

ZERO ENERGY BUILDING (ZEB) LITERATUR REVIU BERBASIS PERKEMBANGAN IMPLEMENTASINYA

***Abdul Mattin¹⁾**

Program Studi Arsitektur Universitas Balikpapan

^{*)}Email: abdul_mattin@uniba-bpn.ac.id

ABSTRAK

EISA 2007 mengesahkan Inisiatif Bangunan Komersial Energi Nol Bersih untuk mendukung tujuan energi nol bersih untuk semua bangunan komersial baru pada tahun 2030. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap perkembangan konsep *zero energi building* dalam artikel publikasi akademik yang terlebih dahulu terbit, untuk mengetahui sumbangsih peneliti dalam menurunkan emisi CO₂ secara global pada bangunan-bangunan didunia. Penelitian ini menemukan pada publikasi terdahulu bahwa *Konsep Zero Energy Building (ZEB)* adanya penggunaan rasio energi bersih (NER) sebagai faktor untuk membantu desain bangunan dengan perspektif siklus hidup, opsi parameter selubung bangunan, unit pemulihan panas, dan sistem pemanas/pendingin serta berbagai ukuran tata surya termal dan *fotovoltaik* adanya pengembangan alat pendukung keputusan untuk memungkinkan desainer menilai kenyamanan termal dan kinerja energi dari alternatif desain awal dengan cepat dan fleksibel. Perkembangan teknologi lainnya di masing-masing bahan baku penting yang dapat mendukung integrasi NZEB/PEB. perbedaan antara energi dan energi primer, dan antara sumber energi dan pembawa energi. Penggunaan faktor metrik dan faktor konversi energi primer dihasilkan dari sumber energi terbarukan di lokasi, terdekat atau jauh.

Kata kunci: energi pada bangunan, energi nol, bangunan pintar, konsumsi energi

ZERO ENERGY BUILDING (ZEB) LITERATURE REVIEW BASED ON ITS IMPLEMENTATION DEVELOPMENT

ABSTRACT

EISA 2007 endorsed the Net Zero Energy Commercial Building Initiative to support the goal of net zero energy for all new commercial buildings by 2030. This study aims to uncover the development of the zero energy building concept in previously published academic publication articles, to determine the contribution of researchers in reducing global CO₂ emissions in buildings in the world. This study found in previous publications that the Zero Energy Building (ZEB) Concept uses the net energy ratio (NER) as a factor to help design buildings with a life cycle perspective, options for building envelope parameters, heat recovery units, and heating/cooling systems and various sizes of thermal and photovoltaic solar systems, the development of decision support tools to enable designers to quickly and flexibly assess the thermal comfort and energy performance of initial design alternatives. Other technological developments in each of the important raw materials that can support the integration of NZEB/PEB. the difference between energy and primary energy, and between energy sources and energy carriers. The use of metric factors and primary energy conversion factors is generated from renewable energy sources on site, nearby or distant.

Keywords: energy in buildings, zero energy, smart buildings, energy consumption

1. PENDAHULUAN

Tujuan untuk implementasi ZEB dibahas dan diusulkan di tingkat internasional misalnya di AS dalam Undang-undang Kemandirian dan Keamanan Energi tahun 2007 dan, di tingkat Eropa dalam penyusunan ulang *Directive on Energy Performance of Buildings* (EPBD) yang diadopsi pada Mei 2010. EISA 2007 mengesahkan Inisiatif Bangunan Komersial Energi Nol Bersih untuk mendukung tujuan energi nol bersih untuk semua bangunan komersial baru pada tahun 2030.

(Hernandez & Kenny, 2010) Konsep *Zero Energy Building* (ZEB) tidak lagi dianggap sebagai konsep masa depan yang jauh, tetapi sebagai solusi realistis untuk mitigasi CO2 emisi dan/atau pengurangan penggunaan energi di sektor bangunan.

