

Ontologi, Aksiologi, dan Epistemologi Energi Baru Terbarukan terhadap Smart City: Tinjauan Literatur Sistematis

Alfarid Hendro Yuwono^{1*}, Syaad Patmanthara², Aripriharta³, Triyanna Widiyaningtyas⁴, Nafi Isbadrianingtyas⁵, M Ibrahim Ashari⁶, Ni Putu Agustini⁷

^{1,5}Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

^{2,3,4}Universitas Negeri Malang, Indonesia

^{6,7}Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

*Penulis Korespondensi : alfaridyuwono@unesa.ac.id

Abstract. *The development of digital technology and the Internet of Things (IoT) has transformed the paradigm of urban development towards the concept of a smart city based on data and connectivity. This study analyzes the nature of smart cities through three dimensions of the philosophy of science: ontology, epistemology, and axiology. From an ontological perspective, a smart city is understood as a complex entity consisting of physical, digital, social, and ecological systems that interact with each other to create efficient and adaptive urban governance. Epistemologically, knowledge in a smart city is obtained through the process of collecting, processing, and analyzing data from various IoT devices, sensors, and citizen participation, thereby producing new insights that support evidence-based decision-making (data-driven governance). From an axiological perspective, a smart city has ethical values and goals to improve the quality of life of its citizens, strengthen government transparency, maintain environmental sustainability, and promote inclusive social participation. Thus, this study asserts that the development of a smart city is not only technological but also has a philosophical foundation oriented towards a balance between efficiency, humanity, and sustainability.*

Keywords: *Ontology, Axiology, Epistemology, Smart City, Philosophy of Science*

Abstrak. Perkembangan teknologi digital dan Internet of Things (IoT) telah mengubah paradigma pembangunan kota menuju konsep kota pintar (smart city) yang berbasis data dan konektivitas. Kajian ini menganalisis hakikat kota pintar melalui tiga dimensi filsafat ilmu, yaitu ontologi, epistemologi, dan aksiologi. Dari sisi ontologi, kota pintar dipahami sebagai entitas kompleks yang terdiri atas sistem fisik, digital, sosial, dan ekologis yang saling berinteraksi untuk menciptakan tata kelola kota yang efisien dan adaptif. Secara epistemologis, pengetahuan dalam kota pintar diperoleh melalui proses pengumpulan, pengolahan, dan analisis data dari berbagai perangkat IoT, sensor, dan partisipasi warga, sehingga menghasilkan pemahaman baru yang mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (data-driven governance). Sedangkan secara aksiologis, kota pintar memiliki nilai dan tujuan etis untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, memperkuat transparansi pemerintahan, menjaga keberlanjutan lingkungan, serta mendorong partisipasi sosial yang inklusif. Dengan demikian, studi ini menegaskan bahwa pengembangan kota pintar tidak hanya bersifat teknologis, tetapi juga memiliki landasan filosofis yang berorientasi pada keseimbangan antara efisiensi, kemanusiaan, dan keberlanjutan.

Kata kunci: Ontologi, Aksiologi, Epistemologi, Kota Pintar, Filsafat Ilmu

1. LATAR BELAKANG

Energi terbarukan dan Internet of Things (IoT) merupakan dua bidang yang saling memperkuat dalam upaya transformasi sistem energi menuju keberlanjutan. Ontologi membahas struktur dan hakikat entitas serta hubungan dalam ekosistem IoT-energi, seperti bagaimana perangkat, data, dan proses saling terhubung untuk mengelola energi secara cerdas. Epistemologi menyoroti bagaimana pengetahuan tentang integrasi IoT dan energi terbarukan diperoleh, divalidasi, dan digunakan, misalnya melalui pemantauan data real-time, analitik big data, dan smart city. Sementara itu, aksiologi menyoroti nilai, manfaat, serta tantangan etis dan sosial dari penerapan IoT dalam energi terbarukan, seperti efisiensi, keberlanjutan, privasi, dan kepercayaan publik. Integrasi ketiga perspektif ini sangat penting untuk memahami,

mengembangkan, dan mengimplementasikan solusi energi cerdas yang berkelanjutan dan bertanggung jawab untuk menghasilkan kota pintar yang terintegrasi.

