



Kajian Risiko dan Manfaat Implementasi Internet of Things (IoT) Pada Pengelolaan Energi Listrik Berbasis Smart Grid

Muhammad Saiful Arifin¹, Ilham²

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

Email: ¹saiful911arifin@gmail.com, ²ilham@uinsa.ac.id

(* : coressponding author: ilham@uinsa.ac.id)

Abstrak- Penerapan Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan listrik berbasis smart grid menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi operasional, keandalan sistem, dan kelestarian lingkungan. Teknologi IoT memungkinkan perangkat dan sensor terhubung dan berkomunikasi secara real-time. Hal ini menciptakan jaringan listrik cerdas yang dapat mengumpulkan data akurat, menganalisis pola konsumsi energi, dan mendukung pengelolaan sumber daya yang optimal. Hal ini mengurangi pemborosan energi, mengintegrasikan energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin, serta berkontribusi terhadap pengurangan emisi CO₂ secara signifikan. Selain itu, IoT memberi konsumen kendali lebih besar dalam memantau dan mengelola konsumsi energi mereka melalui teknologi seperti smart meter dan sistem manajemen energi berbasis cloud. Namun penerapan teknologi ini juga menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait ancaman keamanan siber, investasi awal yang tinggi, dan kebutuhan infrastruktur yang tepat. Penelitian ini menggunakan teknik tinjauan literatur untuk menyelidiki manfaat dan risiko penerapan IoT dalam sistem jaringan pintar. Penelitian menunjukkan bahwa ancaman keamanan siber seperti serangan data dan pencurian energi merupakan salah satu hambatan utama yang perlu diatasi melalui teknologi keamanan seperti enkripsi data, deteksi intrusi, dan pengembangan protokol keamanan berbasis blockchain. Selain itu, tingginya biaya pengadaan perangkat keras dan perangkat lunak IoT memerlukan dukungan kebijakan pemerintah dan investasi bersama sektor publik-swasta. Studi ini menyimpulkan bahwa dengan pendekatan yang tepat, penerapan IoT pada smart grid dapat menjadi solusi strategis untuk membangun sistem energi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Rekomendasi yang diberikan antara lain memperkuat regulasi, meningkatkan kesadaran masyarakat, dan mengembangkan teknologi keamanan untuk meminimalkan risiko yang ada. Oleh karena itu, IoT dapat menjadi katalis utama untuk mengubah sektor energi menuju masa depan yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Kata Kunci: Internet of Things¹; Smart Grid²; Efisiensi Energi³; Pengelolaan Energi Listrik⁴; Keamanan Siber⁵

Abstract- The application of the Internet of Things (IoT) in smart grid-based electricity management offers great potential to enhance operational efficiency, system reliability, and environmental sustainability. IoT technology enables devices and sensors to connect and communicate in real-time. This creates a smart electricity grid that can collect accurate data, analyze energy consumption patterns, and support optimal resource management. This reduces energy waste, integrates renewable energy sources such as solar and wind power, and significantly contributes to the reduction of CO₂ emissions. Additionally, IoT gives consumers greater control in monitoring and managing their energy consumption through technologies such as smart meters and cloud-based energy management systems. However, the implementation of this technology also faces various challenges, particularly related to cybersecurity threats, high initial investments, and the need for appropriate infrastructure. This research uses literature review techniques to investigate the benefits and risks of IoT implementation in smart grid systems. The research shows that cybersecurity threats such as data breaches and energy theft are one of the main obstacles that need to be addressed through security technologies such as data encryption, intrusion detection, and the development of blockchain-based security protocols. In addition, the high costs of procuring IoT hardware and software require government policy support and joint public-private sector investment. This study concludes that with the right approach, the implementation of IoT on smart grids can become a strategic solution for building a more efficient, environmentally friendly, and sustainable energy system. The recommendations provided include strengthening regulations, raising public awareness, and developing security technologies to minimize existing risks. Therefore, IoT can be the main catalyst for transforming the energy sector towards a more environmentally friendly and efficient future.