(D'Agostino & Mazzarella, 2019; Li et al., 2013) Terlepas dari tujuan internasional yang jelas dan perhatian internasional yang diberikan kepada ZEB, dua tantangan utama perlu dipenuhi sebelum integrasi penuh konsep ZEB ke dalam kode bangunan nasional dan/atau standar internasional. Ini termasuk, khususnya, adaptasi definisi umum dan tidak ambigu dan pengembangan metodologi pendukung untuk menghitung keseimbangan energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap perkembangan konsep *zero energy building* dalam artikel publikasi akademik yang terlebih dahulu terbit, untuk mengetahui sumbangsih peneliti dalam menurunkan emisi CO2 secara global pada bangunan-bangunan di dunia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

(Marszal et al., 2011) Konsep *Zero Energy Building* (ZEB) telah mendapatkan perhatian internasional yang luas selama beberapa tahun terakhir dan sekarang dipandang sebagai target masa depan untuk desain bangunan. Namun, sebelum sepenuhnya diterapkan dalam kode bangunan nasional dan standar internasional, konsep ZEB membutuhkan definisi yang jelas dan konsisten serta metodologi perhitungan energi yang disepakati bersama.

(Kolokotsa et al., 2011) masalah terpenting yang harus diberi perhatian khusus sebelum mengembangkan definisi ZEB baru adalah: (1) metrik timbangan, (2) periode penyeimbangan, (3) jenis penggunaan energi yang termasuk dalam timbangan, (4) jenis neraca energi, (5) opsi pasokan energi terbarukan yang diterima, (6) koneksi ke infrastruktur energi dan (7) persyaratan untuk efisiensi energi, iklim dalam ruangan. Dalam kasus ZEB terhubung dengan ikat pinggang untuk interaksi bangunan-jaringan. Makalah ini berfokus pada tinjauan sebagian besar definisi ZEB yang ada dan berbagai pendekatan menuju kemungkinan metodologi perhitungan ZEB. Ini menyajikan dan membahas kemungkinan jawaban atas masalah yang disebutkan di atas untuk memfasilitasi pengembangan definisi ZEB yang konsisten dan metodologi perhitungan energi yang kuat.