Fokus penelitian ini adalah pada pengembangan dan penggunaan ontologi untuk membangun kesadaran bersama tentang berbagai aspek tentang energi baru terbarukan yang berkelanjutan dan menciptakan dasar bagi pengembangan smart grid dan IoT seperti teknologi untuk Smart City. Untuk tujuan ini, kami mengadopsi pendekatan bottom-up untuk mengambil karya tentang ontologi dan sektor Energi terbarukan. Ontologi adalah spesifikasi eksplisit formal dari konseptualisasi bersama. Ini adalah model konseptual dari bagian dari realitas, yang mencakup konsep yang saling terkait mengenai domain aplikasi tertentu. Ini adalah fasilitas yang berharga untuk mengatasi kebutuhan energi dan kebutuhan terkait akan pengembangan smart grid.

2. KAJIAN TEORITIS

Ontologi: Smart City (Kota Pintar)

Secara ontologis, kota pintar (smart city) dapat dipahami sebagai suatu entitas kompleks yang terdiri atas berbagai subsistem fisik, sosial, digital, dan ekologis yang saling berinteraksi untuk mewujudkan kehidupan perkotaan yang efisien, berkelanjutan, dan berorientasi pada kesejahteraan warganya.

Epistemologi: Smart City (Kota Pintar)

Epistemologi adalah cabang filsafat yang membahas tentang cara memperoleh pengetahuan, sumber kebenaran, dan proses validasi informasi. Dalam konteks kota pintar, epistemologi menjelaskan bagaimana pengetahuan tentang kota dihasilkan, dikelola, dan digunakan melalui teknologi digital dan interaksi manusia.

Aksiologi: Nilai, Manfaat, dan Implikasi Sosial dari Smart City

Aksiologi adalah cabang filsafat yang membahas tentang nilai (values), manfaat (utility), dan tujuan etis (ethics) dari suatu pengetahuan atau teknologi. Dalam konteks kota pintar, aksiologi menelaah untuk apa teknologi itu digunakan, nilai apa yang terkandung di dalamnya, dan bagaimana dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan.

Integrasi dan Implementasi Praktis

Implementasi Smart City mencakup smart grid, manajemen energi bangunan, microgrid, dan IoT. Studi ini juga menyoroti pentingnya standar, interoperabilitas, dan kerangka kerja ontologi untuk mendukung integrasi lintas domain atau multidisiplin ilmu.

Proses Tinjauan Literatur Sistematis

Tujuan keseluruhan dari tinjauan literatur sistematis adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis makalah paling relevan yang terkait dengan aplikasi ontologi untuk Smart City dengan tujuan menjawab beberapa pertanyaan penelitian yang terkait dengan penggunaan teknologi saat ini untuk layanan Smart City dan tantangan yang harus ditangani. Untuk mendapatkan tujuan tersebut, kami mendefinisikan proses yang dimulai dari metodologi sistematis yang diikuti oleh penulis tinjauan dan survei yang ada yang membahas Smart City. Proses yang kami tentukan terdiri dari tiga fase berikut:

- a. Perencanaan dan Desain
- b. Pengumpulan makalah dan Analisis Semantik
- c. Kesimpulan

Menentukan Pertanyaan Penelitian (Research Question)

Langkah ini bertujuan untuk mendefinisikan pertanyaan penelitian (RQ) untuk tinjauan literatur ini. Untuk tujuan ini, pertanyaan penelitian yang didefinisikan memiliki dua tujuan tingkat tinggi: menganalisis dan mengklasifikasikan penelitian sebelumnya tentang aplikasi ontologi untuk kota pintar dan mengidentifikasi topik yang relevan untuk ditangani oleh teknologi semantik di masa mendatang. Keempat pertanyaan penelitian disajikan dalam Pendahuluan dan dalam kotak teks berikut :

- a. RQ 1. Ontologi sektor kota pintar, metode semantik, dan teknologi semantik mana yang telah diterapkan hingga saat ini?
- b. RQ 2. Untuk bidang teknologi mana ontologi, metode semantik, dan teknologi semantik memberikan nilai tambah?
- c. RQ 3. Untuk masing-masing sektor yang disebutkan di atas, masalah mana yang dihadapi, dan ontologi, metode semantik, dan teknologi semantik yang paling relevan yang digunakan?
- d. RQ 4. Teknologi semantik sektor kota pintar mana yang paling banyak diterapkan?

