Jurnal Pengembangan Sains dan Teknologi
Volume 1, Nomor 1, Januari 2025, p. 17-24
ISSN : 3090-2762 (*Print*) | 3089-9516 (*Online*)
DOI : 10.63866/jpst.v1i1.43

Strategi Konservasi Energi di Sektor Pendidikan melalui Pendekatan *Green Building*

Zainuddin[1], Putri Hayati[2*], Triyeni Wulandari[3], Nanang Widodo[2]

[1]Dinas Lingkungan Hidup, Kota Bima, Indonesia
[2]Ilmu Lingkungan, Universitas Mulawarman, Indonesia
[3]Ilmu Lingkungan, Universitas Musi Rawas, Kota Lubuklinggau, Indonesia

Email Koresponden: putrih.unmul@gmail.com
(* : corresponding author)

Abstrak- Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penerapan konsep *green building* di sekolah dan kampus terhadap penghematan energi dan kualitas lingkungan belajar. Dalam penelitian ini, dilakukan studi terhadap lima sekolah dan tiga kampus yang telah menerapkan berbagai elemen *green building*, seperti penggunaan material ramah lingkungan, panel surya, sistem ventilasi alami, dan pencahayaan efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *green building* berhasil mengurangi konsumsi energi tahunan antara 10% hingga 30%, dengan Sekolah A mencatatkan penghematan sebesar 30%. Selain itu, penerapan teknologi *green building* juga meningkatkan kenyamanan lingkungan belajar, yang terlihat dari perbaikan kualitas udara, suhu yang lebih stabil, dan penurunan kebisingan. Penelitian ini juga menemukan tantangan dalam pengelolaan teknologi hijau, seperti biaya investasi awal yang tinggi dan kurangnya pemahaman teknis dalam pengoperasian. Penelitian ini menyarankan agar penerapan *green building* di sektor pendidikan dioptimalkan melalui integrasi penuh teknologi dan dukungan kebijakan yang memperkuat pelatihan dan pemeliharaan sistem *green building*.

Kata Kunci: *Green building*, Penghematan energi, Lingkungan belajar, Pendidikan, Teknologi hijau

Energy Conservation Strategy in Education Sector through Green Building Approach

Abstract- *This research aims to analyze the impact of implementing green building concepts in schools and campuses on energy savings and the quality of the learning environment. In this research, five schools and three campuses that have implemented various green building elements, such as the use of environmentally friendly materials, solar panels, natural ventilation systems, and efficient lighting, were studied. The results showed that the implementation of green building successfully reduced annual energy consumption by between 10% and 30%, with School A recording 30% savings. In addition, the implementation of green building technologies also improved the comfort of the learning environment, as seen from improved air quality, more stable temperatures, and reduced noise. The research also found challenges in managing green technologies, such as high initial investment costs and lack of technical understanding in operations. This research suggests that the implementation of green building in the education sector be optimized through full integration of technology and policy support that strengthens training and maintenance of green building systems.*

***Keywords**: Green building, Energy saving, Learning environment, Education, Green technology*

Received	Revised	Published
03-10-2024	01-12-2024	14-01-2025

Jurnal Pengembangan Sains dan Teknologi is licensed under
Diterbitkan oleh Yayasan Ran Edu Center

1. PENDAHULUAN

Fenomena perubahan iklim dan penurunan kualitas lingkungan hidup semakin mendesak untuk ditangani di berbagai sektor, termasuk sektor pendidikan. Salah satu kontribusi signifikan yang dapat dilakukan oleh institusi pendidikan adalah dengan menerapkan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam pembangunan dan pengelolaan bangunan, yang salah satunya adalah melalui pendekatan *green building* [1], [2]. *Green building* atau bangunan ramah lingkungan tidak hanya berfokus pada pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan sumber daya alam [3]. Di sekolah dan kampus, penerapan *green building* dapat memberikan kontribusi nyata dalam konservasi energi, sekaligus menciptakan lingkungan belajar yang lebih sehat dan nyaman bagi para peserta didik dan dosen.

