



Tahap Pemanfaatan Bangunan Gedung Hijau (BGH) untuk Rsud Tanjung Redeb Kabupaten Berau

Ridho Septian Rahman^{1*}, Diding Suhardi¹

¹Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang, Indonesia

*Corresponding Author's e-mail: ridhoseptianrahman@gmail.com

Article History:

Received: August 7, 2026

Revised: September 21, 2026

Accepted: September 29, 2026

Keywords:

Green Building, utilization phase, Energy Consumption Intensity, water conservation, operational efficiency, RSUD Tanjung Redeb

Abstract: The utilization phase of Green Building (BGH) plays an important role in ensuring the sustainability of building performance through effective control of energy consumption, water efficiency, and operational management. RSUD Tanjung Redeb, Berau Regency, as a healthcare facility operating 24 hours a day, has a high level of energy and resource consumption, requiring an operational management strategy based on green building principles. This study aims to analyze the operational performance of Green Building implementation during the utilization phase at RSUD Tanjung Redeb and evaluate the potential for energy efficiency, water conservation, and green building certification achievement. The research method used is descriptive qualitative with a technical analysis approach through observation of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems, interviews with facility management personnel, and review of supporting documents such as utility logbooks, maintenance standard operating procedures, and green building assessment regulations based on the Minister of Public Works and Housing Regulation No. 21 of 2021 and the Ministerial Circular Letter No. 01/SE/M/2022. The analysis was conducted using Energy Consumption Intensity (IKE), water efficiency performance, and Green Building assessment score accumulation parameters. The results indicate that the implementation of high-efficiency chillers, LED lighting systems equipped with occupancy sensors, greywater recycling systems, and rainwater harvesting technology can improve operational efficiency at RSUD Tanjung Redeb. The building is projected to achieve an IKE value of 280.78 kWh/m²/year, representing an energy efficiency improvement of 26.11% compared with the standard limit for hospital buildings. Furthermore, water conservation strategies are projected to reduce water consumption by 26.92% compared with the baseline condition. From the financial perspective, the implementation of Green Building strategies provides potential operational cost savings of approximately IDR 2.55 billion per year with an estimated investment payback period of 5–7 years. Based on the performance assessment model, the operational achievement score is projected at 73.04%, indicating the potential to meet the criteria for a “Madya” level Green Building certification. This study demonstrates that optimizing the utilization phase is a key factor in maintaining green building performance while supporting cost efficiency, resource conservation, and sustainable healthcare facility development.

Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open access article under the CC-BY-SA license



How to cite: Rahman, R. S., & Suhardi, D. (2026). Tahap Pemanfaatan Bangunan Gedung Hijau (BGH) untuk Rsud Tanjung Redeb Kabupaten Berau. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(9), 4751–4758. <https://doi.org/10.55681/sentri.v5i9.7078>

PENDAHULUAN

Bangunan rumah sakit merupakan salah satu jenis bangunan dengan konsumsi energi yang tinggi karena beroperasi selama 24 jam dan membutuhkan kontinuitas layanan

melalui penggunaan sistem tata udara, pencahayaan, peralatan medis, serta utilitas pendukung lainnya. Tingginya kebutuhan energi tersebut menyebabkan fasilitas kesehatan perlu menerapkan strategi efisiensi sumber daya untuk menjaga keberlanjutan operasional bangunan. Konsep Bangunan Gedung Hijau (BGH) menjadi salah satu pendekatan yang dikembangkan untuk meningkatkan kinerja bangunan melalui penghematan energi, konservasi air, pengelolaan limbah, serta optimalisasi sistem bangunan selama masa layanan. Di Indonesia, penerapan dan penilaian kinerja BGH telah diatur melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau yang mencakup aspek perencanaan, pelaksanaan konstruksi, dan pemanfaatan bangunan [1].

