisah, melainkan melalui sistem yang saling terhubung, terintegrasi, dan mampu belajar dari data untuk meningkatkan kinerja operasional.

Salah satu aspek penting dari transformasi ini adalah kemampuan teknologi untuk mendukung integrasi energi terbarukan. Misalnya, pemanfaatan panel surya dan sistem penyimpanan energi (*battery storage*) kini dapat dioptimalkan melalui sistem kontrol berbasis AI yang cerdas. Sistem ini mampu menyeimbangkan antara suplai dan permintaan energi, serta memutuskan kapan energi harus digunakan langsung atau disimpan untuk keperluan lain. Hal ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada energi konvensional, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon. Studi oleh Rizvi (2023) menegaskan bahwa sistem manajemen energi berbasis AI mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan secara signifikan dan membantu bangunan mencapai target efisiensi energi yang ambisius.

Teknologi cerdas ini juga membawa nilai tambah dalam aspek keamanan, prediktabilitas, dan kenyamanan kerja. Misalnya, sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis sensor dapat secara otomatis menyesuaikan ventilasi untuk memastikan lingkungan kerja yang sehat. Sistem keamanan berbasis AI mampu mendeteksi pola aktivitas mencurigakan secara dini. Bahkan, pengelolaan ruang kerja dapat ditingkatkan melalui analisis data okupansi untuk mengoptimalkan penggunaan ruang sesuai kebutuhan.

Tabel di bawah ini menyajikan berbagai teknologi utama yang mendukung

implementasi *smart building*, dengan penjelasan mengenai fungsi, bentuk pengaplikasian, serta keunggulan yang dimiliki masing-masing teknologi. Informasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana teknologi berbasis data mampu meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan, dan keberlanjutan dalam pengelolaan bangunan perkantoran di Indonesia. Selain itu, pemaparan ini juga dapat menjadi acuan penting bagi pemangku kebijakan, pengembang, dan pengelola fasilitas dalam merancang sistem bangunan cerdas yang adaptif terhadap tantangan masa depan.

Tabel 1. Teknologi Pendukung Manajemen Energi Berbasis Data di Gedung Perkantoran Cerdas

Teknologi	fungsi	Pengaplikasian	Keunggulan	Ref
BEMS	Monitoring dan pengumpulan data energi, pengendalian sistem energi, optimasi konsumsi energi	Monitoring energi mengumpulkan data konsumsi secara <i>real-time</i> melalui sensor dan meter pintar. Pengendalian sistem energi mengatur otomatis perangkat seperti HVAC dan pencahayaan berdasarkan data tersebut	Pengelolaan terpusat; Integrasi (Wags Numoipiri Digitemie & Ifeanyi Onyedika Ekemezie, 2024) data sensor; Kontrol jarak jauh; Dukungan keberlanjutan	(Wags Numoipiri 2024).
IoT	Pengumpulan data waktu nyata tentang penggunaan energi dan kondisi lingkungan, memungkinkan komunikasi data di antara perangkat.	Menghubungkan perangkat fisik dengan internet untuk mengumpulkan data waktu nyata tentang penggunaan energi dan kondisi lingkungan	Keamanan yang baik; Pengelolaan dan keputusan cerdas; Pemeliharaan prediktif; Produktivitas penghuni;	(Elksasy, 2023).
<i>Artificial Intelligence</i> (AI)	Mengotomatiskan tugas, mendeteksi anomali energi, mengoptimalkan penggunaan energi, memprediksi pola, dan memperkirakan biaya.	AI mengotomatiskan pemantauan dan pengendalian energi secara <i>real-time</i> , mendeteksi inefisiensi, memprediksi pola penggunaan, dan memberikan rekomendasi untuk menghemat energi sambil menjaga kenyamanan, sehingga mengurangi beban kerja manual dan mempercepat pengambilan keputusan	menurunkan konsumsi energi bangunan sebesar 5–35%; Penurunan emisi karbon; mendeteksi potensi ; kerusakan atau inefisiensi lebih awal; Dukungan terhadap keberlanjutan dan smart city	(Hanafi <i>et al.</i> , 2024).