3. METODE PENELITIAN

Temuan analisis literatur untuk kota pintar dirangkum dalam sub-bagian individu dengan struktur yang sama. Untuk menjawab (RQ2), distribusi makalah di area penelitian ACM dibahas terlebih dahulu. Kemudian, untuk menjawab (RQ3), untuk sektor aplikasi perlu mengidentifikasi masalah yang ditangani oleh pekerjaan penelitian, ontologi domain yang dikembangkan, dan layanan serta teknologi yang dibangun melalui pendekatan berbasis ontologi yang terkait dengan satu atau lebih masalah yang ada. Secara khusus, masalah yang

dijelaskan mengacu pada peluang penelitian saat ini atau masalah teknologi dengan solusi yang diberikan. Ontologi smart city akan dijelaskan dengan detail serta akan ditinjau dari beberapa teknologi dan layanan yang mengacu pada metode, arsitektur, dan sistem yang menggunakan ontologi yang dikombinasikan dengan teknik lain. Lalu untuk menjawab (RQ4), sektor-sektor yang teridentifikasi, sebagian besar upaya komunitas penelitian berfokus pada sektor dalam negeri, sektor energi, dan sektor perencanaan kota. Memang, tersebarnya perangkat sensor berbiaya rendah memungkinkan eksperimen yang mudah dan terjangkau dari pendekatan baru untuk rumah pintar dan efisiensi energi. Di sisi lain, transportasi pintar sangat menarik bagi perencanaan kota karena tantangan teknologi untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi layanan perkotaan dan sebagai sarana untuk tujuan keberlanjutan. Selain itu, ketersediaan data terstruktur dan tidak terstruktur tentang kota, yang dikumpulkan secara langsung dan dikumpulkan atau disimpulkan secara tidak langsung dari pemrosesan dan penalaran otomatis, memberikan peluang besar bagi pembangunan pengetahuan perkotaan dan pengembangan layanan semantik untuk mendukung pengambilan keputusan untuk kota.

Sektor-sektor yang diidentifikasi adalah sebagai berikut: masyarakat, manajemen krisis, ekonomi, eLearning, energi, lingkungan, kesehatan, rumah tangga, administrasi public, manajemen risiko, keamanan, sistem sosial, pembangunan berkelanjutan dan perencanaan kota.

Tabel 1. Ringkasan isu penelitian untuk sektor kota pintar.

Sektor	Masalah yang diatasi
Masyarakat	Manajemen masyarakat (definisi, komunikasi, promosi, dll) Analisis data Masyarakat
Manajemen Krisis	Desain skenario darurat untuk kesiapsiagaan Kesadaran situasional untuk respons dan pemulihan Berbagi informasi selama krisis Pembelajaran adaptif berdasarkan profil siswa Bimbingan belajar cerdas
eLearning	Pembelajaran gamifikasi Pembelajaran orang dewasa dan pendidikan siswa berkebutuhan khusus Edukasi tentang topik baru seperti pengetahuan kota pintar.
Ekonomi	Definisi indikator baru untuk perekonomian kota pintar; Manajemen kontrak pintar. Pengelolaan konsumsi energi di rumah pintar;
Tenaga	Layanan energi pintar; Pengelolaan permintaan/respons energi di jaringan pintar terdistribusi; Biaya energi perdagangan.
Lingkungan	Interoperabilitas data dan fusi untuk memantau lingkungan (udara, tanah, air); Kesadaran polusi dan layanan untuk pengurangan dan perlindungan; Definisi kebijakan untuk perubahan iklim;