RSUD Tanjung Redeb Kabupaten Berau merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang memiliki aktivitas operasional tinggi dengan luas lantai bruto (*Atotal*) mencapai 16.026,43 m². Kondisi tersebut menjadikan pengendalian konsumsi energi dan air sebagai aspek penting dalam menjaga efisiensi operasional gedung. Berdasarkan prinsip penilaian BGH, keberhasilan implementasi bangunan hijau tidak hanya ditentukan pada tahap desain dan konstruksi, tetapi juga sangat bergantung pada konsistensi pengelolaan pada tahap pemanfaatan. Evaluasi kinerja selama masa operasional diperlukan untuk memastikan bahwa sistem bangunan tetap bekerja sesuai target efisiensi yang direncanakan [1].

Tahap pemanfaatan merupakan fase kritis dalam penerapan BGH karena pada periode ini performa aktual bangunan mulai terlihat melalui indikator terukur seperti Intensitas Konsumsi Energi (IKE), efisiensi penggunaan air, efektivitas sistem pemeliharaan, serta perilaku pengguna bangunan. Pengelolaan fasilitas yang tidak optimal dapat menyebabkan penurunan kinerja bangunan meskipun telah menggunakan teknologi ramah lingkungan pada tahap konstruksi. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring dan evaluasi berkala agar capaian kinerja BGH dapat dipertahankan sepanjang umur layanan bangunan [1].

Penerapan konsep bangunan hijau pada umumnya membutuhkan strategi investasi yang mempertimbangkan biaya awal, biaya operasional, serta manfaat ekonomi dalam jangka panjang. Penggunaan teknologi seperti sistem HVAC berefisiensi tinggi, pencahayaan otomatis, sistem pengolahan kembali air (*water recycling system*), dan material bangunan berkinerja tinggi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan sumber daya. Pendekatan *life cycle cost* menjadi metode penting dalam mengevaluasi kelayakan investasi bangunan karena mempertimbangkan keseluruhan biaya selama siklus hidup bangunan, bukan hanya biaya pembangunan awal.

Setelah pekerjaan konstruksi selesai, tantangan utama penerapan Bangunan Gedung Hijau berada pada kemampuan pengelola gedung dalam mempertahankan performa operasional. Rumah sakit sebagai fasilitas publik dengan aktivitas tanpa henti membutuhkan sistem manajemen fasilitas yang mampu menjaga efisiensi sistem mekanikal, elektrik, dan plumbing (MEP). Pengoperasian peralatan secara tepat, pemeliharaan berkala, serta penerapan budaya hemat energi menjadi faktor penting dalam memastikan keberlanjutan kinerja bangunan.

Pada tahap konstruksi, RSUD Tanjung Redeb telah memperoleh sertifikasi BGH tingkat Pratama dengan capaian skor sebesar 55,02% atau 90,78 poin. Namun, capaian tersebut masih perlu dievaluasi pada tahap pemanfaatan untuk mengetahui kemampuan bangunan dalam mempertahankan standar kinerja hijau selama operasional. Penelitian ini menyajikan analisis proyeksi matematis terhadap kinerja operasional RSUD Tanjung

Redeb dengan menggunakan parameter Intensitas Konsumsi Energi (IKE), efisiensi penggunaan air, serta estimasi capaian skor BGH berdasarkan indikator penilaian yang berlaku.

LANDASAN TEORI

2.1 Bangunan Gedung Hijau (BGH)

Bangunan Gedung Hijau (BGH) merupakan konsep penyelenggaraan bangunan yang menerapkan prinsip keberlanjutan melalui efisiensi energi, konservasi air, pengurangan dampak lingkungan, serta peningkatan kualitas lingkungan bangunan. Penerapan BGH tidak hanya berfokus pada tahap perencanaan dan konstruksi, tetapi juga mencakup tahap pemanfaatan melalui kegiatan operasional, pemeliharaan, dan evaluasi kinerja bangunan secara berkelanjutan. Di Indonesia, standar penilaian kinerja BGH diatur dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021 yang mencakup aspek perencanaan, pelaksanaan konstruksi, dan pemanfaatan bangunan, sedangkan petunjuk teknis evaluasi kinerja BGH dijelaskan melalui SE Menteri PUPR Nomor 01/SE/M/2022 [1], [2].