Big Data Analytics	Pengumpulan, pemrosesan, dan analisis kumpulan data besar yang kompleks untuk mengidentifikasi pola	Pengumpulan, pemrosesan, dan analisis kumpulan data besar yang kompleks untuk mengidentifikasi pola	Peningkatan efisiensi operasional; Manajemen ruang yang lebih baik; Pemeliharaan proaktif	(Putri, <i>et al.</i> , 2025).
Cloud Computing	hemat biaya penyimpanan dan layanan data di luar lokasi	menyimpan dan mengelola data tanpa perlu investasi besar pada perangkat keras fisik di gedung. Dengan model bayar sesuai pemakaian, biaya menjadi lebih efisien karena kapasitas bisa disesuaikan dengan kebutuhan	Akses data dan kontrol real time; Fleksibilitas dan skalabilitas; Keamanan data tinggi; Pengurangan dampak lingkungan	(Bhimaraju, <i>et al.</i> , 2021).
Geographic Information System (GIS)	Penyimpanan, visualisasi, analisis, dan interpretasi data serta mengelola jaringan distribusi energi	Dalam smart building, data dari sensor dan perangkat IoT—seperti suhu, energi, kualitas udara, dan okupansi—dikumpulkan dan disimpan di cloud atau lokal untuk keamanan dan efisiensi. Data divisualisasikan lewat dashboard real-time, memudahkan pemantauan dan kontrol.	Visualisasi data spesial; Integrasi data beragam; Analisis risiko dan pola; Perencanaan infrastruktur ; Pemeliharaan prediktif	(Ummah, 2019).

Dalam konteks pengembangan smart building di Indonesia, teknologi yang paling sesuai untuk diterapkan adalah BEMS, IoT, dan AI. Ketiga teknologi ini menawarkan solusi nyata terhadap tantangan utama seperti tingginya konsumsi energi, kebutuhan efisiensi operasional, serta kenyamanan penghuni di iklim tropis. BEMS menjadi pilihan utama karena mampu memantau dan mengontrol penggunaan energi secara real-time, khususnya untuk sistem HVAC dan pencahayaan yang merupakan beban utama energi di gedung. Dengan sistem ini, pengelolaan energi menjadi lebih efisien dan terpusat. IoT mendukung otomatisasi dan pemantauan cerdas melalui koneksi antar perangkat. Sensor-sensor yang terhubung dapat mendeteksi suhu, okupansi, atau kualitas udara secara langsung, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan kenyamanan dan mengurangi pemborosan energi.

Sementara itu, AI menambah lapisan kecerdasan dalam sistem dengan kemampuan mendeteksi anomali, memprediksi pola penggunaan energi, dan memberikan rekomendasi otomatis. AI membantu mempercepat pengambilan keputusan dan mendukung pemeliharaan prediktif, sangat relevan untuk lingkungan urban di kota-kota besar Indonesia. Ketiga teknologi ini saling melengkapi dan dapat diimplementasikan secara bertahap, menjadikannya solusi ideal dalam transformasi bangunan konvensional menuju smart building yang efisien, nyaman, dan ramah lingkungan di Indonesia.

Prospek masa depan AI dalam industri ini sangat luas, termasuk manajemen energi yang terdesentralisasi dan sistem pendukung keputusan yang lebih baik, yang semuanya bertujuan untuk menciptakan sistem energi yang lebih efisien, tahan lama, dan ramah

