

E-ISSN: 2619-7204
P-ISSN: 2628-8438



JURNAL LOCUS PENELITIAN & PENGABDIAN



SEMUA BIDANG
RUMPUN ILMU

VOL. 04 NO. 06
Juni 2025

Editorial Team

Chief Editor

Kosasih (Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Mataram, Indonesia) [Scopus] [scholar]

Journal Manager

Maria A Sugiat, Universitas Telkom [scopus] [scholar]

Editorial Board

Ahmad Munajim, Institut Agama Islam Bunga Bangsa Cirebon [scopus] [scholar]

Wresni Pujiyati (Universitas Wiralodra) [Scopus] [Scholar] [Sinta]

Herri Sulaiman, Universitas Swadaya Gunung Jati, [scopus] [scholar]

Yanto Herjanto (Universitas Swadaya Gunung Jati, Indonesia) [Scopus] [Scholar] [Sinta]

Leni Pebriantika, (Universitas Baturaja, Indonesia) [Scopus] [Sinta] [Scholar]

Farida Nurfalih, (Universitas Swadaya Gunung Jati, Indonesia) [Scopus] [Scholar]

Arif Rakhman, Politeknik Harapan Bersama Tegal, Indonesia [scopus] [scholar]

Joseph MT Renwarin, Kalbis Institute, Jakarta Timur, Indonesia [Scopus] [scholar]

Dewi Kartikaningsih (Sekolah Tinggi Manajemen I ARORA) [Scholar] [Scopus]

Rifni Syarif Nasrullah (Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta) [Scholar] [scopus]

Muhammad Mishakul Munir STIS Al Wafa [Scholar]

Ahmad Khoirul Mustamir Institut Agama Islam Tribakti Kediri [Scholar]

Bentuk dan Makna dalam Film Pendek "Kabar Anget" karya Paniradya Kaistimewan: Kajian Semantik

Aniqotul Difla Amalia Aziz, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, Indonesia

Prembayun Miji Lestari, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, Indonesia

Sungging Widagdo, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, Indonesia

doi



PDF

View: 58 3117-3130

Implementasi Konsep Net Zero Healthy Pada Bangunan Sekolah

Febri Antoni, Universitas Trisakti, Indonesia, Indonesia

Lili Kusumawati, Universitas Trisakti, Indonesia, Indonesia

Endah Kurniyaningrum, Universitas Trisakti, Indonesia, Indonesia

Darmawan Pontan, Universitas Trisakti, Indonesia, Indonesia

Tulus Widiarso, Universitas Trisakti, Indonesia, Indonesia

doi



PDF

View: 93 3049-3056

Pengaruh Rembesan terhadap Stabilitas Keamanan Bendungan Leuwikeris Berdasarkan Parameter Material Timbunan

Muhammad Andhi Hidayat, Universitas Diponegoro, Indonesia, Indonesia

Bagus Putra Nugraha, Universitas Diponegoro, Indonesia, Indonesia

doi



PDF

View: 31 2816-2830

Analisis Masalah dalam Penerapan Peraturan Menteri Keuangan Nomor 121 Tahun 2015 berdasarkan Tax Control Framework dengan dalam bisnis Freight Forwarding (Studi Kasus PT X)

Abram Marulitua Pardamean, Universitas Indonesia, Indonesia, Indonesia

doi



PDF

View: 46 3061-3078



IMPLEMENTASI KONSEP *NET ZERO HEALTHY* PADA BANGUNAN SEKOLAH

Febri Antoni , Lili Kusumawati, Endah Kurniyaningrum*, Darmawan Pontan, Tulus Widiarso

Universitas Trisakti, Indonesia

Email: febriwarganegara@gmail.com, kusumalilymach@gmail.com, kurniyaningrum@trisakti.ac.id*,
darmawan@trisakti.ac.id, tulus@trisakti.ac.id

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan konsep *Net Zero Healthy* (NZH) pada bangunan sekolah di Provinsi DKI Jakarta, sebagai upaya menciptakan bangunan hemat energi yang juga mendukung kesehatan fisik dan kenyamanan termal penghuni. Dengan menggunakan pendekatan studi kasus kualitatif, data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, studi dokumen, dan kuesioner kepada para pengguna bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan panel surya mampu memenuhi 15% kebutuhan energi sekolah secara efektif, meskipun masih dibatasi oleh regulasi. Selain itu, semua ruang kerja telah memenuhi standar ventilasi alami dan pencahayaan alami berdasarkan pedoman ASHRAE dan SNI. Ventilasi mekanik melalui fan juga menunjukkan performa optimal dengan suplai udara segar yang melebihi standar minimum. Temuan ini mengindikasikan bahwa prinsip NZH dapat diterapkan secara efektif pada proyek bangunan publik, dengan memperhatikan aspek desain, teknologi, serta perilaku pengguna. Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan kebijakan bangunan hijau dan upaya pencapaian target emisi nasional.

Kata kunci: *net zero healthy*; sekolah hemat energi; ventilasi alami; kenyamanan termal; panel surya; bangunan hijau

Abstract

This study aims to evaluate the implementation of the Net Zero Healthy (NZH) concept in school building in DKI Jakarta Province, as an effort to develop energy-efficient buildings that also promote physical health and thermal comfort for occupants. Employing a qualitative case study approach, data were collected through in-depth interviews, field observations, document analysis, and questionnaires from building users. The results indicate that solar panels effectively supplied 15% of the school's total energy needs, although constrained by regulations. Furthermore, all working spaces met the minimum standards for natural ventilation and daylighting based on ASHRAE and Indonesian national standards. Mechanical ventilation through fans also performed optimally, supplying fresh air significantly above the required minimum. These findings demonstrate that NZH principles can be effectively applied to public building projects by considering design, technology, and user behavior. This research contributes significantly to green building policy development and national emission reduction efforts.

Keywords: *net zero healthy*; energy-efficient school; natural ventilation; thermal comfort; solar panel; green building

Corresponding: Endah Kurniyaningrum
E-mail: kurniyaningrum@trisakti.ac.id



PENDAHULUAN

Peningkatan suhu rata-rata global sebesar $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ dalam 100 tahun terakhir menjadi bukti nyata bahwa kerusakan lingkungan dan pemanasan global sudah terjadi. Peningkatan suhu merupakan salah satu indikator perubahan iklim yang dapat langsung dirasakan oleh makhluk hidup, peningkatan suhu ini mengakibatkan gelombang panas yang akan mempengaruhi tingkat kenyamanan (Kurniyaningrum, et.al. 2024) sehingga dalam penggunaan material konstruksi perlu didesain untuk mengurangi emisi karbon total (Herlina, et al. 2025). Indonesia sebagai salah satu negara berkembang berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca melalui *Nationally Determined Contribution* (NDC), dengan target penurunan sebesar 29% untuk skenario tanpa syarat (*unconditional*) dan 41% dengan dukungan internasional (*conditional*) pada tahun 2030 (Utari & Nursin, 2021). Dalam konteks ini, sektor konstruksi memiliki peran signifikan, karena selain menyumbang limbah, proyek konstruksi yang kompleks sering kali meningkatkan konsumsi energi dan emisi karbon.