2.2 Implementasi Bangunan Hijau pada Fasilitas Rumah Sakit

Rumah sakit merupakan bangunan dengan tingkat konsumsi energi tinggi karena beroperasi selama 24 jam dan membutuhkan sistem tata udara, pencahayaan, peralatan medis, serta utilitas pendukung yang bekerja secara kontinu. Oleh karena itu, penerapan konsep bangunan hijau pada fasilitas kesehatan diperlukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan sumber daya melalui pengelolaan sistem utilitas, penerapan teknologi hemat energi, serta optimalisasi sistem mekanikal, elektrik, dan plumbing (MEP). Kajian terhadap penerapan BGH pada RSUD Tanjung Redeb menunjukkan bahwa evaluasi kinerja operasional menjadi faktor penting dalam menjaga keberlanjutan bangunan hijau selama masa pemanfaatan [3], [6].

2.3 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Internista Konsumsi Energi (IKE) merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan energi suatu bangunan berdasarkan perbandingan antara konsumsi energi dengan luas bangunan. Nilai IKE menjadi parameter penting dalam evaluasi kinerja bangunan hijau karena mampu menggambarkan efektivitas sistem energi selama operasional. Upaya penurunan nilai IKE dapat dilakukan melalui penerapan teknologi efisiensi energi seperti sistem HVAC berkinerja tinggi, pencahayaan LED, sensor otomatis, dan sistem manajemen energi bangunan. Analisis energi bangunan juga dapat dilakukan menggunakan pendekatan simulasi untuk memprediksi konsumsi energi serta mengevaluasi strategi efisiensi yang diterapkan [5], [7], [8].

2.4 Konservasi Air pada Bangunan Hijau

Konservasi air merupakan salah satu indikator utama dalam penilaian kinerja Bangunan Gedung Hijau yang bertujuan mengurangi konsumsi air bersih serta meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya air. Strategi konservasi air dapat dilakukan melalui penggunaan peralatan sanitasi hemat air, penerapan sistem daur ulang air bekas (*greywater recycling*), pemanfaatan air hujan (*rainwater harvesting*), serta pengendalian sistem distribusi air. Penerapan strategi tersebut tidak hanya mengurangi penggunaan air, tetapi juga mampu menekan biaya operasional bangunan dan mendukung konsep pembangunan berkelanjutan melalui pendekatan evaluasi siklus hidup bangunan (*life cycle assessment*) [5], [13].

2.5 Efisiensi Operasional dan Life Cycle Cost Bangunan Hijau

Efisiensi operasional bangunan hijau tidak hanya dinilai dari besarnya penghematan energi dan air, tetapi juga melalui analisis biaya selama umur layanan bangunan. Pendekatan *life cycle cost* digunakan untuk mengevaluasi kelayakan investasi dengan mempertimbangkan biaya awal pembangunan, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan dalam jangka panjang. Penerapan teknologi bangunan hijau seperti sistem energi efisien, material berkinerja tinggi, dan sistem kontrol otomatis dapat memberikan manfaat ekonomi melalui pengurangan biaya operasional serta peningkatan nilai keberlanjutan bangunan [4], [11].

2.6 Sistem Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP) dalam Bangunan Hijau

Sistem mekanikal, elektrikal, dan plumbing (MEP) merupakan komponen utama yang menentukan keberhasilan kinerja operasional Bangunan Gedung Hijau. Sistem HVAC, pencahayaan, distribusi energi listrik, dan sistem penyediaan air harus dikelola secara optimal agar konsumsi sumber daya dapat dikendalikan. Penggunaan teknologi seperti *Variable Frequency Drive* (VFD), sensor otomatis, sistem kontrol energi, dan peralatan berefisiensi tinggi mampu meningkatkan performa bangunan serta mengurangi konsumsi energi. Selain itu, penerapan sistem manajemen energi berdasarkan standar ISO 50001 dapat membantu organisasi melakukan pemantauan, pengendalian, dan peningkatan efisiensi energi secara berkelanjutan [5], [12].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan fokus pada evaluasi kinerja Bangunan Gedung Hijau (BGH) pada tahap pemanfaatan RSUD Tanjung Redeb Kabupaten Berau. Evaluasi dilakukan dengan mengacu pada instrumen daftar simak penilaian kinerja BGH sebagaimana tercantum dalam Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 01/SE/M/2022 tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau. Data primer diperoleh melalui kegiatan observasi terhadap sistem mekanikal, elektrikal, dan plumbing (MEP), serta wawancara mendalam dengan pengelola fasilitas (*Facility Management*) untuk memperoleh informasi terkait sistem operasional, pemeliharaan, dan pengendalian utilitas bangunan. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui dokumen pendukung berupa *logbook* konsumsi utilitas, standar operasional prosedur (SOP) pemeliharaan, dokumen Sertifikat Laik Fungsi (SLF), serta dokumen teknis bangunan. Seluruh parameter evaluasi kinerja BGH dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif melalui persamaan matematis yang mengacu pada standar teknis SNI dan regulasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat [1], [2].