Kesehatan	Layanan untuk mengoptimalkan konsumsi sumber daya alam, seperti air.
	Interoperabilitas dan fusi data untuk mendukung perawatan kesehatan di rumah;
	Tele-medicine;
Rumah	Penilaian kesehatan yang mengintegrasikan rekam medis dengan data aktivitas fisik;
	Dukungan perawatan kesehatan untuk pasien dengan penurunan kognitif;
	Integrasi layanan kesehatan dengan aplikasi pintar lainnya untuk tujuan keselamatan.
Administrasi Publik	Interoperabilitas dan fusi data untuk kesadaran konteks di rumah pintar;
	Pengakuan aktivitas Kehidupan Sehari-hari (ADL);
	Layanan intelijen sekitar;
Manajemen Resiko	Domotika dan bangunan pintar.
	Data Pemerintah Terbuka, seperti portal data terbuka yang ditautkan;
	Partisipasi elektronik warga negara untuk pengambilan keputusan;
Keamanan dan Privasi	Integrasi aplikasi berbasis IoT dan sosial ke dalam proses administrasi publik;
	Platform kota terbuka untuk pemantauan layanan publik secara real time.
	Identifikasi risiko dan penilaian kualitatif;
Sistem Sosial	Representasi dan analisis risiko berjenjang;
	Analisis data kontekstual untuk penilaian risiko kuantitatif.
	Perlindungan informasi tidak langsung, misalnya, yang berasal dari data sensor atau video;
Pembangunan Berkelanjutan	Memodelkan persetujuan pengguna terhadap kebijakan penggunaan data;
	Backtracking data dan kontrol akses;
	Keamanan dalam sistem IoT.
Perencanaan Kota	Identifikasi dan representasi sinyal dan indikator kemiskinan;
	Analisis konten teks/media untuk mendeteksi radikalisme orang di jejaring sosial;
	Deteksi fenomena diskriminasi.
Perencanaan Kota	Pengelolaan sumber daya alam yang cerdas serta pengelolaan limbah dan polusi;
	Layanan sadar keberlanjutan (layanan domestik untuk konsumsi air, efisiensi energi)
	Tujuan keberlanjutan dalam kebijakan dan pengambilan keputusan;
Perencanaan Kota	Metrik untuk penilaian keberlanjutan dan metode evaluasi.
	Integrasi inovasi teknologi dengan nilai sejarah dan budaya kota;
	Merencanakan untuk meningkatkan ketahanan kota terhadap kejadian buruk;
Perencanaan Kota	Integrasi data kota dan pembangunan pengetahuan untuk analisis sistemik;
	Informasi crowd-sourcing untuk perencanaan kota;
	Visualisasi data kota dari perspektif spasio-temporal;
Perencanaan Kota	Data mobilitas untuk mendukung pengambilan keputusan;
	Sistem transportasi cerdas untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi layanan perkotaan;
	Menciptakan layanan baru untuk mobilitas warga.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini kami menjawab pertanyaan penelitian yang disajikan dalam pendahuluan. (RQ1) Ontologi sektor kota pintar, metode semantik, dan teknologi semantik mana yang telah diterapkan hingga saat ini?

Hasil dari kueri ke database SCOPUS membawa kami untuk mengidentifikasi 14 sektor di mana ontologi, metode semantik, dan teknologi semantik telah diterapkan hingga saat ini. Mereka adalah: Masyarakat, manajemen krisis, e-learning, ekonomi, energi, lingkungan, kesehatan, rumah, administrasi publik, manajemen risiko, keamanan, sistem sosial, pembangunan berkelanjutan, dan perencanaan kota.

(RQ2) Untuk bidang teknologi mana ontologi, metode semantik, dan teknologi semantik memberikan nilai tambah?

Untuk mendeteksi aspek teknologi yang dibahas oleh makalah yang diambil, kami mengklasifikasikan makalah berdasarkan area makro ACM. Oleh karena itu, ontologi, metode semantik, dan teknologi semantik memberikan nilai untuk yang berikut: komputasi terapan, organisasi sistem komputer, metodologi komputasi, teknologi atau metode tujuan umum, perangkat keras, komputasi yang berpusat pada manusia, sistem informasi, matematika komputasi, jaringan, keamanan dan privasi, topik sosial dan profesional, perangkat lunak dan tekniknya, dan teori komputasi.