Masalah utama yang sering dihadapi dalam upaya konservasi energi di institusi pendidikan adalah rendahnya kesadaran dan pengetahuan tentang pentingnya efisiensi energi, serta tantangan dalam implementasi strategi *green building*. Banyak sekolah dan kampus yang belum memanfaatkan teknologi dan desain ramah lingkungan secara optimal. Selain itu, kendala biaya investasi awal yang tinggi sering kali menjadi alasan utama di balik keterbatasan penerapan konsep ini. Meskipun begitu, meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan dan kebijakan pemerintah yang mendukung pengurangan emisi karbon menjadi peluang untuk mengatasi masalah tersebut.

Upaya konservasi energi di lembaga pendidikan menghadapi tantangan yang signifikan, terutama berasal dari rendahnya kesadaran efisiensi energi dan kompleksitas penerapan strategi *green building*. Banyak sekolah belum sepenuhnya memanfaatkan teknologi ramah lingkungan, seringkali karena biaya investasi awal yang tinggi, yang menghalangi adopsi praktik berkelanjutan [3], [4]. Namun, inisiatif pendidikan dapat meningkatkan kesadaran lingkungan di antara peserta didik dan staf, menumbuhkan budaya keberlanjutan yang mendorong perilaku ramah lingkungan [5], [6]. Misalnya, mengintegrasikan sistem energi matahari dan mempromosikan daur ulang dapat menciptakan ekosistem mikro yang tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga melibatkan peserta didik dalam pengelolaan lingkungan [3]. Selanjutnya, kebijakan pemerintah yang bertujuan mengurangi emisi karbon menghadirkan peluang bagi lembaga untuk mengatasi hambatan ini dan menerapkan praktik keberlanjutan yang efektif [5], [7].

Metode yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk memahami dan menggambarkan seberapa jauh sekolah dan kampus yang telah mengadopsi prinsip *green building* dalam upaya konservasi energi. Penelitian ini akan mengeksplorasi strategi yang telah diterapkan, efektivitasnya, serta tantangan yang dihadapi dalam penerapannya. Meskipun beberapa institusi pendidikan telah mulai mengimplementasikan berbagai teknologi hijau, masih banyak yang belum secara komprehensif mengintegrasikan konsep *green building* dalam desain dan operasional bangunan mereka [4]. Oleh karena itu, penelitian ini akan memfokuskan pada analisis implementasi *green building* di beberapa sekolah dan kampus untuk memberikan gambaran nyata tentang keberhasilan dan hambatan yang ada.

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan prinsip-prinsip *green building* di berbagai sektor dapat berdampak positif terhadap penghematan energi dan pengurangan emisi

karbon. Penelitian menunjukkan bahwa *green building* dapat mengurangi emisi karbon secara signifikan, dengan sektor konstruksi berkontribusi lebih dari 40% emisi karbon [8]. Langkah-langkah efisiensi energi, seperti mengoptimalkan desain selubung bangunan dan menggunakan sistem mekanikal-elektrikal yang hemat energi, dapat mengurangi konsumsi energi dan beban pendinginan [9]. Mengadopsi energi terbarukan, praktik efisiensi energi, dan teknologi ramah lingkungan di industri manufaktur telah terbukti dapat mengurangi emisi karbon secara substansial [10]. Namun, penelitian mengenai penerapan *green building* di sektor pendidikan masih terbatas, dan banyak yang berfokus pada teori atau simulasi tanpa adanya studi kasus nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan menyajikan data empiris yang relevan dari institusi pendidikan yang telah berhasil mengimplementasikan konsep *green building*, serta tantangan yang dihadapi dalam proses tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi dan menganalisis penerapan strategi konservasi energi berbasis *green building* di sekolah dan kampus. Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam pemahaman praktis mengenai cara-cara efektif untuk mengimplementasikan prinsip *green building* dalam konteks pendidikan. Dengan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai manfaat konkret yang diperoleh oleh institusi pendidikan dalam jangka panjang, baik dari sisi efisiensi energi maupun dampaknya terhadap kenyamanan dan kualitas lingkungan belajar.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan dalam studi ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah untuk menggambarkan dan menganalisis penerapan konsep *green building* dalam upaya konservasi energi di sekolah dan kampus, serta mengidentifikasi strategi yang telah diterapkan, tantangan yang dihadapi, dan dampak yang dirasakan. Pendekatan kualitatif memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi secara mendalam pengalaman dan pandangan para pemangku kepentingan, serta memahami konteks sosial dan budaya yang mempengaruhi implementasi *green building* di lingkungan pendidikan.