Keywords: Internet of Things¹; Smart Grid²; Energy Efficiency³; Electric Energy Management⁴; Cybersecurity⁵

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi saat ini merupakan salah satu hal yang tidak dapat dihindari, yang menjadikannya salah satu alasan manusia pada era ini menggunakan banyak sekali teknologi elektronik yang berenergi utama listrik, Listrik dipercaya menjadi jantung menurut pembangunan sosial & ekonomi modern. Kemajuan teknologi menarik hati kita buat memakai elemen yg digerakkan sang listrik pada setiap aspek kehidupan kita mulai menurut sektor komersial sampai domestik buat membangun hayati kita sebagai lebih nyaman [1]. Biasanya, konsumsi listrik sebuah rumah adalah , dengan setiap perangkat terhubung langsung ke kWh meter. Oleh karena itu, ketika konsumsi daya di rumah melebihi kapasitas penggunaan, terjadi kelebihan konsumsi daya, dan listrik di rumah terputus [2].

Internet of Things memainkan peran strategis dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasional melalui manajemen energi berbasis Smart Grid. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data real-time yang efisien dan aman, analisis pola konsumsi, dan pengendalian sumber daya energi. Smart Grid memungkinkan integrasi berbagai sumber energi, termasuk energi terbarukan, dan memberikan informasi real-time kepada pengguna tentang konsumsi energi mereka. Dengan cara ini, jaringan pintar membantu pengguna mengoptimalkan konsumsi energi dan mengurangi biaya. Selain itu, pengembangan smart grid juga berkontribusi dalam mengurangi emisi karbon dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi tak terbarukan [3].

Namun, penerapan IoT dalam smart grid tidak terlepas dari tantangan, terutama terkait risiko keamanan siber, keandalan perangkat, dan konsumsi tenaga yg meningkat. Selain itu, infrastruktur yg mendukung teknologi ini membutuhkan

investasi yg signifikan dan penerapan kebijakan yg sempurna buat memastikan keberlanjutan dan efektivitasnya. Studi terkini menerangkan bahwa meskipun IoT menaruh manfaat besar, misalnya integrasi tenaga terbarukan dan pengurangan emisi karbon, risiko terkait keamanan data dan privasi permanen sebagai perhatian utama [4].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode studi literatur yang mencakup pengumpulan dan analisis informasi dari berbagai sumber, termasuk jurnal akademis, laporan industri, dan publikasi resmi terkait pengembangan Internet of Things (IoT) dan smart grid [3]. Hal ini digunakan untuk menyajikan penjelasan dan gambaran yang lebih mendalam, dalam mengkaji risiko serta manfaat dari penerapan Internet of Things (IoT) terhadap energi listrik yang menerapkan smart grid, tanpa melakukan eksperimen atau survei secara langsung.

Pemilihan pendekatan metode studi literatur dikarenakan banyak data sekunder dari jurnal maupun studi kasus yang membahas topik Internet of Things (IoT) dan pengelolaan energi listrik berbasis smart grid, sehingga data yang diperlukan mencukupi kebutuhan analisis. Dalam mengkaji risiko dan manfaat dari penerapan IoT terhadap smart grid memerlukan analisis konseptual yang mendalam selain dari hasil survei dan eksperimen.

2.2 Analisis Data

Dalam mengahsis data-data yang didapat kan di perlukan pengelompokkan yang sesuai dengan tujuan analisa agar dapat dengan mudah menemukan point-point yang sesuai. Dari banyaknya kajian literatur yang di dapatkan perlu di kelompokkan berdasar beberapa pembahasan, seperti risiko dan manfaat dari penerapan IoT pada smart grid dan dalam mengidentifikasi pola, perbedaan, serta persamaan dari sumber yang di dapat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

IoT memungkinkan perangkat dan sensor yang terhubung untuk saling berkomunikasi dan bertukar data [5]. IoT adalah sebagai seperangkat teknologi yg memberdayakan sistem jaringan smart grid menggunakan perspektif substansial dikarenakan keunggulan multi-dimensinya pada banyak sekali sektor [6]. Integrasi IoT memperkenalkan presisi dan kompetensi ekstra melalui fitur cerdas dan proaktif serta mengubah jaringan listrik warisan tradisional menjadi jaringan energi pintar yang efisien [7] [8].