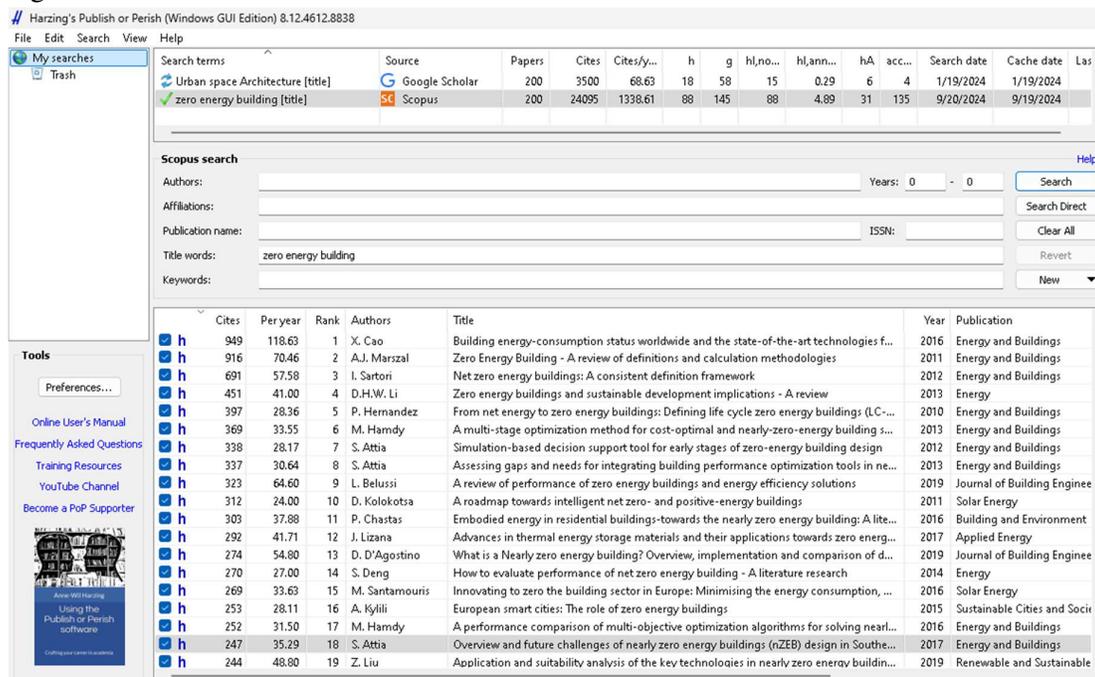
(Attia et al., 2012) Gedung Energi Nol adalah konsep yang kompleks dengan sejumlah pendekatan yang sudah ada yang menyoroti berbagai aspek ZEB. (Belussi et al., 2019) Selain itu, perhitungan keseimbangan energi dari bangunan yang dilengkapi dengan sistem pembangkit energi terbarukan di tempat dan/atau di luar lokasi dan/atau berinteraksi dengan jaringan utilitas dan berusaha untuk memenuhi tujuan 'nol' bukanlah tugas yang mudah.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur berbasis kata kunci “zero energy building” untuk memetakan perkembangan publikasi ilmiah terkait ZEB. pada penelitian atau publikasi ilmiah di beberapa perkotaan didunia sebagai bentuk implementasi zero energy building. Pertimbangan penggunaan *software publish and perish* pada data base penelitian scopus/ elsvier dengan penelusuran pada citasi yang memiliki pengaruh paling tinggi terkait konten yang relevan yang dikaji berdasarkan tahun penerbitan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan kata kunci “zero energy building” pada *software publish and perish* didapat cukup banyak artikel yang membahas isu tersebut. Terlampir *screenshot* hasil kata kunci zero energy building pada *software publish and perish* yang diakses pada bulan Agustus 2024.



Gambar 1 Tangkapan layar *software Publish and perish* pada kata kunci " zero energy building "

Pada penelitian yang sudah terbit dan mendapat citasi terlebih dahulu dapat diidentifikasi bahwa penelitian yang memiliki konsentrasi pada isu zero energy building masih menjadi pokok bahasan utama.

(Hernandez & Kenny, 2010) Ada berbagai definisi bangunan energi 'nol energi' dan 'nol bersih'. Dalam kebanyakan kasus, definisi hanya mengacu pada energi yang digunakan dalam pengoperasian bangunan, mengabaikan aspek penggunaan energi yang terkait dengan konstruksi dan pengiriman bangunan dan komponennya. Di sisi lain, konsep 'energi bersih' seperti yang digunakan dalam bidang ekonomi ekologi, yang memperhitungkan energi yang digunakan selama proses produksi suatu komoditas, banyak diterapkan di bidang-bidang seperti penilaian energi terbarukan. Dalam penelitiannya hernandez memberikan konsep 'energi bersih' diperkenalkan dan diterapkan dalam lingkungan binaan, berdasarkan

metodologi yang memperhitungkan energi yang terkandung dari komponen bangunan bersama dengan penggunaan energi dalam operasi. Definisi siklus hidup bangunan nol energi (LC-ZEB) diusulkan, serta penggunaan rasio energi bersih (NER) sebagai faktor untuk membantu desain bangunan dengan perspektif siklus hidup.