Analisis efisiensi energi dilakukan menggunakan parameter Intensitas Konsumsi Energi (IKE), yaitu indikator yang digunakan untuk mengetahui tingkat konsumsi energi suatu bangunan berdasarkan luas lantai bangunan. Nilai IKE dihitung dengan membandingkan total konsumsi energi listrik tahunan (E_{total}) terhadap luas lantai bruto bangunan (A_{total}). Persamaan matematis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$IKE = \frac{E_{total}}{A_{total}} \quad (1)$$

Nilai IKE yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar evaluasi tingkat efisiensi penggunaan energi pada bangunan rumah sakit. Semakin rendah nilai IKE menunjukkan semakin tinggi tingkat efisiensi energi yang dicapai oleh bangunan.

Selain aspek energi, penelitian ini juga melakukan analisis terhadap kinerja konservasi air melalui perhitungan efisiensi penggunaan air. Parameter efisiensi air dihitung berdasarkan perbandingan antara volume pemakaian air standar (*baseline*) dengan volume pemakaian aktual bangunan. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$E_{air} = \frac{V_{base} - V_{aktual}}{V_{base}} \times 100\% \quad (2)$$

Nilai efisiensi air menunjukkan persentase pengurangan konsumsi air yang berhasil dicapai melalui penerapan strategi konservasi, seperti penggunaan peralatan sanitasi hemat air, sistem daur ulang air (*greywater recycling*), dan optimalisasi sistem distribusi air bersih.

Selanjutnya, capaian kinerja keseluruhan Bangunan Gedung Hijau pada tahap pemanfaatan dihitung berdasarkan akumulasi skor penilaian terhadap seluruh aspek yang dievaluasi dalam instrumen BGH. Perhitungan skor akhir dilakukan dengan membandingkan jumlah poin valid yang diperoleh ($\sum P_i$) terhadap total poin maksimum yang tersedia (P_{maks}). Persamaan yang digunakan adalah:

$$S_{BGH} = \frac{\sum P_i}{P_{maks}} \times 100\% \quad (3)$$

Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan tingkat capaian kinerja BGH RSUD Tanjung Redeb pada tahap operasional serta mengevaluasi kesesuaiannya terhadap klasifikasi tingkat sertifikasi BGH berdasarkan ketentuan Kementerian PUPR [1].

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Mutu Operasional

Efektivitas operasional diukur melalui empat klaster: (1) Energi & Air (audit berkala), (2) Pemeliharaan (SOP fasad/otomasi), (3) Limbah (pemisahan B3 dan 3R), serta (4) *Green Behavior* (budaya hemat staf).

a Analisis IKE Proyeksi

Sesuai standar operasional rumah sakit (ber-AC sentral), batas ideal IKE berada di angka 380 kWh/m²/tahun. Mengacu pada data luasan RSUD Tanjung Redeb (= 16.026,43), proyeksi pemakaian listrik dikendalikan melalui implementasi chiller berefisiensi tinggi dan sistem pencahayaan LED terintegrasi sensor gerak.

