

# OPTIMALISASI *SMART BUILDING* DALAM BANGUNAN HIJAU MENGURANGI JEJAK KARBON DENGAN SISTEM OTOMASI

Bobby Andrianto Sihite<sup>1</sup>, Yuanita FD Sidabutar<sup>2</sup>, Herlina Suciati<sup>3</sup>, Alpano Priyandes<sup>4</sup>, dan  
Raflis Tanjung<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Batam

Email: [12123006@univbatam.ac.id](mailto:12123006@univbatam.ac.id), [yuanita.fd@univbatam.ac.id](mailto:yuanita.fd@univbatam.ac.id),  
[herlinasuciati@univbatam.ac.id](mailto:herlinasuciati@univbatam.ac.id), [alpano.priyandes@gmail.com](mailto:alpano.priyandes@gmail.com),  
[raflistanjung@univbatam.ac.id](mailto:raflistanjung@univbatam.ac.id).

---

**Abstract** - Sustainable development necessitates the integration of environmentally friendly concepts and advanced technologies to minimize environmental impacts. This study explores the optimization of smart building technologies in green buildings to reduce carbon footprints through IoT-based automation systems. Building Automation Systems (BAS) play a crucial role in efficiently managing energy consumption, lighting, and HVAC systems. Using a SWOT analysis approach, this research evaluates the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of implementing smart buildings in Indonesia. Despite high initial implementation costs, the ecological and economic benefits render smart buildings a strategic solution for sustainable development in tropical cities.

**Keywords:** Sustainable Development; Smart Buildings; Green Buildings ; Energy Efficiency

**Abstrak** - Pembangunan berkelanjutan membutuhkan integrasi konsep ramah lingkungan dan teknologi canggih untuk meminimalkan dampak lingkungan. Artikel ini membahas optimalisasi teknologi smart building dalam bangunan hijau untuk mengurangi jejak karbon melalui penerapan sistem otomasi berbasis IoT. Teknologi seperti Building Automation System (BAS) berperan penting dalam mengelola konsumsi energi, pencahayaan, dan sistem HVAC secara efisien. Dengan pendekatan SWOT, penelitian ini mengevaluasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman implementasi smart building di Indonesia. Hasilnya menunjukkan bahwa meskipun biaya implementasi awal tinggi, keuntungan ekologis dan ekonomisnya menjadikan smart building solusi strategis untuk pembangunan berkelanjutan di kota-kota tropis. Artikel ini memberikan rekomendasi untuk penerapan teknologi pintar dalam mendukung bangunan hijau, sekaligus meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi karbon.

**Kata Kunci:** Pembangunan Berkelanjutan; Bangunan Pintar; Bangunan Hijau; Efisiensi Energi

## 1. Pendahuluan

Pembangunan berkelanjutan menjadi kebutuhan mendesak untuk menjaga keseimbangan antara pemenuhan kebutuhan manusia saat ini dengan pelestarian sumber daya bagi generasi mendatang. Salah satu pendekatan strategis untuk mencapai tujuan ini adalah dengan mengadopsi konsep bangunan hijau (*green building*), yang berfokus pada efisiensi energi, konservasi air, pengelolaan limbah, dan kenyamanan penghuni. Bangunan hijau semakin relevan karena sektor konstruksi menyumbang hingga 39% emisi karbon global. Namun, krisis lingkungan global seperti pemanasan global, peningkatan emisi karbon, dan penurunan kualitas udara memerlukan pendekatan yang lebih inovatif dalam desain bangunan.

Di era teknologi, penerapan konsep *smart building* menawarkan solusi komprehensif untuk memperkuat bangunan hijau. *Smart building* memanfaatkan sistem otomasi berbasis teknologi, seperti *Building Automation System* (BAS), yang mengintegrasikan sistem pencahayaan, *heating, ventilation, and air conditioning* (HVAC), dan keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan optimalisasi penggunaan sumber daya sekaligus

mengurangi emisi karbon. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi BAS dalam desain bangunan hijau dapat mengurangi konsumsi energi hingga 30% dengan manfaat tambahan berupa efisiensi biaya operasional.

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana optimalisasi bangunan pintar dalam konteks bangunan hijau dapat mengurangi jejak karbon melalui implementasi sistem otomasi. Penerapan teknologi seperti sensor okupansi, *smart lighting*, dan pengendalian HVAC berbasis IoT tidak hanya mendukung keberlanjutan, tetapi juga memberikan panduan praktis bagi arsitek dan insinyur sipil dalam mendesain bangunan yang efisien dan ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi canggih, bangunan pintar berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap pembangunan rendah karbon yang mulai diterapkan di Indonesia dan berbagai negara lainnya.