Sampel penelitian ini terdiri dari lima sekolah dan tiga kampus yang telah mengadopsi konsep *green building*, yang dipilih dengan menggunakan teknik purposive sampling. Teknik ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memilih institusi pendidikan yang relevan dengan topik penelitian, yakni yang telah menerapkan prinsip *green building*, meskipun dengan tingkat implementasi yang berbeda. Kriteria inklusi mencakup sekolah dan kampus yang memiliki bangunan yang dirancang atau direnovasi dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip *green building*. Kriteria eksklusi mencakup institusi yang belum mengimplementasikan konsep *green building* atau yang tidak dapat diakses untuk penelitian ini.

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah wawancara semi-terstruktur, yang dilakukan dengan pengelola bangunan, kepala sekolah, dan pihak terkait lainnya. Wawancara ini dirancang untuk menggali informasi mengenai penerapan strategi konservasi energi, evaluasi keberhasilan, serta tantangan yang dihadapi dalam implementasi *green building*. Instrumen wawancara ini telah diuji validitasnya melalui tinjauan oleh para ahli

di bidang keberlanjutan dan pendidikan, serta diuji reliabilitasnya dengan uji coba terbatas pada beberapa responden yang tidak terlibat dalam penelitian utama. Hasil uji coba menunjukkan tingkat konsistensi tinggi dalam pengumpulan data, yang menunjukkan instrumen wawancara ini dapat diandalkan.

Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan persiapan yang meliputi pemilihan sampel, penyusunan instrumen wawancara, serta pengaturan jadwal wawancara. Setelah itu, dilakukan pengumpulan data melalui wawancara dengan pihak-pihak terkait di setiap institusi yang terpilih sebagai sampel. Proses wawancara dilaksanakan secara tatap muka atau daring, dengan mencatat dan merekam percakapan untuk memudahkan analisis data. Data tambahan juga dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap bangunan yang telah menerapkan prinsip *green building*, serta melalui pengumpulan dokumentasi terkait kebijakan dan laporan pengelolaan energi.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis tematik. Teknik ini dipilih karena sesuai untuk menganalisis data kualitatif yang diperoleh dari wawancara dan observasi, dengan tujuan untuk mengidentifikasi tema-tema utama terkait penerapan *green building* dan konservasi energi. Langkah-langkah analisis dimulai dengan transkripsi wawancara, diikuti dengan pengkodean data untuk mengidentifikasi kategori-kategori utama yang muncul. Kemudian, dilakukan pengelompokan tema-tema tersebut untuk menggambarkan temuan utama penelitian. Teknik analisis tematik ini dipilih karena mampu memberikan wawasan yang mendalam mengenai pola-pola yang muncul dalam data, serta memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi hubungan antara berbagai faktor yang mempengaruhi implementasi *green building* di sektor pendidikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Temuan utama dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan konsep *green building* di sekolah dan kampus berkontribusi signifikan terhadap penghematan energi dan peningkatan kenyamanan lingkungan belajar. Dari analisis yang dilakukan terhadap lima sekolah dan tiga kampus, ditemukan bahwa semua institusi yang diteliti telah menerapkan beberapa elemen *green building*, seperti penggunaan material ramah lingkungan, panel surya, sistem ventilasi alami, dan pencahayaan efisien (seperti penggunaan lampu LED). Hasil analisis konsumsi energi menunjukkan penghematan yang cukup signifikan, berkisar antara 10-30% di setiap institusi. Misalnya, Sekolah A mencatatkan penghematan sebesar 30% dalam konsumsi energi tahunan.

Selain penghematan energi, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penerapan *green building* berkontribusi pada peningkatan kenyamanan fisik dan psikologis peserta didik dan dosen. Responden melaporkan bahwa kualitas udara dalam ruangan meningkat, suhu ruangan lebih stabil, dan tingkat kebisingan berkurang secara signifikan di ruang-ruang yang telah menggunakan sistem ventilasi alami dan desain pasif. Hal ini menciptakan lingkungan belajar yang lebih nyaman, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas pembelajaran. Sebagai contoh, di Kampus B, penerapan teknologi efisiensi energi

seperti panel surya dan material bangunan yang lebih isolatif berhasil mengurangi penggunaan energi untuk pendinginan dan pemanasan ruangan hingga 25%.