lingkungan yang mampu memenuhi permintaan modern dan mendukung pergeseran global. AI akan memfasilitasi EMS yang terdesentralisasi, yang memungkinkan distribusi energi yang efisien dan tangguh melalui jaringan mikro. AI juga akan mendorong pengoptimalan waktu nyata, menyeimbangkan penawaran dan permintaan secara lebih efektif sekaligus mengurangi pemborosan energi di jaringan dan bangunan pintar. Pemeliharaan prediktif berbasis AI dan deteksi kesalahan akan mengurangi waktu henti dan biaya pemeliharaan dengan meramalkan kegagalan peralatan sebelum terjadi, sehingga secara signifikan meningkatkan keandalan sistem energi. Selain itu, AI akan menjadi kunci dalam mengelola variabilitas RES, memastikan integrasi jaringan yang stabil dan efisien. Bangunan dan kota pintar akan mendapat manfaat dari EMS berbasis AI yang secara otonom mengelola konsumsi energi dan kontrol iklim, yang berkontribusi pada keberlanjutan perkotaan. Terkait EV, AI akan mengoptimalkan kinerja dengan mengelola kondisi operasi dan memprediksi degradasi, yang selanjutnya mendorong adopsi mereka. Kolaborasi manusia-AI akan berkembang dengan AI yang menangani tugas-tugas pengoptimalan yang kompleks sementara operator manusia fokus pada pengambilan keputusan strategis. Ketika teknologi AI menjadi lebih canggih dan terjangkau, adopsi global akan meningkat, mendorong sektor energi yang lebih berkelanjutan dan efisien. Akhirnya, Sistem pendukung keputusan yang disempurnakan akan memberdayakan operator dengan keputusan yang lebih tepat mengenai produksi, distribusi, dan konsumsi energi, sehingga mendorong pengambilan keputusan yang lebih baik di EMS (Ashkan, Mohammadreza, & Amjad, 2024)

Proses manajemen energi dimulai dari pelaksanaan audit energi untuk mengidentifikasi pola konsumsi dan potensi inefisiensi (Auliasari, 2024). Hasil audit ini menjadi dasar pengambilan keputusan dalam merancang strategi penghematan energi, baik melalui penyesuaian operasional maupun dengan dukungan teknologi (Cagno *et al.*, 2025). Dalam implementasinya, gedung modern kini banyak mengandalkan teknologi seperti BMS, IoT, dan AI untuk memantau dan

mengontrol sistem utilitas secara otomatis dan berbasis data. Teknologi ini memungkinkan pengaturan suhu, pencahayaan, dan sistem lainnya secara real-time berdasarkan kebutuhan aktual pengguna, sehingga energi tidak terbuang sia-sia (Afzal *et al.*, 2023). Selain teknologi, keberhasilan manajemen energi juga sangat bergantung pada kebijakan internal dan keterlibatan penghuni gedung. Edukasi kepada pengguna mengenai pentingnya efisiensi energi dapat menciptakan budaya sadar energi yang positif (Paone & Bacher, 2018). Dengan penerapan manajemen energi yang baik, gedung perkantoran tidak hanya mampu menghemat biaya dan meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memperoleh nilai tambah seperti sertifikasi bangunan hijau dan peningkatan reputasi perusahaan di mata publik

TANTANGAN DALAM MANAJEMEN ENERGI DI GEDUNG PERKANTORAN

Penerapan konsep *smart building* di gedung perkantoran menjadi strategi penting dalam mewujudkan efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Teknologi cerdas seperti (AI), (IoT), dan (BEMS) memungkinkan pemantauan dan pengelolaan energi secara *real-time*, adaptif, dan terintegrasi. Di Indonesia, meskipun potensi teknologi ini sangat besar, realisasinya masih menghadapi berbagai tantangan yang perlu mendapat perhatian serius dari pemangku kepentingan. Tantangan utama adalah tingginya konsumsi energi yang tidak efisien, terutama dari sistem HVAC dan pencahayaan yang tidak disesuaikan dengan kondisi aktual di dalam gedung. Ketidakefisienan operasional ini tidak hanya berdampak pada biaya, tetapi juga berkontribusi terhadap pemborosan energi dalam skala besar. Di sisi lain, masih banyak gedung yang bergantung pada sistem konvensional, sehingga integrasi dengan teknologi cerdas menjadi kompleks dan kurang optimal. Kurangnya interoperabilitas antar sistem menghambat transisi menuju pengelolaan gedung yang terotomatisasi secara menyeluruh.