Di antara area makro ACM yang diidentifikasi, sebagian besar makalah berfokus pada teori komputasi, yang merupakan area ACM mengenai ontologi, basis pengetahuan, dan model teoretis untuk representasi dan pemrosesan data/informasi. Area lain yang relevan adalah: metodologi komputasi, mengenai algoritma dan metode kecerdasan buatan untuk analisis dan otomatisasi proses dalam konteks kota pintar; sistem informasi, mengenai sistem pengumpulan dan pengelolaan data dan informasi; organisasi sistem komputer, menggambarkan sistem sosio-siber-fisik, IoT dan arsitektur teknologi lainnya untuk sistem terdistribusi dan tertanam yang dikhususkan untuk kota pintar; teknologi atau metode tujuan umum; dan perangkat lunak dan tekniknya, dengan fokus pada arsitektur perangkat lunak, pemodelan berorientasi layanan, aspek komunikasi dan integrasi.

(RQ3) Untuk masing-masing sektor yang disebutkan di atas, masalah mana yang dihadapi, dan ontologi, metode semantik, dan teknologi semantik yang paling relevan yang digunakan?

Kami mencantumkan ontologi, metode semantik, dan teknologi semantik yang paling relevan yang digunakan hingga saat ini. Secara keseluruhan, kami telah menggambarkan 67 ontologi dan 50 di antara metode dan aplikasi yang memanfaatkan teknologi semantik. Kami mengidentifikasi 56 masalah, yang dirangkum dalam Tabel 1. Masalah lintas domain adalah

interoperabilitas data untuk memungkinkan pengumpulan otomatis dari sistem dan perangkat heterogen. Ini meletakkan dasar menuju tujuan seperti pembangunan dan representasi pengetahuan interdisipliner, kesadaran situasi berbasis pengetahuan di berbagai tingkat perincian, dan pengetahuan yang dapat ditindaklanjuti.

(RQ4) Teknologi semantik sektor kota pintar mana yang paling banyak diterapkan?

Di antara sektor-sektor yang teridentifikasi, sebagian besar upaya komunitas penelitian berfokus pada sektor dalam negeri, sektor energi, dan sektor perencanaan kota. Memang, tersebarnya perangkat sensor berbiaya rendah memungkinkan eksperimen yang mudah dan terjangkau dari pendekatan baru untuk rumah pintar dan efisiensi energi. Di sisi lain, transportasi pintar sangat menarik bagi perencanaan kota karena tantangan teknologi untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi layanan perkotaan dan sebagai sarana untuk tujuan keberlanjutan. Selain itu, ketersediaan data terstruktur dan tidak terstruktur tentang kota, yang dikumpulkan secara langsung dan dikumpulkan atau disimpulkan secara tidak langsung dari pemrosesan dan penalaran otomatis, memberikan peluang besar bagi pembangunan pengetahuan perkotaan dan pengembangan layanan semantik untuk mendukung pengambilan keputusan untuk kota.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Meningkatnya kompleksitas kota pintar membutuhkan metode dan teknologi baru untuk mengatasi masalah daerah perkotaan serta perlu menyusun dan menerapkan layanan inovatif baru bagi warga. Salah satu masalah mendasar untuk mempertahankan pembangunan tersebut adalah pengetahuan aktual tentang bagaimana memahami kota pintar, teknologi apa yang telah berkontribusi dalam membentuk konsepnya, dan apa tantangan saat ini untuk pengembangan lebih lanjut. Ontologi untuk kota pintar tentu saja merupakan sarana yang layak untuk memberikan jawaban seperti itu karena mencerminkan pengetahuan saat ini dan berkontribusi untuk membangun pengetahuan baru ketika digunakan untuk harmonisasi data, interoperabilitas, dan analisis semantik data dan informasi lapangan.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, L., Khordehghah, N., Malinauskaite, J., & Jouhara, H. (2020). Recent advances and applications of solar photovoltaics and thermal technologies. *Energy*, 207, 118254. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118254>
- Arroyo, Á., Basurto, N., Casado-Vara, R., Timiraos, M., & Calvo-Rolle, J. (2023). A Hybrid Intelligent Modeling approach for predicting the solar thermal panel energy production. *Neurocomputing*, 565, 126997. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.126997>