Penghematan energi yang tercatat berhubungan langsung dengan pengurangan biaya operasional institusi, yang dalam jangka panjang dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi dampak lingkungan dari emisi karbon. Meskipun penghematan energi bervariasi antar institusi, data ini menunjukkan bahwa meskipun semua institusi berhasil mengurangi konsumsi energi, tingkat penghematan tersebut dipengaruhi oleh skala implementasi dan jenis teknologi yang diterapkan. Tabel berikut menggambarkan perbandingan konsumsi energi sebelum dan sesudah penerapan *green building* di masing-masing institusi:

Tabel 1. Perbandingan Konsumsi Energi Pra dan Pasca Penerepan Green Building

Institusi	Konsumsi Energi Sebelum Green Building (kWh/tahun)	Konsumsi Energi Setelah Green Building (kWh/tahun)	Penghematan Energi (%)
Sekolah A	500,000	350,000	30%
Kampus B	800,000	600,000	25%
Sekolah C	200,000	180,000	10%
Kampus D	1,200,000	1,050,000	12.5%
Sekolah E	350,000	300,000	14%

Meskipun penghematan energi di Sekolah C hanya mencapai 10%, penelitian ini tetap menunjukkan bahwa penerapan elemen-elemen *green building* seperti pencahayaan LED dan sistem ventilasi alami dapat memberikan kontribusi pada pengurangan konsumsi energi. Penghematan energi ini, meskipun relatif kecil, berpotensi menurunkan biaya operasional dalam jangka panjang dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi non-terbarukan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa *green building* tidak hanya menghemat energi tetapi juga berkontribusi pada penciptaan lingkungan yang lebih sehat dan nyaman, yang sangat penting bagi efektivitas pembelajaran. Temuan ini membuka potensi lebih besar untuk penerapan *green building* dalam sektor pendidikan, yang dapat mengarah pada pengurangan dampak lingkungan dan penghematan biaya operasional secara berkelanjutan.

3.2 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *green building* di institusi pendidikan tidak hanya memberikan manfaat dalam hal efisiensi energi, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kenyamanan dan kualitas lingkungan belajar. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa desain bangunan yang ramah lingkungan dapat mengurangi konsumsi energi dan memberikan manfaat kesehatan bagi penghuninya (Li et al., 2020; Kats, 2003). Penerapan teknologi seperti panel surya dan sistem pencahayaan efisien terbukti efektif dalam mengurangi penggunaan energi fosil, yang penting untuk mengurangi jejak karbon institusi pendidikan. Sebagai contoh, penghematan energi sebesar 30% di Sekolah A sangat sejalan dengan temuan Li et al. (2020) yang menunjukkan bahwa sistem ventilasi alami dan material isolasi dapat mengurangi kebutuhan energi pendinginan dan pemanasan hingga 35%.

Studi terbaru menyoroti pentingnya desain bangunan hijau dalam mengatasi masalah lingkungan dan kesehatan. Menerapkan konsep energi nol-nol dalam arsitektur dapat mengurangi konsumsi energi dan mengurangi dampak perubahan iklim (Rafli Alfiano et al., 2024). Prinsip-prinsip bangunan hijau yang diterapkan pada rumah sakit dapat meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, efisiensi sumber daya, dan kesehatan penghuni (T. Handayani & S. Winasih, 2024). Selama pandemi COVID-19, desain hijau pada bangunan tempat tinggal tidak hanya berkontribusi pada pengurangan energi dan mitigasi pemanasan global, tetapi juga membantu meminimalkan dampak virus terhadap penghuninya (Hendi Anwar & Moch Fatin Abdul Naufal, 2023). Mengoptimalkan desain pencahayaan bangunan sesuai dengan standar nasional dan pedoman Green Building Council Indonesia sangat penting untuk konservasi energi dan menciptakan bangunan yang lebih sehat dan ramah lingkungan (T. Hamzah, 2020). Temuan-temuan ini secara kolektif menekankan manfaat multifaset dari desain bangunan hijau, termasuk efisiensi energi, peningkatan kualitas lingkungan dalam ruangan, dan peningkatan kesejahteraan penghuni.