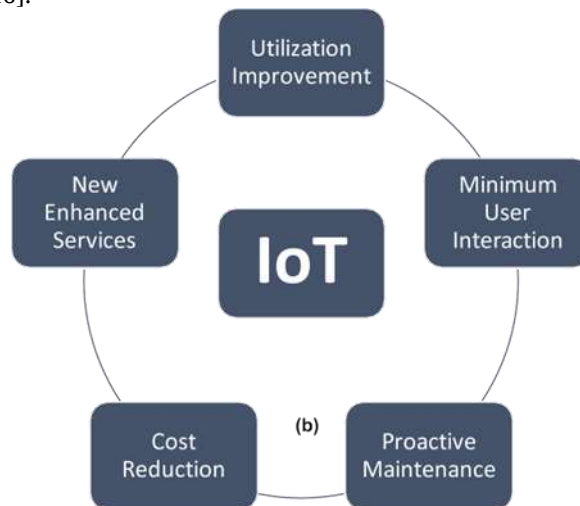


Gambar 1 Smart Application based Internet of things [4]

Tantangan utama sistem jaringan listrik tradisional berkaitan dengan kualitas dan keandalan listrik, dan Internet of Things (IoT) dapat mengatasi tantangan ini dengan mengelolanya dengan lebih baik [9][10]. Infrastruktur pengukuran tingkat lanjut (AMI), yang didukung oleh teknologi pengukuran cerdas (SM), merupakan peningkatan cerdas sistem jaringan listrik tradisional dengan memperkenalkan kemampuan pemrosesan informasi cerdas selama aliran listrik antara penyedia layanan dan konsumen [11][12][13]. IoT memberikan prospek yang bagus untuk meningkatkan dan mengatur konsumsi energi melalui penggabungan sistem penginderaan dan aktuasi di AMI [14]. Sistem terintegrasi ini mengumpulkan sejumlah besar data dan informasi tentang berbagai aspek sistem jaringan, termasuk konsumsi energi, pengukuran tegangan, pengukuran arus, dan pengukuran fasa. Teknologi IoT mutakhir dapat menganalisis, mengirimkan, dan secara cerdas memproses data dalam jumlah besar ini. Pengumpulan data untuk pengelolaan sistem jaringan tenaga listrik yang efektif [1].

3.1 Manfaat Penerapan IoT pada Smart Grid

Teknologi IoT dapat digunakan untuk memberi daya pada berbagai sistem jaringan energi cerdas, termasuk manajemen infrastruktur pembangkit listrik, sistem konektivitas SCADA untuk mengelola operasi transmisi dan distribusi, infrastruktur pengukuran canggih, jejak karbon dan pemantauan lingkungan, serta sistem rumah dan bangunan pintar mempunyai dampak yang besar di lapangan. Segera. Teknologi komputasi tepi canggih berdasarkan komputasi kabut memastikan pemantauan lokal dan pengendalian sumber daya energi yang didistribusikan dan memberikan solusi terhadap kerentanan dunia maya pada sistem SCADA terpusat tradisional [15]. Rumah pintar dan bangunan pintar mengintegrasikan penginderaan, penyimpanan data, kemampuan beradaptasi jaringan, dan kemampuan komputasi ke dalam elemen rumah tangga atau bangunan seperti bohlam, stopkontak, AC, pintu, jendela, detektor gas & asap, dll. Akibatnya, elemen-elemen ini dapat dihubungkan dalam jaringan yang melaluinya dapat diakses dan dikendalikan dari lokasi terpencil melalui internet [16].