Jika diproyeksikan beban energi operasional tahunan mampu ditekan pada kisaran 4.500.000 kWh, maka kalkulasi teknisnya adalah:

Angka 280,78 kWh/m²/tahun menunjukkan penghematan signifikan sebesar 26,11% di bawah batas maksimal IKE yang disyaratkan. Ini menjamin perolehan poin optimal pada klaster Manajemen Energi.

b. Analisis Konservasi Air

Proyeksi kebutuhan air bersih standar () untuk rumah sakit dengan kapasitas tempat tidur eksisting adalah sekitar 5.200 . Melalui penerapan keran auto-stop, daur ulang

greywater, dan integrasi rainwater harvesting (pemanenan air hujan), pemakaian PDAM aktual () ditargetkan turun ke level 3.800 m³/bulan.

$$E_{air} = \left(\frac{5.200 - 3.800}{5.200} \right) \times 100\% = 26,92\%$$

Efisiensi sebesar 26,92% telah melampaui syarat minimum konservasi BGH PUPR, yang mensyaratkan minimal 10% reduksi pemakaian air bersih tanah/PDAM

4.2 Spesifikasi Teknis Material dan Sistem BGH

Untuk mencapai target efisiensi operasional, RSUD Tanjung Redeb mengintegrasikan sistem berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Material dan Sistem BGH

Komponen	Teknologi/Material	Mekanisme Efisiensi
Fasad	Double Glazing Low-E Glass	Meminimalkan SHGC
Pencahayaan	LED + Occupancy Sensors	Adaptive lighting otomatis
Utilitas Air	Greywater Recycling System	Daur ulang air bekas
HVAC	Chiller High-Efficiency (VFD)	Beban real-time

4.3 Simulasi Finansial dan Teknis

Dengan proyeksi IKE 280,78 kWh/m²/tahun, RSUD mampu menghemat 26,11% energi.

Tabel 2. Komparasi Anggaran Operasional Konvensional vs BGH

Kategori	Biaya Baseline (Rp/thn)	Biaya BGH (Rp/thn)	Penghematan (Rp/thn)
Listrik	9.135.064.500	6.750.000.000	2.385.064.500
Air	624.000.000	456.000.000	168.000.000
Total	9.759.064.500	7.206.000.000	2.553.064.500

4.4 Proyeksi Grafik Dan Rekapitulasi Penilaian

Guna memantau tren kinerja energi secara presisi, disusun skema proyeksi komparatif antara desain bangunan konvensional (baseline) dengan kondisi operasional BGH RSUD Tanjung Redeb.

Tabel 3. Distribusi Proyeksi Penghematan Energi dan Air (Kuartal I - IV)

Kuartal Operasional	Target IKE Aktual (kWh/m ²)	IKE Baseline (kWh/m ²)	Efisiensi Air Aktual (m ³)	Air Baseline (m ³)
Q1 (Jan - Mar)	68,5	95,0	11.200	15.600
Q2 (Apr - Jun)	71,2	95,0	11.550	15.600
Q3 (Jul - Sep)	70,8	95,0	11.400	15.600
Q4 (Okt - Des)	69,5	95,0	11.100	15.600

Total Tahunan	280,0	380,0	45.250	62.400
---------------	-------	-------	--------	--------

(Interpretasi Visual: Jika diplot ke dalam kurva regresi linier, jarak divergensi antara garis IKE Baseline yang stagnan di atas dengan garis IKE Aktual yang berfluktuasi di bawah akan memvisualisasikan area "Energy Savings" atau penghematan riil yang setara dengan reduksi emisi karbon tahunan).

Skema Pemenuhan Poin BGH (Tahap Pemanfaatan)

Menggunakan model integrasi variabel administratif dan teknis:

1. Manajemen Energi & Air (Estimasi meraih 35 dari 45 poin berkat efisiensi > 20%).
2. Pemeliharaan Gedung (Estimasi meraih 22 dari 25 poin dengan adanya SOP baku).
3. Pengelolaan Limbah (Estimasi meraih 15 dari 20 poin).
4. Budaya Hijau (Estimasi 12 dari 25 poin).