- Beck, A., & Rai, V. (2019). Solar soft cost ontology: A review of solar soft costs. *Progress in Energy*, 2. <https://doi.org/10.1088/2516-1083/ab59be>
- Dźwigoł, H., Kwiliński, A., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2023). Renewable Energy, Knowledge Spillover and Innovation: Capacity of Environmental Regulation. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16031117>
- E., M., Husin, H., N., Zaki, M., & M. (2021). A critical review of the integration of renewable energy sources with various technologies. *Protection and Control of Modern Power Systems*, 6, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s41601-021-00181-3>
- Kaya, F., & Gordijn, J. (2021). DECENT: An Ontology for Decentralized Governance in the Renewable Energy Sector. *2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics (CBI)*, 01, 11-20. <https://doi.org/10.1109/cbi52690.2021.00012>
- Khelifa, A., Touafek, K., Moussa, H., & Tabet, I. (2016). Modeling and detailed study of hybrid photovoltaic thermal (PV/T) solar collector. *Solar Energy*, 135, 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.05.048>
- Kolosok, S., Bilan, Y., Vasylieva, T., Wojciechowski, A., & Morawski, M. (2021). A Scoping Review of Renewable Energy, Sustainability and the Environment. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en14154490>
- Kristia, K., & Rabbi, M. (2023). Exploring the Synergy of Renewable Energy in the Circular Economy Framework: A Bibliometric Study. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151713165>
- Kuczyński, W., & Chliszcz, K. (2023). Energy and exergy analysis of photovoltaic panels in northern Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113138>
- Kumar, M., Panda, K., Rosas-Caro, J., Valderrábano-González, A., & Panda, G. (2023). Comprehensive Review of Conventional and Emerging Maximum Power Point Tracking Algorithms for Uniformly and Partially Shaded Solar Photovoltaic Systems. *IEEE Access*, 11, 31778-31812. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3262502>
- Lee, D. (2017). Renewable energy: power for a sustainable future. *Australasian Journal of Environmental Management*, 25, 248-248. <https://doi.org/10.1080/14486563.2017.1378135>
- Li, G., Li, M., Taylor, R., Hao, Y., Besagni, G., & Markides, C. (2022). Solar energy utilisation: Current status and roll-out potential. *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118285>
- Nair, A., & Baby, A. (2024). Photovoltaic Solar Sustainability in India: Data Modeling and Time Series Analysis for Enhanced Efficiency. *2024 IEEE International Conference on Computer Vision and Machine Intelligence (CVMI)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/cvmi61877.2024.10782364>
- Nallakaruppan, M., Shankar, N., Bhuvanagiri, P., Padmanaban, S., & Khan, S. (2024). Advancing solar energy integration: Unveiling XAI insights for enhanced power system management and sustainable future. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102740>
- Rani, P., Mishra, A., Mardani, A., Cavallaro, F., Štreimikienė, D., & Khan, S. (2020). Pythagorean Fuzzy SWARA-VIKOR Framework for Performance Evaluation of Solar Panel Selection. *Sustainability*, 12, 4278. <https://doi.org/10.3390/su12104278>

- Shahzad, M., Nguyen, V., Xu, B., Tariq, R., Imran, M., Ashraf, W., Ng, K., Jamil, M., Ijaz, A., & Sheikh, N. (2024). Machine Learning Assisted Prediction of Solar to Liquid Fuel Production: A Case Study. *Process Safety and Environmental Protection*. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.02.060>
- Singh, I., Singh, S., & Singh, H. (2025). Advanced Analytical Techniques for Optimal Power Extraction in Solar Energy Systems. *Communications on Applied Nonlinear Analysis*. <https://doi.org/10.52783/cana.v32.4562>
- Vijayan, D., Koda, E., Sivasuriyan, A., Winkler, J., Devarajan, P., Kumar, R., Jakimiuk, A., Osiński, P., Podlasek, A., & Vaverková, M. (2023). Advancements in Solar Panel Technology in Civil Engineering for Revolutionizing Renewable Energy Solutions: A Review. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16186579>
- Zisos, A., Chatzopoulos, D., & Efstratiadis, A. (2024). The Concept of Spatial Reliability Across Renewable Energy Systems: An Application to Decentralized Solar PV Energy. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en17235900>