Gambar 2 Manfaat teknologi IoT [4]

Table 1 Manfaat jaringan energi pintar dibandingkan jaringan energi tradisional [17]

Features	Traditional power grid	Smart grid
Communication	One-way and local two way communication	Fully two-way communication with interaction
Power generation	Centralized	Distributed generation, provide support during peak hours when load increases
Topology	Radial	Network
Operation & Maintenance	Manual monitoring, Periodic equipment maintenance	Remote real-time monitoring, prognostic and event-driven maintenance
Power restoration	Manual equipment check, time based maintenance	Self-healing, smart grid can anticipate, identify and respond to faults or outage
Reliability	Prone to failure and cascading outages	Pro-active, real-time protection and islanding
Metering	Electro-mechanical	Advanced metering arrangement that delivers the facility to track and regulate energy consumption
Customer participation	None or limited interaction	Extensive interaction
Power quality control	Less use of sensors, less power quality control	Contains numerous modules for example, sensors, smart meters and technology on the distribution grid that aids managing the parameters such as voltage a power factor to improve the power quality.
Renewable power source integration	Optimized for non-renewable resources	Offer essential insights and enable automation for renewable power source supply electricity onto the grids and optimize their use
Operational cost & wastage at peak hour	High at peak hour	Low at peak hour due to distributed generation and control over the power consumption

Smart Grid. Tabel 1 menunjukkan beberapa manfaat utama smart grid dibandingkan dengan jaringan energi tradisional [17], Beberapa fungsi utama smart grid adalah sebagai berikut [18] :

- Fungsi memperbaiki diri yang memungkinkan smart grid untuk menganalisis dan mengidentifikasi kesalahan utama dengan cara yang cerdas dan bereaksi dengan cepat.
- Ini menyediakan platform interaktif untuk mentransfer informasi antara utilitas dan konsumen. Konsumen memiliki kendali atas penggunaan energi dan pemilihan tarif mereka.
- Masalah utama seperti serangan siber dan serangan fisik dapat dengan mudah dilawan dalam sistem jaringan listrik pintar.
- Smart power grid memiliki prospek untuk meningkatkan kualitas daya dengan menjaga tegangan konstan dengan koordinasi pemantauan dan kontrol yang lebih baik.
- Integrasi sumber daya energi terbarukan non-konvensional seperti matahari, angin, dll.

IoT dapat memberikan solusi terbaik terhadap tantangan terkini dalam mengubah jaringan listrik tradisional menjadi jaringan pintar modern [11].