$$S_{BGH} = \frac{35 + 22 + 15 + 12}{115} \times 100\% = 73,04\%$$

KESIMPULAN

Penerapan standar Bangunan Gedung Hijau (BGH) pada tahap pemanfaatan merupakan langkah strategis dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan fasilitas kesehatan. Berdasarkan hasil analisis proyeksi teknis, penerapan teknologi efisiensi pada sistem mekanikal, elektrik, dan plumbing (MEP) di RSUD Tanjung Redeb Kabupaten Berau mampu menghasilkan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 280,78 kWh/m²/tahun serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dengan persentase penghematan sebesar 26,92% dibandingkan kondisi *baseline*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa optimalisasi sistem utilitas dan penerapan strategi konservasi sumber daya dapat memberikan dampak positif terhadap pengurangan biaya operasional sekaligus mendukung pencapaian kinerja bangunan hijau.

Berdasarkan hasil pemodelan matematis terhadap indikator penilaian BGH pada tahap pemanfaatan, akumulasi capaian skor operasional RSUD Tanjung Redeb diproyeksikan mencapai 73,04%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa bangunan memiliki potensi untuk memenuhi kriteria predikat Bangunan Gedung Hijau tingkat Madya sesuai dengan parameter penilaian yang ditetapkan dalam regulasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Dengan demikian, keberhasilan implementasi BGH tidak hanya bergantung pada kualitas konstruksi awal, tetapi juga pada konsistensi pengelolaan, pemeliharaan, dan evaluasi kinerja bangunan selama masa operasional.

Daftar Notasi:

IKE : Intensitas Konsumsi Energi (*kWh/m²/tahun*)

Ettotal : Total konsumsi energi listrik per tahun (*kWh*)

Atotal : Luas lantai bruto bangunan (*m²*)

Eair : Persentase efisiensi penggunaan air (%)

Vbase : Volume standar pemakaian air (*m³/bulan*)

Vaktual : Volume pemakaian air aktual (*m³/bulan*)

SBGH : Skor akhir penilaian Bangunan Gedung Hijau (%)

Pi : Jumlah poin valid yang diperoleh

Pmaks : Jumlah maksimum poin penilaian yang tersedia

DAFTAR REFERENSI

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, *Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01/SE/M/2022 tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*, Jakarta: Kementerian PUPR, 2022.
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*, Jakarta: Kementerian PUPR, 2021.
- [3] R. Habibi, et al., "Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau Pembangunan RSUD Tanjung Redeb Berau," *Jurnal Konstruksia*, vol. 16, no. 2, pp. 44–52, 2025.
- [4] World Green Building Council, *The Business Case for Green Building: A Review of the Costs and Benefits for Developers, Investors and Occupants*, London: WorldGBC, 2013.
- [5] U.S. Green Building Council, *LEED v4.1 Building Design and Construction Reference Guide*, Washington, DC: USGBC, 2020.
- [6] International Energy Agency (IEA), *Energy Efficiency 2023*, Paris: International Energy Agency, 2023.
- [7] M. S. Al-Homoud, "Computer-aided building energy analysis techniques," *Building and Environment*, vol. 36, no. 4, pp. 421–433, 2001.
- [8] D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert, and B. T. Griffith, "Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs," *Building and Environment*, vol. 43, no. 4, pp. 661–673, 2008.
- [9] A. G. Kwok and W. Grondzik, *The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design*, 3rd ed. New York: Routledge, 2018.
- [10] S. Kubba, *Handbook of Green Building Design and Construction: LEED, BREEAM, and Green Globes*, 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017.
- [11] G. Kats, *Greening Our Built World: Costs, Benefits, and Strategies*. Washington, DC: Island Press, 2010.
- [12] International Organization for Standardization, *ISO 50001:2018 Energy Management Systems—Requirements with Guidance for Use*, Geneva: ISO, 2018.
- [13] International Organization for Standardization, *ISO 14040:2006 Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework*, Geneva: ISO, 2006.
- [14] S. Santamouris, "Cooling the buildings – Past, present and future," *Energy and Buildings*, vol. 128, pp. 617–638, 2016.
- [15] N. R. B. R. A. Saidur, M. Hasanuzzaman, and N. A. Rahim, "Energy efficiency and conservation in buildings: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 8, pp. 4545–4556, 2011.