Namun, meskipun temuan ini menunjukkan penghematan energi yang signifikan di beberapa institusi, terdapat perbedaan yang cukup besar dalam tingkat penghematan antar institusi. Misalnya, Sekolah C hanya mencatatkan penghematan energi sebesar 10%, yang lebih rendah dibandingkan dengan Sekolah A (30%) dan Kampus B (25%). Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh skala implementasi *green building* yang berbeda. Sekolah A mengintegrasikan desain bangunan pasif dan teknologi canggih lainnya, seperti sistem pengaturan suhu otomatis dan pengelolaan air hujan, yang memberikan dampak yang lebih besar terhadap efisiensi energi. Di sisi lain, Sekolah C hanya menerapkan beberapa elemen dasar, seperti pencahayaan hemat energi dan beberapa panel surya, tanpa melakukan perubahan signifikan pada desain bangunan secara keseluruhan.

Penelitian ini juga menemukan tantangan dalam pengelolaan dan pemeliharaan teknologi *green building*. Beberapa pengelola kampus melaporkan bahwa kendala utama yang dihadapi adalah kurangnya pengetahuan teknis tentang pengoperasian dan perawatan teknologi hijau. Di Kampus D, misalnya, meskipun telah dipasang sistem panel surya dan teknologi pendinginan pasif, pemeliharaan yang tidak optimal menyebabkan penurunan kinerja sistem dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi

teknologi hijau harus diimbangi dengan pelatihan yang cukup untuk pengelola bangunan agar kinerja sistem dapat berlanjut secara efektif.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah bahwa keberhasilan penerapan *green building* bergantung pada beberapa faktor, termasuk skala implementasi, keberagaman teknologi yang digunakan, serta dukungan dalam hal pemeliharaan dan pelatihan teknis. Kebijakan pemerintah yang mendukung pendidikan dan pelatihan bagi pengelola bangunan menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa teknologi hijau dapat dikelola dengan efisien dan berkelanjutan.

Dari perspektif teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemahaman penerapan *green building* dalam konteks pendidikan, yang masih terbatas dalam literatur. Meskipun banyak penelitian mengeksplorasi keberhasilan *green building* di sektor perumahan dan komersial, sedikit yang meneliti dampaknya di sektor pendidikan. Penelitian ini menunjukkan bahwa sektor pendidikan memiliki potensi besar untuk mengadopsi prinsip-prinsip *green building*, tidak hanya untuk menghemat energi, tetapi juga untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan kondusif bagi proses belajar mengajar.

Namun, penelitian ini juga memiliki keterbatasan, terutama terkait dengan jumlah sampel yang terbatas, yang hanya mencakup institusi yang sudah memiliki pengetahuan dan kesadaran tinggi tentang keberlanjutan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan dengan melibatkan institusi yang lebih beragam, termasuk yang belum banyak mengadopsi *green building*. Penelitian lebih lanjut juga dapat menggali lebih dalam tantangan yang dihadapi dalam implementasi teknologi hijau di institusi dengan sumber daya terbatas, serta mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi dan budaya yang dapat mempengaruhi penerimaan dan keberhasilan implementasi *green building* di sektor pendidikan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan prinsip *green building* di institusi pendidikan memberikan dampak positif yang signifikan, baik dalam hal efisiensi energi maupun kenyamanan lingkungan belajar. Penghematan energi yang tercatat berkisar antara 10% hingga 30%, dengan beberapa institusi, seperti Sekolah A, berhasil mencapai penghematan energi yang lebih tinggi berkat penerapan desain bangunan pasif dan teknologi efisien lainnya. Selain itu, penerapan *green building* juga berkontribusi pada peningkatan kualitas udara, suhu ruangan yang lebih stabil, dan penurunan tingkat kebisingan, yang menciptakan lingkungan belajar yang lebih sehat dan kondusif.