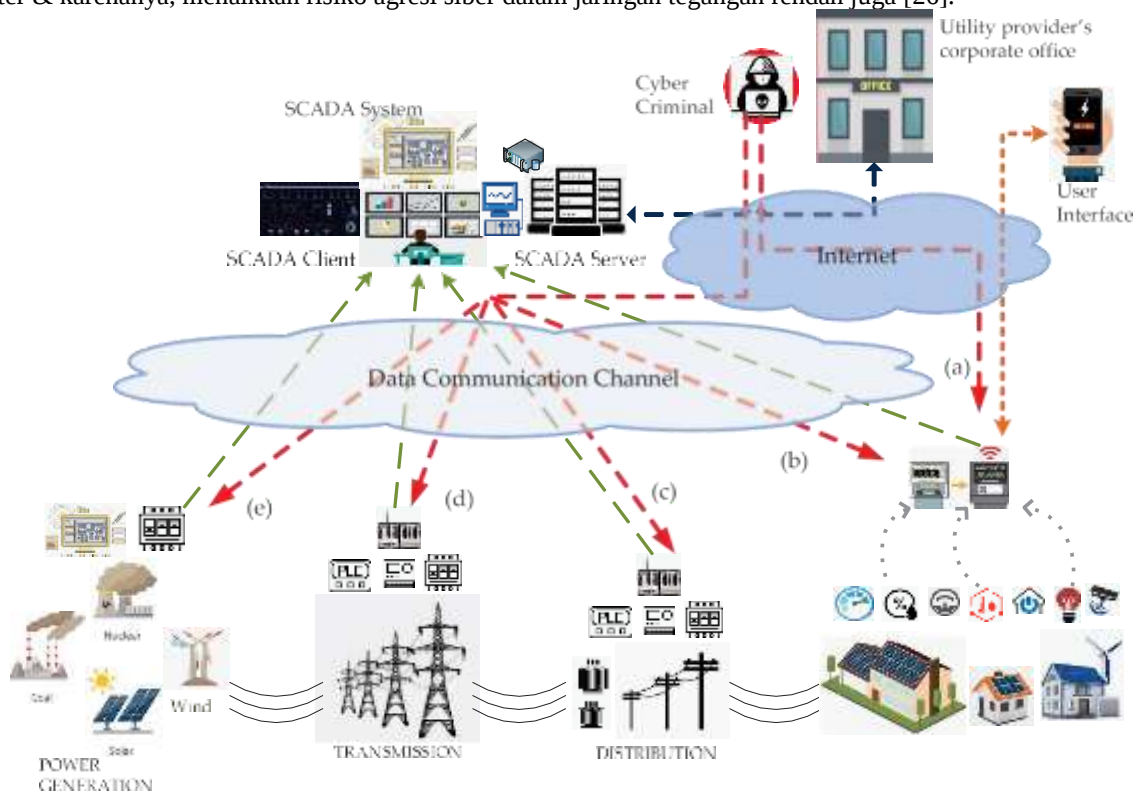
Penggunaan teknologi IoT menjadi semakin umum dalam aplikasi smart grid modern di bangunan perumahan dan komersial. Penggunaan sensor dan pengukuran cerdas dalam jaringan pintar memungkinkan pengoperasian yang efisien di berbagai tahap pembangkitan listrik, transmisi, dan distribusi, yang pada akhirnya memecahkan sebagian besar tantangan industri energi [1].

3.1.1 Risiko Penerapan IoT pada Smart Grid

Meskipun IoT telah memungkinkan sistem energi yang jauh lebih baik dan efisien, penerapan teknologi IoT juga menimbulkan beberapa tantangan. Misalnya, dalam kerangka kerja IoT, musuh dunia maya dapat memulai serangan siber yang dapat membawa kerusakan parah seperti pemadaman listrik yang signifikan, ancaman keamanan sosial, dan kerugian bisnis besar-besaran bagi penyedia utilitas dan kerusakan yang tidak terlalu parah seperti pemadaman lokal atau kerusakan fisik pada perangkat akhir konsumen [19]. Kerentanan keamanan berbasis IoT termasuk memanipulasi analisis data energi [20], pencurian energi [21], mengganggu proses sistem energi transaktif [22], dan pasar energi [23]. Teknologi potensial seperti mekanisme blockchain, pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan, dapat digunakan untuk menghadapi tantangan tersebut serta mengoperasikan sistem Smart Energy Grid dengan lebih efisien [1].

Keamanan siber telah menjadi elemen penting bagi sistem yang terhubung ke internet saat ini seiring dengan bermunculannya ancaman-ancaman baru yang sulit untuk dilindungi [24]. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan rencana mitigasi terhadap serangan siber tersebut. Rencana mitigasi ini mencakup metode pencegahan dan deteksi seperti kontrol akses, enkripsi komunikasi, proses otentikasi, dan sistem deteksi intrusi, serta analisis dan pemrosesan data dalam jumlah yang sangat besar. Serangan fisik juga dapat dideteksi menggunakan teknologi sensor canggih dan analisis data [1].