Selain aspek teknis, tantangan lainnya meliputi keterbatasan sumber daya manusia dan tingginya biaya investasi awal. Adopsi teknologi cerdas memerlukan perangkat keras dan lunak yang mahal serta pelatihan khusus bagi operator gedung, yang belum merata di

seluruh wilayah, terutama di luar kota besar. Infrastruktur digital yang belum memadai juga menjadi kendala serius, ditambah dengan meningkatnya risiko keamanan data akibat konektivitas sistem yang luas. Hal ini menuntut penerapan sistem keamanan siber yang lebih kuat dan andal.

Penerapan konsep *smart building* di gedung perkantoran menjadi strategi penting dalam mewujudkan efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Teknologi cerdas (AI), (IoT), dan (BEMS) memungkinkan pemantauan dan pengelolaan energi secara real-time, adaptif, dan terintegrasi. Di Indonesia, meskipun potensi teknologi ini sangat besar, realisasinya masih menghadapi berbagai tantangan yang perlu mendapat perhatian serius dari pemangku kepentingan.

Di samping itu, perkembangan kebijakan dan regulasi terkait smart building di Indonesia masih belum sepenuhnya mendukung implementasi teknologi secara luas. Ketidadaan standar teknis yang baku serta regulasi energi berbasis teknologi cerdas menciptakan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Selain itu, ketergantungan pada jaringan listrik konvensional yang belum terintegrasi dengan energi terbarukan juga membatasi potensi efisiensi jangka panjang. Untuk itu, diperlukan pendekatan yang holistik dan kolaboratif, mencakup aspek teknologi, kebijakan, infrastruktur, dan penguatan kapasitas SDM, guna mendorong percepatan transformasi gedung perkantoran menuju sistem manajemen energi yang cerdas dan berkelanjutan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi cerdas dalam manajemen energi gedung perkantoran modern memberikan dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi energi dan keberlanjutan operasional. Integrasi sistem seperti sensor pintar, IoT, AI, dan (BEMS) memungkinkan pemantauan serta pengendalian konsumsi energi secara real-time, khususnya pada sistem HVAC dan pencahayaan. Teknologi ini tidak hanya menekan biaya operasional, tetapi juga memungkinkan pengelolaan energi yang adaptif, otomatis, dan berorientasi masa depan. Oleh karena itu, penerapan teknologi cerdas menjadi langkah strategis dalam mendukung

transformasi energi yang berkelanjutan di sektor bangunan komersial.

Untuk implementasi di masa mendatang, disarankan agar para pengelola gedung secara aktif mengadopsi dan mengadaptasi teknologi cerdas yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik bangunan. Selain itu, penelitian lanjutan dapat difokuskan pada evaluasi kinerja jangka panjang dari sistem cerdas ini, analisis biaya-manfaat, serta pengembangan model prediktif berbasis AI untuk optimalisasi konsumsi energi yang lebih akurat dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Prabowo, C., Astuti, F., Noorca Erlangga, Y., Tri Rahma Dewi Dita Erin Monika, R., Widiyanti, F., Herlina Pramesti, N., ... Riun Shaumiyah, I. (2022). Pemanfaatan Sampah Organik untuk Pembuatan Eco-enzyme di Desa Sumber dari Program Kegiatan Pengabdian Masyarakat Universitas Sebelas Maret. *Proceeding Biology Education Conference*, 19(2021), 169–173.
- Afzal, M., Li, R. Y. M., Shoaib, M., Ayyub, M. F., Tagliabue, L. C., Bilal, M., ... Manta, O. (2023). Delving into the Digital Twin Developments and Applications in the Construction Industry: A PRISMA Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 15(23), 1–37. <https://doi.org/10.3390/su152316436>
- Anarene, B. (2024). Revolutionizing Energy Efficiency in Commercial and Institutional Buildings: A Complete Analysis, 12(09), 7444–7468. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v12i09.em11>
- Apanavičienė, R., & Shahrabani, M. M. N. (2023). Key Factors Affecting Smart Building Integration into Smart City: Technological Aspects. *Smart Cities*, 6(4), 1832–1857. <https://doi.org/10.3390/smartcities6040085>
- Ashkan, S., Mohammadreza, D., & Amjad, A.-M. (2024). Energy Intelligence: A Systematic Review of Artificial Intelligence for Energy Management. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/app142311112>
- Auliasari, P. A., Jamilatun, S., Setyawan, M., & Wardhana, B. S. (2024). Review :