(Hamdy et al., 2013) eksplorasi sejumlah besar kemungkinan kombinasi langkah-langkah hemat energi (ESM) dan sistem pasokan energi termasuk sumber energi terbarukan (RES), di bawah metodologi kerangka kerja komparatif. Studi saat ini memperkenalkan metode optimasi berbasis simulasi yang efisien, transparan, dan hemat waktu untuk eksplorasi tersebut. Metode ini diterapkan untuk menemukan tingkat kinerja energi yang optimal dan ZEB untuk kasus studi rumah keluarga tunggal di Finlandia. Berbagai opsi parameter selubung bangunan, unit pemulihan panas, dan sistem pemanas/pendingin serta berbagai ukuran tata surya termal dan *photovoltaik* dieksplorasi sebagai opsi desain melalui pengoptimalan tiga tahap. Trade-off ekonomi dan lingkungan yang dihasilkan menunjukkan bahwa konsumsi energi primer ≥ 93 dan ≤ 103 kWh/m²a adalah tingkat kinerja energi yang optimal dengan biaya. Secara ekonomi layak untuk mencapai nZEB dengan 70 kWh/m²sebuah. Namun, insentif (misalnya, kredit energi) diperlukan untuk menjangkau rumah yang berdampak lebih rendah terhadap lingkungan. Berinvestasi dalam sistem pemanas ramah lingkungan dengan biaya pengoperasian rendah (misalnya pompa panas sumber tanah) adalah elemen kunci untuk solusi optimal.

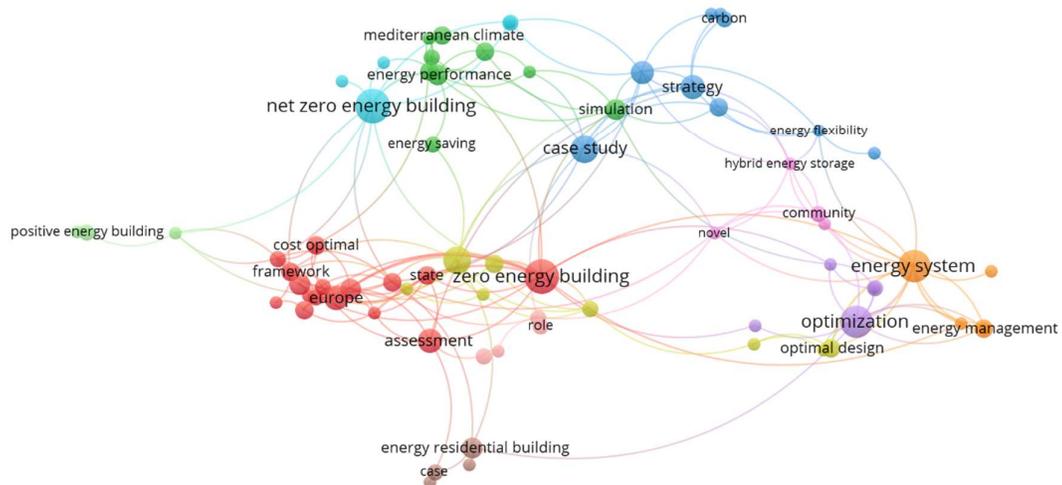
(Attia et al., 2012) Ada kebutuhan akan alat pendukung keputusan yang mengintegrasikan simulasi energi ke dalam desain awal bangunan nol energi dalam praktik arsitektur. Terlepas dari proliferasi program simulasi dalam dekade terakhir, tidak ada aplikasi siap pakai yang khusus melayani iklim panas dan kondisi kenyamanannya. Selain itu, sebagian besar alat yang ada berfokus pada evaluasi alternatif desain setelah pengambilan keputusan, dan sebagian besar mengabaikan masalah menginformasikan desain sebelum pengambilan keputusan. Penelitian attia menyajikan alat perangkat lunak berorientasi energi yang mengakomodasi konteks Mesir dan memberikan dukungan informatif yang bertujuan untuk memfasilitasi pengambilan keputusan bangunan nol energi. Tolok ukur perumahan ditetapkan, pemodelan analisis sensitivitas, dan perangkat lunak simulasi energi (EnergyPlus) sebagai sarana untuk mengembangkan alat pendukung keputusan untuk memungkinkan desainer menilai kenyamanan termal dan kinerja energi dari alternatif desain awal dengan cepat dan fleksibel