Konstruksi hijau atau green construction menjadi pendekatan penting untuk mengatasi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proyek konstruksi. Konsep ini mencakup perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi yang berupaya meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sekaligus menjaga stabilitas ekologis (Suripto et al., 2022). Namun, survei menggunakan Model *Assessment Green Construction* (MAGC) oleh Ervianto (2015) menunjukkan bahwa implementasi konsep ini di Indonesia masih jauh dari optimal, dengan capaian rata-rata di bawah 50% pada proyek-proyek konstruksi yang dikaji (Podungge et al., 2019). Faktor-faktor seperti perubahan desain, metode konstruksi yang tidak tepat, dan lemahnya pengendalian proyek menyebabkan peningkatan limbah dan konsumsi energi yang signifikan (Putra et al., 2018).

Pada sektor pendidikan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melalui Dinas Pendidikan mengambil langkah serius dengan melakukan rehabilitasi total gedung sekolah di sembilan lokasi. Proyek ini mencakup pembangunan ulang gedung dengan menghapus status aset eksisting untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan hemat energi. Konsep "*Net Zero Healthy*" (NZH) diterapkan dalam proyek ini sebagai upaya menciptakan keseimbangan antara konsumsi energi dengan produksi energi dari sumber terbarukan. Selain itu, konsep ini berfokus pada menciptakan lingkungan yang mendukung kesehatan fisik dan mental penghuni.

Namun, tantangan besar masih dihadapi dalam penerapan NZH pada proyek rehabilitasi sekolah. Minimnya kesadaran, sulitnya pemilihan bahan ramah lingkungan, dan biaya tinggi menjadi hambatan utama dalam implementasi konsep ini (Sudiarta et al., 2015). Selain itu, perilaku penghuni juga memainkan peran penting dalam menentukan keberhasilan NZH. Penelitian menunjukkan bahwa perilaku pengguna seperti pengoperasian perangkat elektronik dan penggunaan fasilitas bangunan dapat memengaruhi kesenjangan kinerja energi hingga 20% (Piselli & Pisello, 2019). Oleh karena itu, selain fokus pada desain fisik, diperlukan pendekatan berbasis manusia untuk mendidik pengguna tentang efisiensi energi dan keberlanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi konsep NZH pada proyek rehabilitasi total sekolah di DKI Jakarta untuk menciptakan lingkungan bangunan yang hemat energi, sehat, dan berkelanjutan, sekaligus mendukung komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi karbon.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di SDN Cempaka Putih Barat 15 Pagi yang berlokasi di Jakarta Pusat. Gedung ini merupakan salah satu bangunan yang diperuntukan untuk pendidikan dan dilakukan

rehabilitasi total dengan menerapkan prinsip *Net Zero Healthy* pada pekerjaan *Total Design and Build* Paket 2 di tahun 2023.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Pada penelitian ini dilakukan wawancara mendalam, observasi, pengumpulan dokumen dan kuesioner dalam mendapatkan data. Adapun analisis yang digunakan merupakan analisis kualitatif, statistik deskriptif dan hubungan sebab-akibat. Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini, meliputi:

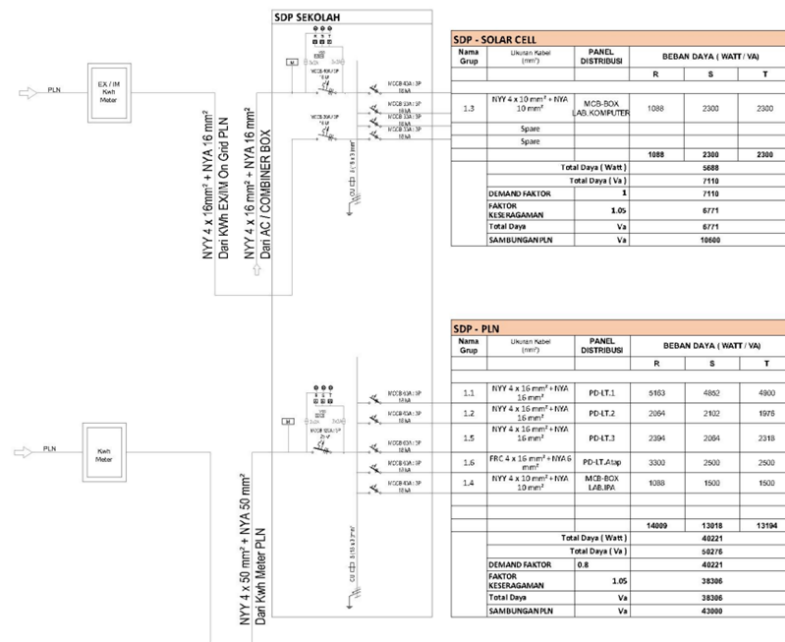
1. Analisis Kualitatif, meliputi evaluasi penerapan NZH berdasarkan data teknis dan hasil audit energy.
2. Statistik Deskriptif, meliputi menganalisis data kuisisioner sebagai gambaran persepsi penghuni tentang lingkungan pasca-rehabilitasi. Mengevaluasi hasil survei dengan data konsumsi energy untuk menentukan korelasi antara persepsi penghuni dan efektifitas rehabilitasi
3. Tiangulasi data, dengan eksplorasi Hubungan sebab-akibat antara implementasi *Net Zero Healthy* dan peningkatan efisiensi energi serta kesehatan penghuni bangunan. Ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi pada keberhasilan atau kegagalan implementasi.

PEMBAHASAN

1. Pemenuhan Prasyarat Energi

Implementasi prinsip *Net Zero Healthy* (NZH) pada proyek rehabilitasi SDN Cempaka Putih 15 Pagi menunjukkan capaian signifikan dalam aspek pemenuhan prasyarat energi. Melalui pemasangan sistem panel surya berkapasitas 300 Wp, bangunan ini mampu memenuhi sekitar 15% dari total kebutuhan energi listrik bangunan. Pemanfaatan energi surya ini berkontribusi terhadap pengurangan ketergantungan pada sumber energi fosil, sejalan dengan prinsip pengurangan emisi karbon.