## 2. Tinjauan Pustaka

Bangunan hijau adalah konsep yang bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan melalui efisiensi energi, pengelolaan sumber daya, dan pengurangan limbah selama siklus hidup bangunan

(Yusnita, 2018). Penerapan teknologi *smart building*, seperti sistem otomasi berbasis *Internet of Things* (IoT), telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi dengan memanfaatkan sensor cerdas untuk mengontrol pencahayaan, ventilasi, dan penggunaan listrik secara otomatis (Susilo, 2019). Selain itu, teknologi ini mampu mengintegrasikan sumber energi terbarukan, seperti panel surya, yang memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi jejak karbon bangunan (Rahmat, 2021). Di kawasan tropis, bangunan hijau dengan teknologi pintar memberikan solusi berkelanjutan untuk menghadapi tantangan perubahan iklim sekaligus meningkatkan kualitas hidup penghuninya (Sidabutar, 2020). Oleh karena itu, integrasi antara desain hijau dan teknologi pintar menjadi strategi penting dalam menciptakan infrastruktur yang mendukung pembangunan berkelanjutan.

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis SWOT yang Dimana akan memudahkan dalam pengumpulan data yang dibutuhkan untuk menganalisa potensi-potensi yang dimiliki dan juga kelemahan-kelemahan yang perlu dibenahi pada wilayah tersebut. Metode analisis SWOT adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu keadaan atau situasi tertentu, baik dari aspek internal maupun eksternal. SWOT merupakan singkatan dari *Strengths* (Kelebihan), *Weaknesses* (Kelemahan), *Opportunities* (Peluang), dan *Threats* (Ancaman). Langkah awal dalam metode SWOT adalah identifikasi faktor internal yang meliputi kelebihan (*strengths*) dan kelemahan (*weaknesses*) dalam penggunaan teknologi *smart building* pada bangunan hijau:

- Kekuatan (*Strengths*):

- a. Efisiensi Energi yang Tinggi: Teknologi *smart building* mampu mengurangi konsumsi energi hingga 30% melalui sistem otomasi seperti sensor gerak, sensor cahaya, dan pengendalian HVAC berbasis IoT. Efisiensi ini memberikan kontribusi langsung terhadap pengurangan emisi karbon (Purba, 2021).
- b. Dukungan terhadap Keberlanjutan: Bangunan hijau berbasis *smart building* mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan melalui penggunaan energi terbarukan, material ramah lingkungan, dan pengelolaan limbah yang efisien (Hidayat, 2019).
- c. Keuntungan Ekonomi Jangka Panjang: Walaupun membutuhkan investasi awal yang besar, teknologi ini memungkinkan penghematan operasional hingga 30%, menjadikannya solusi yang hemat biaya dalam

jangka panjang (Anwar, 2021).

- Kelemahan (*Weaknesses*):

- a. Tingginya biaya awal untuk pengadaan teknologi *smart building*, seperti instalasi sistem otomasi berbasis IoT.
- b. Keterbatasan infrastruktur teknologi di beberapa wilayah yang menghambat implementasi skala luas.

Faktor eksternal meliputi peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*) yang dapat memengaruhi keberhasilan implementasi:

- Peluang (*Opportunities*):

- a. Dukungan Kebijakan Pemerintah: Regulasi pemerintah yang mendukung pembangunan rendah karbon, seperti insentif pajak dan subsidi energi terbarukan, memberikan peluang besar untuk implementasi bangunan hijau berbasis *smart building* (Hidayat, 2019).
- b. Kemajuan Teknologi: Perkembangan teknologi IoT dan fotovoltaik terus meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas sistem *smart building*, menjadikannya lebih terjangkau dan mudah diterapkan.
- c. Kesadaran Publik yang Meningkat: Semakin tingginya kesadaran masyarakat terhadap isu lingkungan dan keberlanjutan membuka peluang penerapan teknologi ini secara lebih luas.

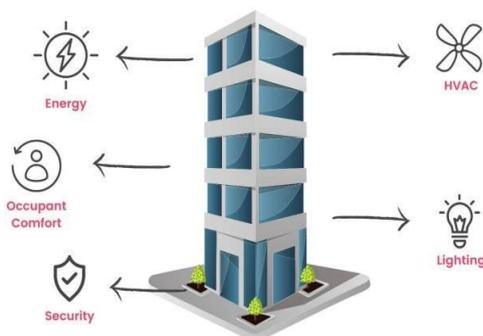
- Ancaman (*Threats*):

- a. Resistensi Pengguna: Sebagian pengguna menunjukkan keengganan untuk beradaptasi dengan teknologi baru karena kompleksitas operasional dan perubahan kebiasaan (Gunawan, 2021).
- b. Kompetisi dengan Energi Fosil: Infrastruktur dan kebijakan yang mendukung energi fosil masih menjadi hambatan besar dalam mendorong adopsi energi terbarukan pada bangunan hijau.
- c. Ketidakpastian Ekonomi: Fluktuasi kondisi ekonomi global dapat memengaruhi kemampuan sektor swasta dalam membiayai proyek bangunan hijau.