(Kolokotsa et al., 2011) Bangunan saat ini semakin diharapkan untuk memenuhi persyaratan kinerja yang lebih tinggi dan lebih kompleks: mereka harus berkelanjutan; menggunakan energi nol-bersih; menumbuhkan lingkungan yang sehat dan nyaman bagi penghuni; ramah jaringan, namun ekonomis untuk dibangun dan dirawat. Bahan-bahan penting untuk keberhasilan pengembangan dan pengoperasian bangunan energi nol bersih dan energi positif (NZEB/PEB) adalah: model simulasi termal, yang merupakan representasi akurat dari bangunan dan subsistemnya; sensor, aktuator, dan antarmuka pengguna untuk memfasilitasi komunikasi antara lapisan fisik dan simulasi; dan terakhir, alat kontrol dan pengoptimalan terintegrasi dengan generalitas yang memadai sehingga menggunakan input sensor dan model termal dapat mengambil keputusan cerdas, hampir secara *real-time*, mengenai pengoperasian bangunan dan subsistemnya. Untuk tujuan ini Kolokotsa,

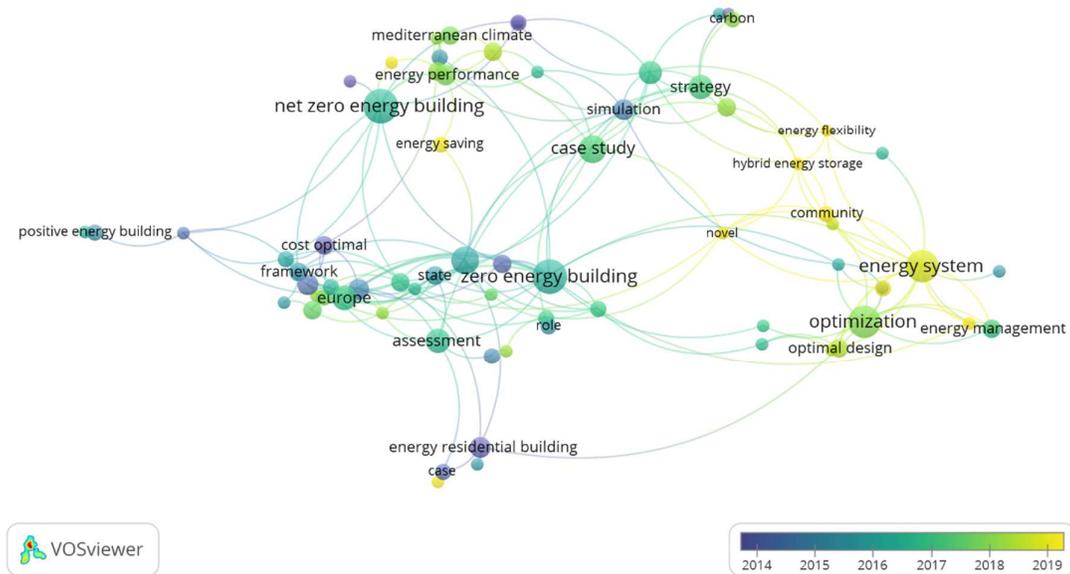
menyajikan tinjauan tentang perkembangan teknologi di masing-masing bahan penting yang dapat mendukung integrasi NZEB/PEB yang sukses di masa depan, yaitu model simulasi, sensor dan aktuator yang akurat dan yang tak kalah pentingnya optimalisasi dan kontrol bangunan. Integrasi pengguna merupakan bagian integral dalam perilaku dinamis sistem, dan peran ini harus diperhitungkan. Prospek masa depan dan tren penelitian dibahas.