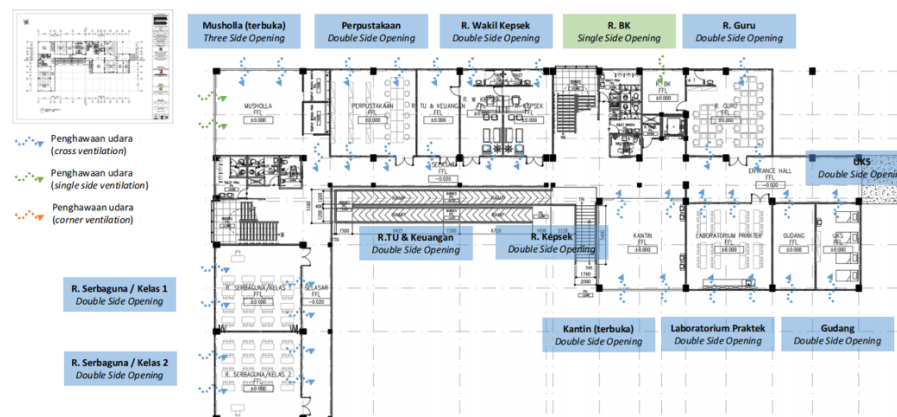
Analisis kebutuhan daya menunjukkan bahwa total konsumsi energi untuk penerangan di SDN Cempaka Putih 15 Pagi adalah sebesar 2,58 watt/m². Dengan pemanfaatan energi terbarukan, konsumsi daya listrik yang berasal dari jaringan PLN dapat ditekan menjadi 2,19 watt/m². Hal ini menunjukkan efisiensi yang diperoleh dari integrasi sistem energi terbarukan dalam desain bangunan. Namun, keterbatasan regulasi yang membatasi pemanfaatan energi surya hingga 15% dalam sistem on-grid menjadi tantangan yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan lebih lanjut. Dari total kebutuhan daya listrik yang diperlukan untuk SDN Cempaka Putih 15 pagi, kita dapat mengkombinasikan dengan daya yang dihasilkan oleh solar panel dengan skematik diagram system elektrik seperti berikut.⁹



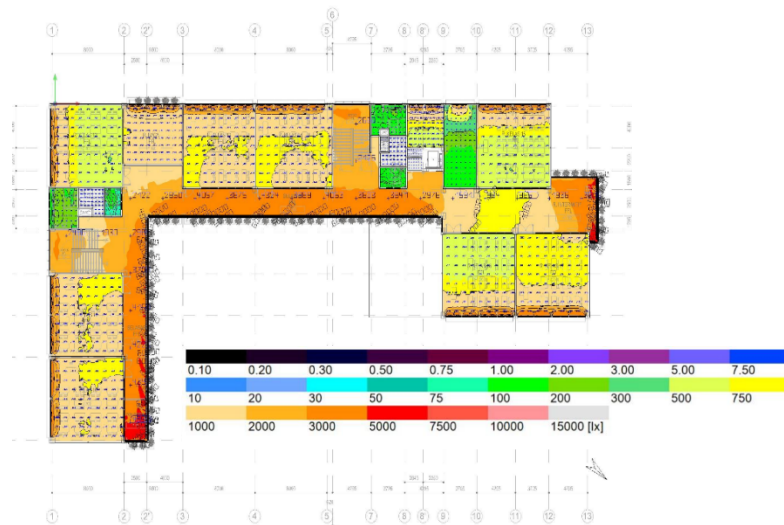
Gambar 2. Skematik diagram sistem elektrikal.

2. Pemenuhan Prasyarat Kesehatan dan Kenyamanan

Pemenuhan prasyarat kesehatan dan kenyamanan dalam bangunan diuji melalui tiga aspek utama: ventilasi alami, penghawaan alami, dan pencahayaan alami. Ventilasi alami dirancang untuk memenuhi standar minimum ASHRAE, yaitu 4% luas bukaan ventilasi terhadap luas ruangan. Pada pelaksanaannya, SDN Cempaka Putih 15 Pagi berhasil melebihi standar tersebut dengan persentase bukaan ventilasi mencapai lebih dari 20%, sehingga sirkulasi udara alami dapat terjaga dengan baik. Analisis penghawaan alami menunjukkan bahwa desain bangunan memenuhi standar kedalaman ventilasi alami sesuai dengan ASHRAE. Dimensi kedalaman ruang yang tercapai adalah 8 meter, jauh di bawah batas maksimum 14 meter yang diperbolehkan, memastikan distribusi udara yang optimal di seluruh ruang kelas. Simulasi pencahayaan alami menggunakan perangkat lunak Dialux menunjukkan bahwa lebih dari 90% area ruang kerja mendapatkan pencahayaan alami dengan intensitas minimal 200 lux, sesuai dengan ketentuan SNI 03-6197. Pencahayaan alami yang baik tidak hanya mengurangi kebutuhan pencahayaan buatan tetapi juga memberikan manfaat positif bagi kesehatan visual dan psikologis penghuni.



Gambar 3. Denah penghawaan alami

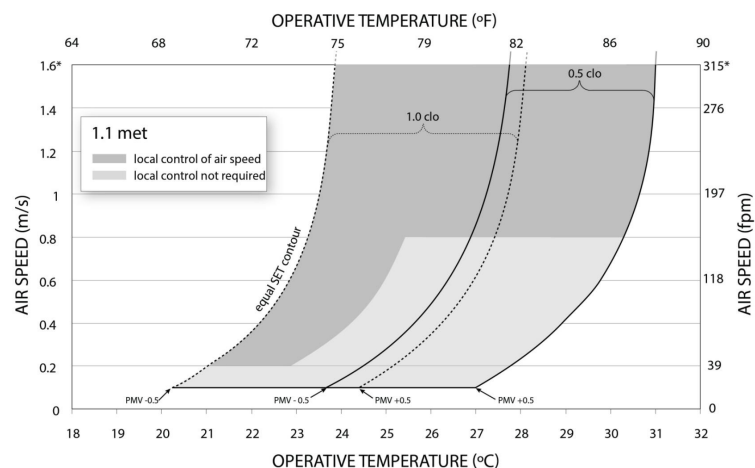


Gambar 4. Simulasi dialux dengan setting waktu jam 12.00 Lantai 3

3. Penghawaan Mekanis untuk Memenuhi Kenyamanan Termal

Penghawaan mekanis dipastikan melalui pemasangan fan dengan kapasitas yang melebihi kebutuhan ventilasi mekanis minimum yang dihitung berdasarkan standar ASHRAE 62.1. Perhitungan kebutuhan udara segar minimum (V_{bz}) untuk tiap ruang dibandingkan dengan kapasitas fan yang terpasang menunjukkan bahwa seluruh ruang di SDN Cempaka Putih 15 Pagi menerima suplai udara segar yang memadai.