Serangan siber yang efektif dapat membawa kerusakan parah seperti kegagalan listrik yang signifikan, ancaman jaminan sosial, dan kerugian finansial bagi penyedia layanan [19]. Sebagian besar kerentanan keamanan Sistem Energi Cerdas terkait dengan sistem komunikasi dan jaringan. Karena meningkatnya jumlah berbagai jenis perangkat, peralatan, dan teknologi yang terintegrasi ke dalam sistem jaringan, masalah keamanan dan privasi baru dan unik terjadi. Dikarenakan sistem smart grid sebagian besar diatur oleh sistem SCADA, mereka lebih rentan terhadap ancaman keamanan [25]. Selain itu, jaringan internal sistem SCADA, jalur konektivitas yg terdapat antara sistem jaringan tenaga & jaringan TI penyedia utilitas membuka peluang bagi penjahat global maya buat menyerang sistem SCADA ini. Jumlah alat-alat & perangkat smart home bertambah menurut hari ke hari, yg secara eksklusif berkomunikasi menggunakan Smart Meter & karenanya, menaikkan risiko agresi siber dalam jaringan tegangan rendah juga [26].



Gambar 2 Pendekatan Serangan siber [1] di adaptasi dari [17].



3.2 Pembahasan

Tabel 2 membandingkan ulasan dan studi yang ada mengenai teknologi dan aplikasi IoT. Tabel ini menyoroti dan membandingkan teknologi dan fitur utama sistem energi pintar berdasarkan kemampuan IoT berdasarkan penelitian dan literatur yang ada. Bandingkan pendekatan penelitian yang berbeda terhadap teknologi komunikasi, pendapatan, dan penginderaan. Kami juga mengklasifikasikan makalah penelitian menurut penerapannya pada sistem energi fisik. Misalnya, apakah penulis mempertimbangkan sistem SCADA, infrastruktur instrumentasi canggih, atau rumah pintar [1].

Tabel 2 Perbandingan antara literatur yang ada [1]

Articles	Type	Sensor technologies	Communication technologies	Computing technologies	Smart Meter/AMI	SCADA system	Cyber Attack	Privacy preservation	Machine Learning	Blockchain	Contribution
[11]	Survey	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	No	This paper studying the effectiveness of using Smart meter technologies in smart-grids with emphasis on power quality and dependability concerns.
[27]	Survey	No	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	No	This article presents a review of major technologies of IoT-based smart homes including computing technologies and software parameters.
[28]	Survey	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	Yes	This paper reviews existing smart home IoT automation architectures, and evaluates the applicability of blockchain mechanisms.
[14]	Survey	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	This paper reviews the sensor-based big data applications enabled by the IoT for environmental sustainability and related data processing platforms and computing.
[29]	Survey	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	This paper reviewed fog based computing system for smart homes.
[15]	Survey	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	This paper presents a comprehensive survey of existing cybersecurity solutions for fog-based smart grid SCADA systems.
[16]	Survey	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	This paper investigates the adoption of IoT for the development of smart buildings.
[30]	Survey	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	This paper reviewed and explored the major challenges and security issues that hinder the growth of IoT-based smart grid networks.
[18]	Survey	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	No	No	This paper highlights the most significant research works that focus on applying IoT to smart grids.
[31]	Survey	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	This paper survey IoT-enabled cyber-attacks found in different application domains.

4. KESIMPULAN

Penerapan Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan energi listrik berbasis smart grid menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keberlanjutan sistem energi. Teknologi IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time melalui perangkat pintar seperti smart meter dan sensor jaringan, sehingga secara signifikan meningkatkan manajemen energi dengan mengurangi limbah, meningkatkan fleksibilitas operasional, dan menyederhanakan integrasi energi terbarukan. Jaringan pintar berbasis IoT juga memberikan kemampuan untuk memantau konsumsi energi secara akurat, memberi konsumen kontrol lebih besar atas konsumsi energi mereka, dan mendukung pengurangan emisi karbon melalui pengelolaan sumber daya energi yang lebih efisien.