Penerapan metode SWOT dalam penelitian ini membantu memberikan analisis yang terfokus pada kekuatan untuk dimaksimalkan, kelemahan untuk diminimalkan, peluang untuk dieksplorasi, dan ancaman untuk diantisipasi. Dengan pendekatan ini, penelitian mampu menyediakan rekomendasi yang berbasis bukti untuk mendorong optimalisasi teknologi *smart building* pada bangunan hijau, sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Penerapan *smart building* dalam desain bangunan hijau menjadi solusi strategis untuk mendukung pembangunan berkelanjutan, dengan memanfaatkan teknologi *Building Automation System (BAS)* untuk mengintegrasikan sistem pencahayaan, HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), dan keamanan berbasis IoT guna meningkatkan efisiensi energi. Di Indonesia, optimalisasi sistem ini sangat relevan dalam menghadapi tantangan konsumsi energi tinggi di sektor bangunan, karena studi menunjukkan bahwa BAS dapat mengurangi konsumsi energi hingga 30% melalui penggunaan sensor otomatis, seperti sensor gerak untuk pencahayaan dan sensor suhu untuk HVAC, yang secara signifikan menekan emisi karbon (Purba, 2021). Selain itu, integrasi dengan energi terbarukan, seperti panel surya, semakin memaksimalkan penghematan energi. Mengingat sektor konstruksi menyumbang sekitar 39% emisi karbon global, desain bangunan hijau dengan orientasi yang memaksimalkan ventilasi alami dan penggunaan material ramah lingkungan mampu menekan emisi secara signifikan (Hidayat, 2019). Namun, adopsi teknologi ini menghadapi tantangan berupa biaya awal yang tinggi dan keterbatasan infrastruktur, terutama di wilayah berkembang (Gunawan, 2021). Meski demikian, kebijakan pemerintah berupa insentif dan regulasi yang mendukung pembangunan rendah karbon dapat mempercepat penerapannya. Selain mengurangi emisi karbon, bangunan pintar berbasis hijau juga menurunkan biaya operasional hingga 20%–30% (Anwar, 2021), menciptakan lingkungan hemat energi, meningkatkan kenyamanan penghuni, serta memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan perkotaan.



**Gambar 1.** Inovasi Smart Building. (sumber: <https://cedsgreeb.org/kompetisi-esai/smart-building/>)

Bullitt Center, yang terletak di Seattle, Washington, adalah salah satu contoh bangunan hijau paling inovatif di dunia yang dirancang untuk memenuhi standar ketat *Living Building Challenge (LBC)*, dengan tujuan mengurangi jejak karbon dan meningkatkan keberlanjutan melalui integrasi teknologi ramah lingkungan. Dikenal sebagai "bangunan paling hijau di dunia," Bullitt Center menggunakan panel surya di atap seluas 575 m<sup>2</sup> untuk menghasilkan 230.000 kWh listrik per tahun, serta memanfaatkan sistem pemanas dan pendingin berbasis energi geotermal untuk efisiensi energi. Bangunan ini juga menerapkan teknik rekayasa lingkungan melalui pengumpulan air hujan, pengolahan limbah dengan sistem biofiltrasi, dan penggunaan material bebas toksik, seperti kayu bersertifikasi FSC, sambil mendaur ulang hingga 90% limbah selama konstruksi. Dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, Bullitt Center tidak hanya fokus pada pengurangan emisi karbon tetapi juga menyediakan ruang kerja yang sehat dan nyaman, fasilitas mobilitas hijau seperti parkir sepeda, serta mendorong penggunaan transportasi ramah lingkungan. Konsep *smart building* diterapkan melalui *Building Automation System (BAS)* dan teknologi Internet of Things (IoT) untuk mengoptimalkan pencahayaan, ventilasi, pemanas, dan pendingin secara otomatis, serta memantau konsumsi energi secara *real-time*, sehingga meminimalkan pemborosan energi dan meningkatkan efisiensi operasional. Dengan desain dan implementasi berkelanjutan yang mencakup aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan, Bullitt Center menjadi contoh nyata bangunan perkotaan masa depan yang berkontribusi pada pengurangan jejak karbon global dan solusi untuk menghadapi perubahan iklim.