Sebagai contoh, di ruang perpustakaan yang memiliki kebutuhan V_{bz} sebesar 639,48 cfm, telah dipasang fan dengan kapasitas 1.600 cfm, memberikan suplai udara yang 2,5 kali lebih besar dari kebutuhan minimum. Di ruang kepala sekolah, kebutuhan V_{bz} sebesar 34,09 cfm diakomodasi oleh fan dengan kapasitas 400 cfm, sehingga suplai udara yang diberikan lebih dari 11 kali lipat dari kebutuhan minimum. Kondisi ini menunjukkan bahwa penghawaan mekanis yang diterapkan tidak hanya memenuhi standar minimum tetapi juga menyediakan cadangan ventilasi yang memadai untuk menjaga kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruangan. Untuk memastikan kebutuhan udara setiap ruang kita memasang fan dengan suplai cfm 2 (dua) kali lipat dari kebutuhan, ini menunjukkan bahwa kenyamanan ruang dapat dijaga dengan adanya pemenuhan ventilasi mekanik



Gambar 5. Diagram pemenuhan kenyamanan termal dengan menggunakan fan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis implementasi prinsip Net Zero Healthy (NZH) pada proyek rehabilitasi SDN Cempaka Putih 15 Pagi di Jakarta, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan prinsip NZH telah berhasil diimplementasikan dalam proyek rehabilitasi SDN Cempaka Putih 15 Pagi. Dari sisi efisiensi energi, integrasi sistem panel surya berkapasitas 300 Wp memungkinkan pemenuhan kebutuhan energi sebesar 15% dari total konsumsi energi bangunan, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Selain itu, optimalisasi ventilasi alami, pencahayaan alami, serta penghawaan mekanis yang sesuai dengan standar ASHRAE telah meningkatkan efisiensi penggunaan energi di bangunan. Secara keseluruhan, penerapan konsep NZH berkontribusi dalam menciptakan bangunan sekolah yang hemat energi dan mendukung pencapaian target pengurangan emisi karbon.
2. Konsep NZH dapat dijadikan model percontohan yang layak bagi proyek rehabilitasi bangunan publik di Indonesia. Penerapan prinsip ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memperhatikan aspek kesehatan dan kenyamanan penghuni bangunan. Capaian pemenuhan ventilasi alami yang melebihi standar, distribusi pencahayaan alami yang optimal, serta penghawaan mekanis yang memadai memberikan lingkungan belajar yang sehat dan produktif bagi siswa dan tenaga pengajar. Namun, kendala seperti keterbatasan regulasi pemanfaatan energi terbarukan dan biaya implementasi yang relatif tinggi masih menjadi tantangan yang perlu diatasi melalui kebijakan dan strategi yang lebih komprehensif.

Dengan demikian, implementasi NZH pada proyek rehabilitasi sekolah ini dapat menjadi rujukan bagi pengembangan kebijakan pembangunan berkelanjutan di sektor pendidikan maupun sektor bangunan publik lainnya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Naqi A, Jang JG. Recent progress in green cement technology utilizing low-carbon emission fuels and raw materials: A review. *Sustain*. 2019;11(2). doi:10.3390/su11020537
2. Kumar Sharma N. Sustainable Building Material for Green Building Construction, Conservation and Refurbishing. *Int J Adv Sci Technol*. 2020;29(10S):5343-5350. <https://www.researchgate.net/publication/342946652>
3. Teknik F, Jakarta UN, Teknik F, Jakarta UN. Kajian Literatur : Kompetensi Quantity Surveyor Dalam Bidang Konstruksi Untuk Penerapan Green Construction Di Era Globalisasi Pendahuluan Proses perkembangan globalisasi (APBN). Terlihat dari adanya peningkatan APBN untuk anggaran infrastruktur yang seb. 2023;1.
4. Ding Z, Fan Z, Tam VWY, et al. Green building evaluation system implementation. *Build Environ*. 2018;133(October 2017):32-40. doi:10.1016/j.buildenv.2018.02.012
5. Saleh RM, Anuar MM, Al-Swidi AK, Omar K. The effect of awareness, knowledge and cost on intention to adopt green building practices. *Int J Environ Sustain Dev*. 2020;19(1):33-58. doi:10.1504/ijesd.2020.105468
6. Parhusip T. Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi. Penerapan Vis Nov Dari Cerita Rakyat Asal Usul Kota Pontianak. 2024;1(2):1-5.
7. Firmawan F, Kuncoro AHB, Budiningrum DS. Implementasi Green Construction Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Bendungan Jragung, Semarang. *J Tek Sipil*. 2023;19(2):293-307. doi:10.28932/jts.v19i2.6396

8. Berawi MA, Kim AA, Naomi F, et al. Designing a smart integrated workspace to improve building energy efficiency: an Indonesian case study. *Int J Constr Manag.* 2023;23(3):410-422. doi:10.1080/15623599.2021.1882747
9. Purwaamijaya IM, Masri RM, Hanandita TR, Sekar A. Bangunan Pendidikan Pada Tahap Konstruksi (Studi Kasus : Gedung Fpeb , Gedung Fpsd , Dan Gedung Pascasarjana Upi Bandung). 7:82-90. doi:10.24853/jpmt.6.2.82-90
10. Cole LB, Lindsay G, Akturk A. Green building education in the green museum: design strategies in eight case study museums. *Int J Sci Educ Part B Commun Public Engagem.* 2020;10(2):149-165. doi:10.1080/21548455.2020.1723182
11. Zhu J, Cao Y, Zhai J, Zhao X, Zhao Y, Kang S. Analysis on synergies and trade-offs in green building development: from the perspective of SDG 11. *Chinese J Popul Resour Environ.* 2019;17(4):341-351. doi:10.1080/10042857.2019.1680521
12. Pioppi B, Piselli C, Crisanti C, Pisello AL. Human-centric green building design: the energy saving potential of occupants' behaviour enhancement in the office environment. *J Build Perform Simul.* 2020;13(6):621-644. doi:10.1080/19401493.2020.1810321
13. Kong F, He L. Impacts of supply-sided and demand-sided policies on innovation in green building technologies: A case study of China. *J Clean Prod.* 2021;294:126279. doi:10.1016/j.jclepro.2021.126279
14. Feng N. The Influence Mechanism of BIM on Green Building Engineering Project Management under the Background of Big Data. *Appl Bionics Biomech.* 2022;2022. doi:10.1155/2022/8227930
15. Owusu-Manu DG, Babon-Ayeng P, Kissi E, Edwards DJ, Okyere-Antwi D, Elgohary H. Green construction and environmental performance: an assessment framework. *Smart Sustain Built Environ.* 2023;12(3):565-583. doi:10.1108/SASBE-07-2021-0120
16. Ampratwum G, Agyekum K, Adinyira E, Duah D. A framework for the implementation of green certification of buildings in Ghana. *Int J Constr Manag.* 2021;21(12):1263-1277. doi:10.1080/15623599.2019.1613207
17. Brooks M, Abdellatif M, Alkhaddar R. Application of life cycle carbon assessment for a sustainable building design: a case study in the UK. *Int J Green Energy.* 2021;18(4):351-362. doi:10.1080/15435075.2020.1865360
18. Roshaunda D, Diana L, Caroline LP, Khalisha S, Nugraha RS. Penilaian Kriteria Green Building Pada Bangunan Gedung Universitas Pembangunan Jaya Berdasarkan Indikasi Green Building Council Indonesia. *Widyakala J.* 2019;6:29. doi:10.36262/widyakala.v6i0.181
19. Pratama AY, Trisno R. Sistem Nett Zero Energy Building Pada Rusunawa. *J Sains, Teknol Urban, Perancangan, Arsit.* 2022;3(2):1437. doi:10.24912/stupa.v3i2.12456
20. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality. 2022
21. Winardo K, Wimala M. Kajian Kebutuhan Ventilasi Alami Ruangan pada Bangunan Gedung. Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. 2023
22. Ameliani F. Perancangan Pusat Kebudayaan Kota Cilegon Dengan Pendekatan Net Zero Energy. Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2024