- Karakteristik Bahan Bakar Cair dari Ban Bekas melalui Proses Pirolisis dengan Penambahan Katalis, (November), 196–207.
- Bhimaraju, H., Nag, N., Pandey, V., & Jain, R. (2021). Understanding “Atmosome”, the Personal Atmospheric Exposome: Comprehensive Approach. *JMIR Biomedical Engineering*, 6(4), e28920. <https://doi.org/10.2196/28920>
- Cagno, E., Accordini, D., Thollander, P., Andrei, M., Hasan, A. S. M. M., Pessina, S., & Trianni, A. (2025). Energy management and industry 4.0: Analysis of the enabling effects of digitalization on the implementation of energy management practices. *Applied Energy*, 390(125877).
- Chaniago, M. D., & Taki, H. M. (2022). Geographic Information System (GIS) as an Information Media in the Field of Environmental Health: Literature Review. *Journal of Applied Geospatial Information*, 6(2), 641–646. <https://doi.org/10.30871/jagi.v6i2.4319>
- Chen, G., Lu, S., Zhou, S., Tian, Z., Kim, M. K., Liu, J., & Liu, X. (2025). A Systematic Review of Building Energy Consumption Prediction: From Perspectives of Load Classification, Data-Driven Frameworks, and Future Directions. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(6), 1–50. <https://doi.org/10.3390/app15063086>
- Elksasy, M. (2023). Understanding the Internet of Things (IoT) Concepts, Applications and Standards: An Overview. *Delta University Scientific Journal*, 6(1), 205–210. <https://doi.org/10.21608/dusj.2023.291047>
- Feng, Z., Ge, M., & Meng, Q. (2024). Enhancing Energy Efficiency in Green Buildings through Artificial Intelligence. *Frontiers in Science and Engineering*, 4(8), 21–30. <https://doi.org/10.54691/py2h2y60>
- H L, G., M, S., Ravi, V., J, S., & Roy, K. S. (2024). Challenges and Future Scope, 77–82. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63781-0_8
- Hakawati, B., Mousa, A., & Draidi, F. (2024). Smart energy management in residential buildings: the impact of knowledge and behavior. *Scientific Reports*, 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51638-y>
- Hanafi, A. M., Moawad, M., & Abdellatif, O. (2024). Advancing Sustainable Energy Management: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Techniques in Building. *Engineering Research Journal (Shoubra)*, 53(2), 26–46. <https://doi.org/10.21608/ERJSH.2023.226854.1196>
- Ibrahim, S. M., & Prasyas, A. (2025). Integrasi Teknologi AI dalam Perancangan Smart Building: Studi Implementasi dan Efisiensi Energi, 1(1), 61–72.
- Ifadhila, Arief Yanto Rukmana, Erwin Erwin, et al. (2024). *Pemasaran Digital Di Era Society 5.0*.
- Indra, L. (2021). Studi Mengenai Penghematan Energy Listrik di Area Umum Apartemen Eksekutif Menteng. *SADE: Jurnal Arsitektur, Planologi Dan Teknik Sipil*, 1(2), 69–80. <https://doi.org/10.29303/sade.v1i2.14>
- Januari, A. D. W. I., Rusdayanti, N., Kardian, S., & Shara, S. (2024). Urbanisasi Jakarta dan dampaknya terhadap sosial ekonomi dan lingkungan. *Sustainable Transportation and Urban Mobility*, 1(1), 21–37. Retrieved from <https://journal-iasssf.com/index.php/STUM/article/view/448/471>
- Kiswantono, A., & Saifullah, M. I. (2024). Kendali Beban Pintar: Mengoptimalkan Efisiensi Energi Dengan IoT. *Inter Tech*, 2(1), 10–17.
- Muhammad Syahputra Novelan. (2022). Penerapan GIS (Geographic Information System) Penunjuk Arah Lokasi Sekolah Terdekat Menggunakan Metode Haversine. *SATESI: Jurnal Sains Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.54259/satesi.v2i1.623>
- Nahway, V. F. (2024). Manajemen Perkantoran Modern Di Era Digitalisasi : Suatu Tinjauan Literatur. *Jurnal Administrasi Terapan*, 3(1), 303–315.
- Nehemia, J. P., & Hendrayana, M. R. (2024). Tantangan Dan Manfaat AI Dalam Perlindungan Data Kantor: Mengoptimalkan Keamanan Informasi. *Jurnal Transformasi Bisnis Digital (JUTRABIDI)*, 1(3), 13–27. Retrieved