(D'Agostino & Mazzarella, 2019) Pengurangan konsumsi energi di bangunan merupakan pilar penting dari strategi Eropa untuk memastikan bahwa target iklim dan energi di masa depan tercapai. Penelitian D'agostino berfokus pada definisi bangunan energi hampir nol (NZEB) yang mewakili salah satu peluang terbesar untuk meningkatkan penghematan energi di Eropa. Karena istilah ini tampaknya tunduk pada interpretasi yang berbeda, makalah ini mengeksplorasi literatur NZEB untuk memberikan gambaran umum tentang definisi. Di antara topik-topik tersebut, ada: perbedaan antara energi dan energi primer, dan antara sumber energi dan pembawa energi. Fokus juga disebabkan oleh metrik dan faktor konversi energi primer. Perhatian khusus diberikan dalam menentukan faktor energi primer untuk pembawa energi yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan di lokasi, terdekat atau jauh. Setelah menentukan peran bangunan "plus", indeks energi komplementer, yang berguna untuk menentukan insentif untuk bangunan dirumuskan untuk mengatasi pertanyaan tentang indeks energi primer "negatif" yang dapat dicapai dengan menggunakan beberapa definisi ZEB bersih saat ini.

Berikut *screenshot* pada pemetaan kepopuleran isu terkait topik *zero energi building* pada kurun waktu 10 tahun terakhir.



Gambar 2 fokus topik yang berkembang terkait Konsep *Zero Energy Building* (ZEB)



. Gambar 3 Pemetaan Penelitian Konsep *Zero Energy Building* (ZEB) sejak 10 tahun terakhir

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Konsep Zero Energy Building (ZEB) pada publikasi ilmiah yang populer dapat ditarik pemahaman adanya penggunaan rasio energi bersih (NER) sebagai faktor untuk membantu desain bangunan dengan perspektif siklus hidup, opsi parameter selubung bangunan, unit pemulihan panas, dan sistem pemanas/pendingin serta berbagai ukuran tata surya termal dan *fotovoltaik* dieksplorasi sebagai opsi desain melalui pengoptimalan tiga tahap, kemudian adanya pengembangan alat pendukung keputusan untuk memungkinkan desainer menilai kenyamanan termal dan kinerja energi dari alternatif desain awal dengan cepat dan fleksibel. Perkembangan teknologi lainnya di masing-masing bahan baku penting yang dapat mendukung integrasi NZEB/PEB. perbedaan antara energi dan energi primer, dan antara sumber energi dan pembawa energi. Terakhir para peneliti memfokuskan diri pada faktor metrik dan faktor konversi energi primer, perhatian khusus diberikan dalam menentukan faktor energi primer untuk pembawa energi yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan di lokasi, terdekat atau jauh. Demi tercapai *Konsep Zero Energy Building* (ZEB) dimasa depan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Attia, S., Gratia, E., De Herde, A., & Hensen, J. L. M. (2012). Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. *Energy and Buildings*, 49, 2–15. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.028>
- Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., Fanciulli, C., Ghellere, M., Guazzi, G., Meroni, I., Salamone, F., Scamoni, F., & Scrosati, C.

- (2019). A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions. *Journal of Building Engineering*, 25, 100772.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100772>
- D'Agostino, D., & Mazzarella, L. (2019). What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. *Journal of Building Engineering*, 21, 200–212. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.10.019>
- Hamdy, M., Hasan, A., & Siren, K. (2013). A multi-stage optimization method for cost-optimal and nearly-zero-energy building solutions in line with the EPBD-recast 2010. *Energy and Buildings*, 56, 189–203.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.023>
- Hernandez, P., & Kenny, P. (2010). From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB). *Energy and Buildings*, 42(6), 815–821.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.12.001>
- Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., & Kalaitzakis, K. (2011). A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings. *Solar Energy*, 85(12), 3067–3084. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.09.001>
- Li, D. H. W., Yang, L., & Lam, J. C. (2013). Zero energy buildings and sustainable development implications – A review. *Energy*, 54, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.070>
- Marszal, A. J., Heiselberg, P., Bourrelle, J. S., Musall, E., Voss, K., Sartori, I., & Napolitano, A. (2011). Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies. *Energy and Buildings*, 43(4), 971–979.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.022>