23. Haviz M, Taufik Toha M, Sipahutar R, Alfernando O. Evaluasi Termal Vertical Greemery System Tipe Green Façade pada Dinding Bangunan. Universitas Sriwijaya.2021
24. Debby Prasustiawan E, Hamka, Winardi Sri. Perbandingan Kriteria Penilaian Bangunan Gedung Hijau Antara Greenship GBCI dan Permen PUPR No.21 Tahun 2021 dan korelasi dengan Arsitektur Hijau. Institut Teknologi Nasional Malang. 2023
25. Kiki Baringin D, Samosir. Sustainability; Green & Healthy Building Mendukung Indonesia Menuju Net Zero Emission.Pustaka Kreasi Mandiri. 2022
26. Kusumowardani D, Integrasi Urban Farming Dalam Karya Bangunan Arsitektur. Institute Teknologi Budi Utomo Jakarta. 2023
27. Yusita PRatama A. Trisno R. Sistem Nett Zero energy Building pada Rusunawa. Universitas Taruma Negara. 2021
28. Andika Fajar A. Tokimatsu K. Building Performance Simulation of Near Zero Energy Building Design in Indonesia. Tokyo Institute of Technology.2024. <https://ojs.wiserpub.com/index.php/SCB/>
29. Ricky Alamsyah S M, Tamiami Fachrudin T, Nurfalini Aulia D. Analysus the Application of Green Building Principles in Citraland Gama City Housing Based on the Greenship Homes Rating System Version 1.0. Universitas Sumatera Utara, 2023. <https://doi.org/10.37500/IJESSR.2023.6322>
30. Ulfa Tresnawati F. Implementasi KONstruksi Hijau Dalam Proyek Bangunan Gedung Menggunakan Model Assesment Green Construction (Studi Kasus Proyek Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Caspian Surabaya). Universitas Jember. 2018
31. Kurniyaningrum, E., Rinanti, A., Herlina, L., Putra, D.T., and Sattar, H. (2024). The Relationship Between Land Surface Temperature and Water Availability: A Preliminary study. Understanding Global Digital Era Technologies and Transformations in Social, Environment, Peace & Business Development Perspectives in Society: Chapter Book. Pp. 40-53.
32. Herlina, L., Kurniyaningrum, E., Rizkina, S.Z., Kuswanda, G. F., dan Faisal, U. F. (2025). Analisis Penggunaan Limbah Kalsit sebagai Pengganti Semen terhadap Sifat Mekanik pada Beton. Journal of Infrastructure and Civil Engineering, Vol. 5 (1), pp. 46-55.

Febri.pdf

by Turnitin Sipil 1

Submission date: 04-Aug-2025 01:22PM (UTC+0700)

Submission ID: 2548488995

File name: Febri.pdf (3.07M)

Word count: 3017

Character count: 18722



IMPLEMENTASI KONSEP *NET ZERO HEALTHY* PADA BANGUNAN SEKOLAH

Febri Antoni, Lili Kusumawati, Endah Kurniyaningrum*, Darmawan Pontan, Tulus Widiarso

Universitas Trisakti, Indonesia

Email: febriwarganegara@gmail.com, kusumalilymach@gmail.com, kurniyaningrum@trisakti.ac.id*,
darmawan@trisakti.ac.id, tulus@trisakti.ac.id

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan konsep *Net Zero Healthy* (NZH) pada bangunan sekolah di Provinsi DKI Jakarta, sebagai upaya menciptakan bangunan hemat energi yang juga mendukung kesehatan fisik dan kenyamanan termal penghuni. Dengan menggunakan pendekatan studi kasus kualitatif, data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, studi dokumen, dan kuesioner kepada para pengguna bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan panel surya mampu memenuhi 15% kebutuhan energi sekolah secara efektif, meskipun masih dibatasi oleh regulasi. Selain itu, semua ruang kerja telah memenuhi standar ventilasi alami dan pencahayaan alami berdasarkan pedoman ASHRAE dan SNI. Ventilasi mekanik melalui fan juga menunjukkan performa optimal dengan suplai udara segar yang melebihi standar minimum. Temuan ini mengindikasikan bahwa prinsip NZH dapat diterapkan secara efektif pada proyek bangunan publik, dengan memperhatikan aspek desain, teknologi, serta perilaku pengguna. Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan kebijakan bangunan hijau dan upaya pencapaian target emisi nasional.

Kata kunci: *net zero healthy*; sekolah hemat energi; ventilasi alami; kenyamanan termal; panel surya; bangunan hijau

Abstract

This study aims to evaluate the implementation of the Net Zero Healthy (NZH) concept in school building in DKI Jakarta Province, as an effort to develop energy-efficient buildings that also promote physical health and thermal comfort for occupants. Employing a qualitative case study approach, data were collected through in-depth interviews, field observations, document analysis, and questionnaires from building users. The results indicate that solar panels effectively supplied 15% of the school's total energy needs, although constrained by regulations. Furthermore, all working spaces met the minimum standards for natural ventilation and daylighting based on ASHRAE and Indonesian national standards. Mechanical ventilation through fans also performed optimally, supplying fresh air significantly above the required minimum. These findings demonstrate that NZH principles can be effectively applied to public building projects by considering design, technology, and user behavior. This research contributes significantly to green building policy development and national emission reduction efforts.

Keywords: *net zero healthy*; energy-efficient school; natural ventilation; thermal comfort; solar panel; green building

Corresponding: Endah Kurniyaningrum

E-mail: kurniyaningrum@trisakti.ac.id



PENDAHULUAN

Peningkatan suhu rata-rata global sebesar $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ dalam 100 tahun terakhir menjadi bukti nyata bahwa kerusakan lingkungan dan pemanasan global sudah terjadi. Peningkatan suhu merupakan salah satu indikator perubahan iklim yang dapat langsung dirasakan oleh makhluk hidup, peningkatan suhu ini mengakibatkan gelombang panas yang akan mempengaruhi tingkat kenyamanan (Kurniyaningrum, et.al. 2024) sehingga dalam penggunaan material konstruksi perlu didesain untuk mengurangi emisi karbon total (Herlina, et al. 2025). Indonesia sebagai salah satu negara berkembang berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca melalui *Nationally Determined Contribution* (NDC), dengan target penurunan sebesar 29% untuk skenario tanpa syarat (*unconditional*) dan 41% dengan dukungan internasional (*conditional*) pada tahun 2030 (Utari & Nursin, 2021). Dalam konteks ini, sektor konstruksi memiliki peran signifikan, karena selain menyumbang limbah, proyek konstruksi yang kompleks sering kali meningkatkan konsumsi energi dan emisi karbon.