**Gambar 2.** Bullitt Center, Seattle, Washington,

USA. (sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Seattle\\_-\\_Bullitt\\_Center\\_01.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Seattle_-_Bullitt_Center_01.jpg))

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Optimalisasi *smart building* dalam bangunan hijau menawarkan solusi strategis yang sangat potensial untuk mengurangi jejak karbon dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Melalui integrasi teknologi otomasi seperti *Building Automation Systems* (BAS) dan *Internet of Things* (IoT), efisiensi energi dapat ditingkatkan, emisi karbon dapat ditekan, dan biaya operasional dapat dioptimalkan. Meskipun tantangan terkait biaya implementasi yang tinggi masih menjadi hambatan utama, keuntungan ekologis dan ekonomis jangka panjang menjadikan pendekatan ini sangat layak untuk diadopsi. Selain itu, dukungan kebijakan pemerintah yang lebih kuat dan peningkatan kesadaran publik akan menjadi kunci keberhasilan dalam penerapan *smart building* sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

### 4.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pengembangan lebih lanjut mengenai optimalisasi teknologi *smart building* dalam mendukung bangunan hijau. Meskipun sudah menunjukkan potensi yang besar, masih banyak aspek yang perlu dikaji lebih mendalam, terutama mengenai dampak jangka panjang penerapan teknologi ini terhadap lingkungan dan sosial ekonomi masyarakat. Oleh karena itu, kami menyarankan agar penelitian berikutnya dapat mengintegrasikan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi keberhasilan implementasi teknologi *smart building* secara lebih komprehensif. Selain itu, pengembangan kolaborasi yang erat antara akademisi, pemerintah, dan praktisi sangat penting untuk mewujudkan penerapan teknologi *smart building* yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan dalam konteks pembangunan hijau di Indonesia.

---

## Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan artikel ini. Terima kasih khusus kami sampaikan kepada rekan-rekan peneliti, dosen pembimbing, serta institusi pendidikan yang telah memberikan bimbingan dan fasilitas yang diperlukan selama penelitian berlangsung. Penghargaan juga kami berikan kepada para ahli dan praktisi yang memberikan wawasan

berharga terkait implementasi teknologi *smart building*. Dukungan moral dan motivasi dari keluarga serta teman-teman juga menjadi dorongan besar dalam menyelesaikan karya ini.

## Daftar Pustaka

- Anwar, H. (2021). Keuntungan Ekonomi Bangunan Hijau. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 19(1)
- Gunawan, F. (2021). Kendala Implementasi Smart Building di Indonesia. *Jurnal Infrastruktur dan Teknologi*, 12(2),
- Hidayat, R. (2019). Desain Arsitektur Hijau untuk Kota Berkelanjutan. *Jurnal Lingkungan Perkotaan*, 7(4),
- Hoffman, A. J., & Henn, R. (2008). Overcoming the Social and Psychological Barriers to Green Building. *Organization & Environment*
- Huesemann, M. H., & Huesemann, J. A. (2012). Green Building in the Urban Context: Opportunities and Challenges. *Journal of Environmental Sustainability*.
- Pratama, M.F.Y., & Astutik, R.P. (2024). Optimalisasi Sistem Pengendalian HVAC dalam Smart Building untuk Penghematan Energi. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*.
- Purba, M. (2021). Optimalisasi Sistem BAS dalam Bangunan Hijau. *Jurnal Teknik dan Lingkungan*, 14(2).
- Rahmat, H. (2021). Analisis Pengurangan Emisi Karbon pada Bangunan dengan Teknologi Pintar. *Jurnal Energi Terbarukan*, 5(1), 22-29.
- Sidabutar, Y. F. D., & Suciati, H. (2024). Arahan Pengembangan Wisata Bangunan Bersejarah di Kecamatan Medan Maimun. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*.
- Sidabutar, Y. F. D., & Suciati, H. (2024). Pengaruh Sistem Media Informasi, Partisipasi Masyarakat, dan Kondisi Lingkungan Terhadap Wisata Bangunan Bersejarah di Kota Medan. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*.
- Sidabutar, Y. F. D., & Suciati, H. (2024). Analisis Penggunaan Kayu sebagai Bahan Konstruksi dalam Pembangunan: Studi Kasus dan Observasi Lapangan.
- Sidabutar, Y. (2020). Strategi Implementasi Bangunan Hijau pada Kawasan Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*.
- Susilo, A. (2019). Penerapan Internet of Things pada Sistem Otomasi Bangunan. *Jurnal Teknologi*, 15(3), 89-101.
- Universitas Gadjah Mada. (2016). Desain Otomasi Bangunan pada Pengembangan Smart Building pada Gedung Smart and Green Learning Center (SGLC). UGM Repository.
- Universitas Sriwijaya. (2011). Eco-Architecture dan Strategi Bangunan Hemat Energi. *Prosiding*

Seminar Nasional AVoER.

Yusnita, R. (2018). Konsep Bangunan Hijau dalam Pengelolaan Lingkungan Perkotaan. *Jurnal Lingkungan dan Perkotaan*, 7(2), 45-56.