Namun, tantangan penerapan IoT pada jaringan pintar tidak dapat diabaikan. Salah satu risiko utamanya adalah ancaman keamanan siber, dimana serangan dapat menyebabkan gangguan signifikan terhadap sistem energi. Selain itu, tingginya biaya investasi awal infrastruktur IoT dan kebutuhan akan standarisasi teknologi merupakan hambatan dalam implementasi skala besar. Oleh karena itu, langkah-langkah mitigasi risiko seperti enkripsi data, penerapan sistem deteksi intrusi, dan pengembangan protokol keamanan yang lebih baik diperlukan. Secara keseluruhan, terlepas dari risikonya, manfaat penerapan IoT pada jaringan pintar jauh lebih besar dalam menciptakan sistem energi yang efisien, aman, dan berkelanjutan. Studi ini merekomendasikan peraturan pemerintah yang lebih kuat, peningkatan kesadaran masyarakat, dan kolaborasi lintas sektor untuk memaksimalkan manfaat teknologi IoT sekaligus meminimalkan risiko baru.

REFERENCES

- [1] S. M. A. A. Abir, A. Anwar, J. Choi, and A. S. M. Kayes, "Iot-enabled smart energy grid: Applications and challenges," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 50961–50981, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3067331.



- [2] M. F. Pela and R. Pramudita, "Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things Pada Rumah Dengan Menggunakan Aplikasi Blynk," *Infotech J. Technol. Inf.*, vol. 7, no. 1, pp. 47–54, 2021, doi: 10.37365/jti.v7i1.106.
- [3] A. M. Siregar and T. Elektro, "Pengaruh Pengembangan Smart Grid terhadap Pengelolaan Energi Listrik," pp. 1–6.
- [4] K. Shafique, B. A. Khawaja, F. Sabir, S. Qazi, and M. Mustaqim, "Internet of things (IoT) for next-generation smart systems: A review of current challenges, future trends and prospects for emerging 5G-IoT Scenarios," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 23022–23040, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970118.
- [5] H. Pratama, "Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Smart City : Konsep dan Implementasi," pp. 1–6.
- [6] E. Adi, A. Anwar, Z. Baig, and S. Zeadally, "Machine learning and data analytics for the IoT," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 20, pp. 16205–16233, 2020, doi: 10.1007/s00521-020-04874-y.
- [7] Q. T. Doan, A. S. M. Kayes, W. Rahayu, and K. Nguyen, "Integration of IoT Streaming Data with Efficient Indexing and Storage Optimization," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 47456–47467, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2980006.
- [8] M. Pau et al., "A cloud-based smart metering infrastructure for distribution grid services and automation," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 15, no. 2018, pp. 14–25, 2018, doi: 10.1016/j.segan.2017.08.001.
- [9] E. Bejoy, S. N. Islam, and A. M. T. Oo, "Optimal scheduling of appliances through residential energy management," *2017 Australas. Univ. Power Eng. Conf. AUPEC 2017*, vol. 2017-Novem, no. November 2017, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/AUPEC.2017.8282505.
- [10] A. S. M. Kayes, W. Rahayu, and T. Dillon, "Critical situation management utilizing IoT-based data resources through dynamic contextual role modeling and activation," *Computing*, vol. 101, no. 7, pp. 743–772, 2019, doi: 10.1007/s00607-018-0654-1.
- [11] F. Al-Turjman and M. Abujubbeh, "IoT-enabled smart grid via SM: An overview," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 96, pp. 579–590, 2019, doi: 10.1016/j.future.2019.02.012.
- [12] D. B. Avancini, J. J. P. C. Rodrigues, S. G. B. Martins, R. A. L. Rabêlo, J. Al-Muhtadi, and P. Solic, "Energy meters evolution in smart grids: A review," *J. Clean. Prod.*, vol. 217, pp. 702–715, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.229.
- [13] R. Rashed Mohassel, A. Fung, F. Mohammadi, and K. Raahemifar, "A survey on Advanced Metering Infrastructure," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 63, pp. 473–484, 2014, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.06.025.