Konstruksi hijau atau *green construction* menjadi pendekatan penting untuk mengatasi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proyek konstruksi. Konsep ini mencakup perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi yang berupaya meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sekaligus menjaga stabilitas ekologis (Suripto et al., 2022). Namun, survei menggunakan Model *Assessment Green Construction* (MAGC) oleh Ervianto (2015) menunjukkan bahwa implementasi konsep ini di Indonesia masih jauh dari optimal, dengan capaian rata-rata di bawah 50% pada proyek-proyek konstruksi yang dikaji (Podungge et al., 2019). Faktor-faktor seperti perubahan desain, metode konstruksi yang tidak tepat, dan lemahnya pengendalian proyek menyebabkan peningkatan limbah dan konsumsi energi yang signifikan (Putra et al., 2018).

Pada sektor pendidikan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melalui Dinas Pendidikan mengambil langkah serius dengan melakukan rehabilitasi total gedung sekolah di sembilan lokasi. Proyek ini mencakup pembangunan ulang gedung dengan menghapus status aset eksisting untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan hemat energi. Konsep "*Net Zero Healthy*" (NZH) diterapkan dalam proyek ini sebagai upaya menciptakan keseimbangan antara konsumsi energi dengan produksi energi dari sumber terbarukan. Selain itu, konsep ini berfokus pada menciptakan lingkungan yang mendukung kesehatan fisik dan mental penghuni.

Namun, tantangan besar masih dihadapi dalam penerapan NZH pada proyek rehabilitasi sekolah. Minimnya kesadaran, sulitnya pemilihan bahan ramah lingkungan, dan biaya tinggi menjadi hambatan utama dalam implementasi konsep ini (Sudiartha et al., 2015). Selain itu, perilaku penghuni juga memainkan peran penting dalam menentukan keberhasilan NZH. Penelitian menunjukkan bahwa perilaku pengguna seperti pengoperasian perangkat elektronik dan penggunaan fasilitas bangunan dapat memengaruhi kesenjangan kinerja energi hingga 20% (Piselli & Pisello, 2019). Oleh karena itu, selain fokus pada desain fisik, diperlukan pendekatan berbasis manusia untuk mendidik pengguna tentang efisiensi energi dan keberlanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi konsep NZH pada proyek rehabilitasi total sekolah di DKI Jakarta untuk menciptakan lingkungan bangunan yang hemat energi, sehat, dan berkelanjutan, sekaligus mendukung komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi karbon.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di SDN Cempaka Putih Barat 15 Pagi yang berlokasi di Jakarta Pusat. Gedung ini merupakan salah satu bangunan yang diperuntukan untuk pendidikan dan dilakukan

rehabilitasi total dengan menerapkan prinsip *Net Zero Healthy* pada pekerjaan *Total Design and Build* Paket 2 di tahun 2023.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Pada penelitian ini dilakukan wawancara mendalam, observasi, pengumpulan dokumen dan kuesioner dalam mendapatkan data. Adapun analisis yang digunakan merupakan analisis kualitatif, statistik deskriptif dan hubungan sebab-akibat. Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini, meliputi:

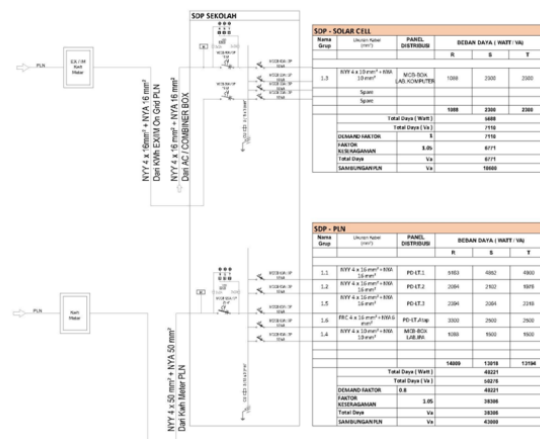
1. Analisis Kualitatif, meliputi evaluasi penerapan NZH berdasarkan data teknis dan hasil audit energy.
2. Statistik Deskriptif, meliputi menganalisis data kuisisioner sebagai gambaran persepsi penghuni tentang lingkungan pasca-rehabilitasi. Mengevaluasi hasil survei dengan data konsumsi energy untuk menentukan korelasi antara persepsi penghuni dan efektifitas rehabilitasi
3. Tiangulasi data, dengan eksplorasi Hubungan sebab-akibat antara implementasi *Net Zero Healthy* dan peningkatan efisiensi energi serta kesehatan penghuni bangunan. Ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi pada keberhasilan atau kegagalan implementasi.

PEMBAHASAN

1. Pemenuhan Prasyarat Energi

Implementasi prinsip *Net Zero Healthy* (NZH) pada proyek rehabilitasi SDN Cempaka Putih 15 Pagi menunjukkan capaian signifikan dalam aspek pemenuhan prasyarat energi. Melalui pemasangan sistem panel surya berkapasitas 300 Wp, bangunan ini mampu memenuhi sekitar 15% dari total kebutuhan energi listrik bangunan. Pemanfaatan energi surya ini berkontribusi terhadap pengurangan ketergantungan pada sumber energi fosil, sejalan dengan prinsip pengurangan emisi karbon.

Analisis kebutuhan daya menunjukkan bahwa total konsumsi energi untuk penerangan di SDN Cempaka Putih 15 Pagi adalah sebesar 2,58 watt/m². Dengan pemanfaatan energi terbarukan, konsumsi daya listrik yang berasal dari jaringan PLN dapat ditekan menjadi 2,19 watt/m². Hal ini menunjukkan efisiensi yang diperoleh dari integrasi sistem energi terbarukan dalam desain bangunan. Namun, keterbatasan regulasi yang membatasi pemanfaatan energi surya hingga 15% dalam sistem on-grid menjadi tantangan yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan lebih lanjut. Dari total kebutuhan daya listrik yang diperlukan untuk SDN Cempaka Putih 15 pagi, kita dapat mengkombinasikan dengan daya yang dihasilkan oleh solar panel dengan skematik diagram system elektrikal seperti berikut.⁹

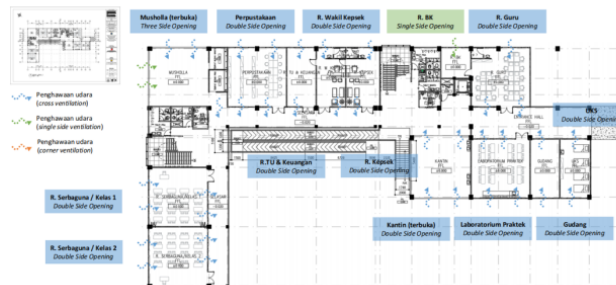


Gambar 2. Skematik diagram sistem elektrik.