Namun, perbedaan tingkat penghematan energi antar institusi menunjukkan bahwa skala dan integrasi teknologi *green building* sangat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Institusi yang mengadopsi teknologi secara menyeluruh dan dalam skala besar mengalami penghematan energi yang lebih signifikan. Di sisi lain, tantangan dalam pengelolaan dan pemeliharaan teknologi *green building*, terutama terkait dengan pengetahuan teknis dan sumber daya yang terbatas, menjadi hambatan utama yang perlu diatasi.

Dari sisi teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pemahaman penerapan *green building* di sektor pendidikan, yang masih terbatas dalam literatur. Secara praktis, temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan *green building* sangat

bergantung pada kebijakan yang mendukung pelatihan dan pemeliharaan yang efektif. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperluas cakupan dengan melibatkan lebih banyak institusi yang memiliki tingkat adopsi *green building* yang beragam serta mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi dan budaya dalam implementasi *green building* di lingkungan pendidikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] I. M. D. M. Adnyana, K. A. Mahendra, and S. M. Raza, "The importance of green education in primary, secondary and higher education: A review," *J. Environ. Sustain. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 42–49, Dec. 2023, doi: 10.62672/joease.v1i2.14.

[2] K. Kaygusuz, "Green Buildings for Climate Mitigation and Sustainable Air Conditioning," in *21. Yüzyılda Mühendislikte Çağdaş Araştırma Uygulamaları Üzerine Disiplinler Arası Çalışmalar- V*, Özgür Yayınları, 2023. doi: 10.58830/ozgur.pub389.c1607.

[3] A. Altassan, "Sustainable Integration of Solar Energy, Behavior Change, and Recycling Practices in Educational Institutions: A Holistic Framework for Environmental Conservation and Quality Education," *Sustainability*, vol. 15, no. 20, p. 15157, Oct. 2023, doi: 10.3390/su152015157.

[4] S. Fayyaz, A. A. Lashari, S. Nandwani, and M. A. Chang, "Assessing Environmental Awareness and Conservation Behavior in Schools for Sustainable Development," *Pakistan J. Humanit. Soc. Sci.*, vol. 11, no. 4, Dec. 2023, doi: 10.52131/pjhss.2023.1104.0676.

[5] A. Biancardi, A. Colasante, I. D'Adamo, C. Daraio, M. Gastaldi, and A. F. Uricchio, "Strategies for developing sustainable communities in higher education institutions," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, p. 20596, Nov. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-48021-8.

[6] N. Rusli, M. R. M. Hussain, N. D. Nizarudin, S. S. S. Sabri, and S. A. Hamed, "Roles of Education in Creating Awareness of Sustainability Campus Management for Green Campus Concept," *Int. J. Adv. Res. Educ. Soc.*, Dec. 2023, doi: 10.55057/ijares.2023.5.4.25.

[7] K. Bäcklund, M. Molinari, and P. Lundqvist, "In Search for Untapped Energy-Saving Potential in Green and Smart Higher Educational Buildings—An Empirical Case Study Involving the Building Occupants," *Buildings*, vol. 13, no. 12, p. 3103, Dec. 2023, doi: 10.3390/buildings13123103.

[8] T. L. Adi Sucipto, J. U. Dwi Hatmoko, S. Sumarni, and J. Pujiastuti, "KAJIAN PENERAPAN GREEN BUILDING PADA GEDUNG BANK INDONESIA SURAKARTA," *J. Ilm. Pendidik. Tek. dan Kejuru.*, vol. 7, no. 2, Jul. 2017, doi: 10.20961/jiptek.v7i2.12692.

[9] A. Putra Pratama and B. E. Yuwono, "ANALISIS POTENSI ENERGI TERHADAP PENGURANGAN EMISI GAS KARBONDIOKSIDA PADA GEDUNG ALAMANDA TOWER," *Pros. Semin. Intelekt. Muda*, vol. 1, no. 2, Sep. 2019, doi: 10.25105/psia.v1i2.6656.

[10] L. Judijanto, V. K. Putri, T. Ansori, and K. Khamaludin, "Analisis Dampak Penggunaan Energi Terbarukan, Efisiensi Energi, dan Teknologi Hijau pada Pengurangan Emisi Karbon di Industri Manufaktur Kota Tangerang," *J. Multidisiplin West Sci.*, vol. 2, no. 12, pp. 1127–1138, Dec. 2023, doi: 10.58812/jmws.v2i12.860.