- [14] S. E. Bibri, "The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 38, pp. 230–253, 2018, doi: 10.1016/j.scs.2017.12.034.
- [15] M. A. Ferrag, M. Babaghayou, and M. A. Yazici, "Cyber security for fog-based smart grid SCADA systems: Solutions and challenges," *J. Inf. Secur. Appl.*, vol. 52, no. June, 2020, doi: 10.1016/j.jisa.2020.102500.
- [16] M. Jia, A. Komeily, Y. Wang, and R. S. Srinivasan, "Adopting Internet of Things for the development of smart buildings: A review of enabling technologies and applications," *Autom. Constr.*, vol. 101, no. July 2018, pp. 111–126, 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2019.01.023.
- [17] G. Rahman, M. F. Bin, R. Chowdhury, A. Al Mamun, R. Hasan, and S. Mahfuz, "Summary of Smart Grid : Benefits and Issues," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 1–7, 2013, [Online]. Available: <http://www.ijser.org>
- [18] S. S. Reka and T. Dragicevic, "Future effectual role of energy delivery: A comprehensive review of Internet of Things and smart grid," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 91, no. June 2017, pp. 90–108, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.03.089.
- [19] I. Stelios, P. Kotzanikolaou, M. Psarakis, C. Alcaraz, and J. Lopez, "A survey of iot-enabled cyberattacks: Assessing attack paths to critical infrastructures and services," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 20, no. 4, pp. 3453–3495, 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2855563.
- [20] W. Chin, W. Li, and H. Chen, "08067688," no. October, pp. 70–75, 2017.
- [21] W. Li, T. Logenthiran, V. T. Phan, and W. L. Woo, "A novel smart energy theft system (SETS) for IoT-based smart home," *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 3, pp. 5531–5539, 2019, doi: 10.1109/JIOT.2019.2903281.
- [22] Y. Zhang et al., "Cyber Physical Security Analytics for Transactive Energy Systems," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 11, no. 2, pp. 931–941, 2020, doi: 10.1109/TSG.2019.2928168.
- [23] C. Barreto, H. Neema, and X. Koutsoukos, "Attacking Electricity Markets through IoT Devices," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 53, no. 5, pp. 55–62, 2020, doi: 10.1109/MC.2020.2973951.
- [24] A. Anwar and A. N. Mahmood, "Stealthy and blind false injection attacks on SCADA EMS in the presence of gross errors," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 2016-November, no. June, 2016, doi: 10.1109/PESGM.2016.7741557.
- [25] A. Anwar, A. N. Mahmood, and M. Pickering, "Data-driven stealthy injection attacks on smart grid with incomplete measurements," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9650, no. June 2019, pp. 180–192, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-31863-9_13.
- [26] A. Anwar, A. N. Mahmood, and Z. Tari, "Identification of vulnerable node clusters against false data injection attack in an AMI based Smart Grid," *Inf. Syst.*, vol. 53, pp. 201–212, 2015, doi: 10.1016/j.is.2014.12.001.
- [27] D. Mocrii, Y. Chen, and P. Musilek, "IoT-based smart homes: A review of system architecture, software, communications, privacy and security," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 1–2, pp. 81–98, 2018, doi: 10.1016/j.iot.2018.08.009.
- [28] D. Minoli, "Positioning of blockchain mechanisms in IOT-powered smart home systems: A gateway-based approach," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 10, p. 100147, 2020, doi: 10.1016/j.iot.2019.100147.
- [29] M. Rahimi, M. Songhorabadi, and M. H. Kashani, "Fog-based smart homes: A systematic review," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 153, no. June 2022, 2020, doi: 10.1016/j.jnca.2020.102531.
- [30] S. Luo and J. B. Plescia, "Pt Cr Pt Cr," *Adv. Drug Deliv. Rev.*, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2019.08.007>
- [31] A. P. Plageras, K. E. Psannis, C. Stergiou, H. Wang, and B. B. Gupta, "Efficient IoT-based sensor BIG Data collection–processing and analysis in smart buildings," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 82, pp. 349–357, 2018, doi: 10.1016/j.future.2017.09.082.