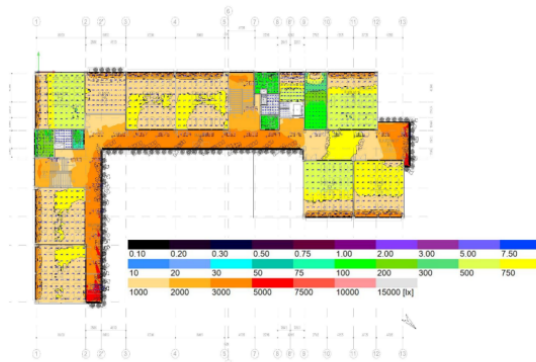
2. Pemenuhan Prasyarat Kesehatan dan Kenyamanan

Pemenuhan prasyarat kesehatan dan kenyamanan dalam bangunan diuji melalui tiga aspek utama: ventilasi alami, penghawaan alami, dan pencahayaan alami. Ventilasi alami dirancang untuk memenuhi standar minimum ASHRAE, yaitu 4% luas bukaan ventilasi terhadap luas ruangan. Pada pelaksanaannya, SDN Cempaka Putih 15 Pagi berhasil melebihi standar tersebut dengan persentase bukaan ventilasi mencapai lebih dari 20%, sehingga sirkulasi udara alami dapat terjaga dengan baik. Analisis penghawaan alami menunjukkan bahwa desain bangunan memenuhi standar kedalaman ventilasi alami sesuai dengan ASHRAE. Dimensi kedalaman ruang yang tercapai adalah 8 meter, jauh di bawah batas maksimum 14 meter yang diperbolehkan, memastikan distribusi udara yang optimal di seluruh ruang kelas.

Simulasi pencahayaan alami menggunakan perangkat lunak Dialux menunjukkan bahwa lebih dari 90% area ruang kerja mendapatkan pencahayaan alami dengan intensitas minimal 200 lux, sesuai dengan ketentuan SNI 03-6197. Pencahayaan alami yang baik tidak hanya mengurangi kebutuhan pencahayaan buatan tetapi juga memberikan manfaat positif bagi kesehatan visual dan psikologis penghuni.



Gambar 3. Denah penghawaan alami

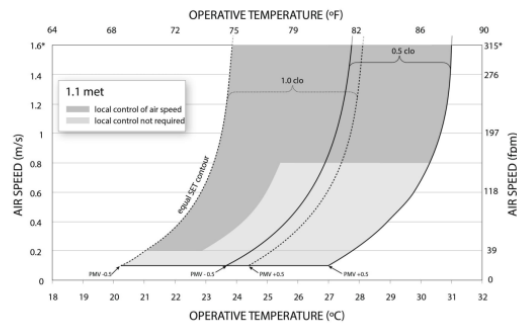


Gambar 4. Simulasi dialux dengan settingan waktu jam 12.00 Lantai 3

3. Penghawaan Mekanis untuk Memenuhi Kenyamanan Termal

Penghawaan mekanis dipastikan melalui pemasangan fan dengan kapasitas yang melebihi kebutuhan ventilasi mekanis minimum yang dihitung berdasarkan standar ASHRAE 62.1. Perhitungan kebutuhan udara segar minimum (V_{bz}) untuk tiap ruang dibandingkan dengan kapasitas fan yang terpasang menunjukkan bahwa seluruh ruang di SDN Cempaka Putih 15 Pagi menerima suplai udara segar yang memadai.

Sebagai contoh, di ruang perpustakaan yang memiliki kebutuhan V_{bz} sebesar 639,48 cfm, telah dipasang fan dengan kapasitas 1.600 cfm, memberikan suplai udara yang 2,5 kali lebih besar dari kebutuhan minimum. Di ruang kepala sekolah, kebutuhan V_{bz} sebesar 34,09 cfm diakomodasi oleh fan dengan kapasitas 400 cfm, sehingga suplai udara yang diberikan lebih dari 11 kali lipat dari kebutuhan minimum. Kondisi ini menunjukkan bahwa penghawaan mekanis yang diterapkan tidak hanya memenuhi standar minimum tetapi juga menyediakan cadangan ventilasi yang memadai untuk menjaga kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruangan. Untuk memastikan kebutuhan udara setiap ruang kita memasang fan dengan suplai cfm 2 (dua) kali lipat dari kebutuhan, ini menunjukkan bahwa kenyamanan ruang dapat dijaga dengan adanya pemenuhan ventilasi mekanik



Gambar 5. Diagram pemenuhan kenyamanan termal dengan menggunakan fan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis implementasi prinsip Net Zero Healthy (NZH) pada proyek rehabilitasi SDN Cempaka Putih 15 Pagi di Jakarta, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan prinsip NZH telah berhasil diimplementasikan dalam proyek rehabilitasi SDN Cempaka Putih 15 Pagi. Dari sisi efisiensi energi, integrasi sistem panel surya berkapasitas 300 Wp memungkinkan pemenuhan kebutuhan energi sebesar 15% dari total konsumsi energi bangunan, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Selain itu, optimalisasi ventilasi alami, pencahayaan alami, serta penghawaan mekanis yang sesuai dengan standar ASHRAE telah meningkatkan efisiensi penggunaan energi di bangunan. Secara keseluruhan, penerapan konsep NZH berkontribusi dalam menciptakan bangunan sekolah yang hemat energi dan mendukung pencapaian target pengurangan emisi karbon.
2. Konsep NZH dapat dijadikan model percontohan yang layak bagi proyek rehabilitasi bangunan publik di Indonesia. Penerapan prinsip ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memperhatikan aspek kesehatan dan kenyamanan penghuni bangunan. Capaian pemenuhan ventilasi alami yang melebihi standar, distribusi pencahayaan alami yang optimal, serta penghawaan mekanis yang memadai memberikan lingkungan belajar yang sehat dan produktif bagi siswa dan tenaga pengajar. Namun, kendala seperti keterbatasan regulasi pemanfaatan energi terbarukan dan biaya implementasi yang relatif tinggi masih menjadi tantangan yang perlu diatasi melalui kebijakan dan strategi yang lebih komprehensif.

Dengan demikian, implementasi NZH pada proyek rehabilitasi sekolah ini dapat menjadi rujukan bagi pengembangan kebijakan pembangunan berkelanjutan di sektor pendidikan maupun sektor bangunan publik lainnya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Naqi A, Jang JG. Recent progress in green cement technology utilizing low-carbon emission fuels and raw materials: A review. *Sustain*. 2019;11(2). doi:10.3390/su11020537
2. Kumar Sharma N. Sustainable Building Material for Green Building Construction, Conservation and Refurbishing. *Int J Adv Sci Technol*. 2020;29(10S):5343-5350. <https://www.researchgate.net/publication/342946652>
3. Teknik F, Jakarta UN, Teknik F, Jakarta UN. Kajian Literatur : Kompetensi Quantity Surveyor Dalam Bidang Konstruksi Untuk Penerapan Green Construction Di Era Globalisasi Pendahuluan Proses perkembangan globalisasi (APBN). Terlihat dari adanya peningkatan APBN untuk anggaran infrastruktur yang seb. 2023;1.
4. Ding Z, Fan Z, Tam VWY, et al. Green building evaluation system implementation. *Build Environ*. 2018;133(October 2017):32-40. doi:10.1016/j.buildenv.2018.02.012
5. Saleh RM, Anuar MM, Al-Swidi AK, Omar K. The effect of awareness, knowledge and cost on intention to adopt green building practices. *Int J Environ Sustain Dev*. 2020;19(1):33-58. doi:10.1504/ijesd.2020.105468
6. Parhusip T. Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi. Penerapan Vis Nov Dari Cerita Rakyat Asal Usul Kota Pontianak. 2024;1(2):1-5.
7. Firmawan F, Kuncoro AHB, Budiningrum DS. Implementasi Green Construction Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Bendungan Jragung, Semarang. *J Tek Sipil*. 2023;19(2):293-307. doi:10.28932/jts.v19i2.6396