- from
<https://doi.org/10.61132/jutrabidi.v1i2.108>
- Paone, A., & Bacher, J. P. (2018). The impact of building occupant behavior on energy efficiency and methods to influence it: A review of the state of the art. *Energies*, 11(4).
<https://doi.org/10.3390/en11040953>
- Poyyamozhi, M., Murugesan, B., Rajamanickam, N., Shorfuzzaman, M., & Aboelmagd, Y. (2024). IoT—A Promising Solution to Energy Management in Smart Buildings: A Systematic Review, Applications, Barriers, and Future Scope. *Buildings*, 14(11), 1–32.
<https://doi.org/10.3390/buildings14113446>
- Putri, I., Wardhani, K., Pertiwi, R. A., & Kusuma, D. A. (2025). Sistem Kendali Cerdas untuk Mengoptimalkan Energi pada Bangunan Ramah Lingkungan Berbasis IOT, (1), 50–55.
- Rachmad, Y. E., Indrayani, N., Harto, B., & at. all. (2024). *Digital Technology Management (Penggunaan Teknologi dalam Mengelola Manajemen yang Berdaya Saing)*.
- Retno mulyaningrum. (2023). Tinjauan Hukum Pembangunan Berkelanjutan Proyek IKN dalam Mempertahankan Keseimbangan Ekosistem Lingkungan. *Perspektif Hukum*, 82–105.
<https://doi.org/10.30649/ph.v23i1.201>
- Sari, D. P., & Frisca, H. (2024). Integrasi Teknologi Dengan Desain Bangunan Cerdas Untuk Peningkatan Efisiensi dan Kemandirian Energi, (10), 23–30.
- Setiawan, D., & Sihombing, R. P. (2024). Penerapan Prinsip Fleksibilitas dan Arsitektur Kontemporer Pada Perancangan Gedung Kesenian di Kota Baru Parahyangan, 4(2), 1–136.
- Shrivastava, A., Pandey, A., Singh, N., Srivastava, S., & Srivastava, M. (2024). Artificial Intelligence (AI): Evolution , Methodologies , and Applications, (April).
- Silma Setyowati, Sigit Normagiat, R. P. (2023). Pengaruh Aplikasi Abu Sekam Dan Kompos Limbah Baglog Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tomat Hibrida Servo F1 Pada Media Tanah Gambut. *Agroqua*, 21(1), 19–32.
- Suhail, A., & Saeed, S. (2024). Machine Learning in the Big Data Age: Advancements, Challenges, and Future Prospects, (January). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/377438052>
- Sukendro. (2024). SMART BUILDING PADA PEMBANGUNAN SARANA PRASARANA, 3(2), 51–57.
<https://doi.org/10.24167/joda.v3i2.11372>
- Suresh, S., Ramachandran, M., & Sivaji, C. (2022). Exploring the recent trends in Big Data Analysis. *Data Analytics and Artificial Intelligence*, 2(2), 89–96.
<https://doi.org/10.46632/daai/2/2/4>
- Ummah, M. S. (2019). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析 Title. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. Retrieved from http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTAR
- I Wags Numoipiri Digitemie, & Ifeanyi Onyedika Ekemezie. (2024). A comprehensive review of Building Energy Management Systems (BEMS) for Improved Efficiency. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(3), 829–841.
<https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.3.0746>