8. Berawi MA, Kim AA, Naomi F, et al. Designing a smart integrated workspace to improve building energy efficiency: an Indonesian case study. *Int J Constr Manag.* 2023;23(3):410-422. doi:10.1080/15623599.2021.1882747
9. Purwaamijaya IM, Masri RM, Hanandita TR, Sekar A. Bangunan Pendidikan Pada Tahap Konstruksi (Studi Kasus : Gedung Fpeb , Gedung Fpsd , Dan Gedung Pascasarjana Upi Bandung). 7:82-90. doi:10.24853/jpmt.6.2.82-90
10. Cole LB, Lindsay G, Akturk A. Green building education in the green museum: design strategies in eight case study museums. *Int J Sci Educ Part B Commun Public Engagem.* 2020;10(2):149-165. doi:10.1080/21548455.2020.1723182
11. Zhu J, Cao Y, Zhai J, Zhao X, Zhao Y, Kang S. Analysis on synergies and trade-offs in green building development: from the perspective of SDG 11. *Chinese J Popul Resour Environ.* 2019;17(4):341-351. doi:10.1080/10042857.2019.1680521
12. Pioppi B, Piselli C, Crisanti C, Pisello AL. Human-centric green building design: the energy saving potential of occupants' behaviour enhancement in the office environment. *J Build Perform Simul.* 2020;13(6):621-644. doi:10.1080/19401493.2020.1810321
13. Kong F, He L. Impacts of supply-sided and demand-sided policies on innovation in green building technologies: A case study of China. *J Clean Prod.* 2021;294:126279. doi:10.1016/j.jclepro.2021.126279
14. Feng N. The Influence Mechanism of BIM on Green Building Engineering Project Management under the Background of Big Data. *Appl Bionics Biomech.* 2022;2022. doi:10.1155/2022/8227930
15. Owusu-Manu DG, Babon-Ayeng P, Kissi E, Edwards DJ, Okyere-Antwi D, Elgohary H. Green construction and environmental performance: an assessment framework. *Smart Sustain Built Environ.* 2023;12(3):565-583. doi:10.1108/SASBE-07-2021-0120
16. Ampratwum G, Agyekum K, Adinyira E, Duah D. A framework for the implementation of green certification of buildings in Ghana. *Int J Constr Manag.* 2021;21(12):1263-1277. doi:10.1080/15623599.2019.1613207
17. Brooks M, Abdellatif M, Alkhaddar R. Application of life cycle carbon assessment for a sustainable building design: a case study in the UK. *Int J Green Energy.* 2021;18(4):351-362. doi:10.1080/15435075.2020.1865360
18. Roshaunda D, Diana L, Caroline LP, Khalisha S, Nugraha RS. Penilaian Kriteria Green Building Pada Bangunan Gedung Universitas Pembangunan Jaya Berdasarkan Indikasi Green Building Council Indonesia. *Widyakala J.* 2019;6:29. doi:10.36262/widyakala.v6i0.181
19. Pratama AY, Trisno R. Sistem Net Zero Energy Building Pada Rusunawa. *J Sains, Teknol Urban, Perancangan, Arsit.* 2022;3(2):1437. doi:10.24912/stupa.v3i2.12456
20. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality. 2022
21. Winardo K, Wimala M. Kajian Kebutuhan Ventilasi Alami Ruangan pada Bangunan Gedung. Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. 2023
22. Ameliani F. Perancangan Pusat Kebudayaan Kota Cilegon Dengan Pendekatan Net Zero Energy. Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2024

23. Haviz M, Taufik Toha M, Sipahutar R, Alfernando O. Evaluasi Termal Vertical Greemery System Tipe Green Façade pada Dinding Bangunan. Universitas Sriwijaya.2021
24. Debby Prasustiawan E, Hamka, Winardi Sri. Perbandingan Kriteria Penilaian Bangunan Gedung Hijau Antara Greenship GBCI dan Permen PUPR No.21 Tahun 2021 dan korelasi dengan Arsitektur Hijau. Institut Teknologi Nasional Malang. 2023
25. Kiki Baringin D, Samosir. Sustainability; Green & Healthy Building Mendukung Indonesia Menuju Net Zero Emission.Pustaka Kreasi Mandiri. 2022
26. Kusumowardani D, Integrasi Urban Farming Dalam Karya Bangunan Arsitektur. Institute Teknologi Budi Utomo Jakarta. 2023
27. Yusita PRatama A. Trisno R. Sistem Nett Zero energy Building pada Rusunawa. Universitas Taruma Negara. 2021
28. Andika Fajar A. Tokimatsu K. Building Performance Simulation of Near Zero Energy Building Design in Indonesia. Tokyo Institute of Technology.2024. <https://ojs.wiserpub.com/index.php/SCB/>
29. Ricky Alamsyah S M, Tamiami Fachrudin T, Nurfalini Aulia D. Analysus the Application of Green Building Principles in Citraland Gama City Housing Based on the Greenship Homes Rating System Version 1.0. Universitas Sumatera Utara, 2023. <https://doi.org/10.37500/IJESSR.2023.6322>
30. Ulfa Tresnawati F. Implementasi KONstruksi Hijau Dalam Proyek Bangunan Gedung Menggunakan Model Assesment Green Construction (Studi Kasus Proyek Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Caspian Surabaya). Universitas Jember. 2018
31. Kurniyaningrum, E., Rinanti, A., Herlina, L., Putra, D.T., and Sattar, H. (2024). The Relationship Between Land Surface Temperature and Water Availability: A Preliminary study. Understanding Global Digital Era Technologies and Transformations in Social, Environment, Peace & Business Development Perspectives in Society: Chapter Book. Pp. 40-53.
32. Herlina, L., Kurniyaningrum, E., Rizkina, S.Z., Kuswanda, G. F., dan Faisal, U. F. (2025). Analisis Penggunaan Limbah Kalsit sebagai Pengganti Semen terhadap Sifat Mekanik pada Beton. Journal of Infrastructure and Civil Engineering, Vol. 5 (1), pp. 46-55.

Febri.pdf

ORIGINALITY REPORT

15%	14%	0%	5%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	locus.rivierapublishing.id Internet Source	9%
2	Submitted to Syntax Corporation Student Paper	3%
3	journal.maranatha.edu Internet Source	2%
4	www.kompasiana.com Internet Source	1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 17 words

Exclude bibliography On