

EVALUASI EFISIENSI ENERGI GEDUNG LABORATORIUM TUGAS AKHIR ARSITEKTUR UNSRAT DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI EDGE

Johansen Mandey, Alvin Tinangon, Rachmat Prijadi, Rizky
Rahmat, Junior Mantiri, Briando Tulung,

Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi
johansenmandey@unsrat.ac.id

Article Info: Received: 27 October 20224, Accepted: 27 November 2024, Published: 3 December 2024

ABSTRACT

Energy plays a critical role in human life. However, uncontrolled energy use has become a major factor contributing to global warming. The resulting impact necessitates increased awareness of environmental conservation, economic efficiency, and energy efficiency. The construction industry is one of the largest contributors to global warming, prompting efforts towards energy efficiency and conservation in buildings to reduce carbon emissions.

To mitigate and optimize energy use, buildings are now required to implement energy efficiency concepts to meet green building certification qualifications. This research is essential for evaluating and measuring energy consumption in the Unsrat Architecture Final Project Laboratory Building based on the EDGE application, which calculates the energy usage percentage in buildings and identifies the steps needed to optimize energy efficiency.

The research employs a quantitative descriptive method, collecting secondary data through literature review and direct observational surveys of the research object. The collected data is then analyzed using the EDGE application to obtain accurate figures on energy use and efficiency for the research object. Subsequently, the results are evaluated to determine whether the Unsrat Architecture Final Project Laboratory Building meets the criteria for energy-efficient buildings.

Keywords: Energy efficiency, EDGE, Unsrat Architecture Final Project Laboratory Building

ABSTRAK

Energi merupakan bagian yang berperan penting dalam kehidupan manusia. Namun dewasa ini, penggunaan energi yang tak terkendali menjadi salah satu faktor terbesar pemanasan global. Dampak yang ditimbulkan menuntut kesadaran akan peningkatan pelestarian lingkungan, efisiensi ekonomi, dan efisiensi energi. Industri konstruksi adalah salah satu penyumbang terbesar pada pemanasan global. Hal ini mendorong upaya efisiensi dan konservasi energi pada bangunan guna mengurangi emisi karbon yang dihasilkan.

Untuk mengurangi dan mengoptimalkan penggunaan energi, saat ini bangunan dituntut menggunakan konsep efisiensi energi sehingga dapat memenuhi kualifikasi sertifikasi bangunan hijau. Penelitian ini diperlukan untuk mengevaluasi dan mengukur konsumsi energi pada Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Unsrat berdasarkan aplikasi EDGE untuk menghitung presentasi penggunaan energi pada bangunan dan langkah – langkah yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan efisiensi energi.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan mengumpulkan data sekunder melalui studi pustaka dan observasi survey langsung ke objek penelitian. Data yang dihimpun kemudian diuji menggunakan aplikasi EDGE untuk mendapatkan angka akurat penggunaan dan efisiensi energi pada objek penelitian. Selanjutnya, hasil tersebut dievaluasi untuk menentukan Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Unsrat memenuhi kriteria bangunan hemat energi.

Kata kunci: Efisiensi energi, EDGE, Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Unsrat

PENDAHULUAN

Degradasi lingkungan dan perubahan iklim global telah mendorong semua sektor pembangunan serta budaya masyarakat untuk mengadopsi paradigma pembangunan dan gaya hidup yang lebih ramah lingkungan (green living and green development). Dalam bidang arsitektur, UIA (Union Internationale des Architectes), sebuah organisasi internasional yang mewadahi para arsitek, pada tanggal 28 September 2011 dalam kongres Tokyo Declaration, telah meluncurkan program SbD-50 (Sustainable by Design 2050) sebagai tindak lanjut dari Copenhagen Declaration-Sustainable by Design tahun 2009. Program ini mengarahkan agar praktik perancangan arsitektur di seluruh dunia menerapkan prinsip-prinsip bangunan yang berkelanjutan.

Tantangan tersebut dapat diatasi melalui pengembangan bangunan yang memiliki kualitas dan kinerja yang optimal. Dengan alokasi investasi yang tepat, bangunan memiliki potensi untuk menjadi aset yang sangat berharga dengan kontribusi yang signifikan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan menanggulangi dampak lingkungan. Untuk beralih ke arah pembangunan bangunan hijau, praktik konstruksi yang efisien dalam pemanfaatan sumber daya harus diperkenalkan dan diterapkan secara luas. Konstruksi berwawasan lingkungan memberikan peluang untuk mencapai penurunan emisi dengan biaya yang terjangkau serta memastikan efisiensi energi dan penggunaan air yang berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, konsultan arsitektur di Indonesia harus memiliki pemahaman mendalam dan keterampilan yang mumpuni dalam menerapkan strategi desain bangunan yang dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam dan energi, sekaligus mematuhi standar bangunan hijau yang berlaku di Indonesia. Mengingat karakteristik permanen dari produk arsitektur, setiap tahap dan keputusan dalam proses perancangan harus dijalankan secara teliti. Mulai dari evaluasi lingkungan, implementasi konstruksi yang efisien, hingga pemilihan material, perlu dilakukan simulasi dan evaluasi menyeluruh untuk memahami dampak yang mungkin ditimbulkan oleh bangunan tersebut.

Banyak upaya telah dilakukan untuk merancang bangunan ramah lingkungan, namun sering kali upaya tersebut hanya mencakup sebagian dari keseluruhan kriteria bangunan hijau. Namun saat ini, IFC telah memperkenalkan suatu konsep yang membantu para pemangku kepentingan dalam upaya menciptakan bangunan yang menggunakan sumber daya secara efisien yaitu Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE). EDGE juga dapat membantu dalam perhitungan penghematan serta pembiayaan yang dibutuhkan untuk pembangunan bangunan hijau yang ramah lingkungan serta membantu dalam mengidentifikasi jumlah penghematan energi, air, dan material serta pengurangan biaya operasional bangunan.

Melalui beberapa kajian diatas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penerapan standar bangunan hijau khususnya efisiensi energi berbasis aplikasi EDGE pada Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Unsrat adalah untuk mendapatkan hasil evaluasi penghematan energi dengan menggunakan aplikasi EDGE. Hasil yang diharapkan dapat memberikan bukti empiris dengan perhitungan persentase penghematan dan efisiensi energi pada bangunan.

METODE PENELITIAN

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif, di mana data sekunder dikumpulkan melalui kajian literatur serta survei langsung ke objek penelitian. Data yang terhimpun kemudian dianalisis menggunakan aplikasi EDGE untuk memperoleh estimasi yang akurat terkait penggunaan dan efisiensi energi pada bangunan yang menjadi fokus penelitian. Selanjutnya, hasil analisis tersebut dievaluasi secara kritis untuk menentukan sejauh mana Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Unsrat memenuhi standar sebagai bangunan yang hemat energi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kajian Teori

1. Efisiensi Energi pada Bangunan

Efisiensi energi adalah penggunaan teknologi yang mengonsumsi lebih sedikit energi untuk mencapai tujuan yang sama dalam memberikan layanan atau manfaat. Efisiensi

energi juga dapat didefinisikan sebagai penggunaan lebih sedikit energi dalam suatu bangunan untuk melakukan operasi yang sama dengan bangunan yang mengkonsumsi energi secara tidak efisien. Penting untuk mempertimbangkan efisiensi energi selama seluruh siklus hidup bangunan, mulai dari tahap desain, pemilihan bahan konstruksi, proses konstruksi, hingga pengoperasiannya. Efisiensi energi pada bangunan merupakan langkah yang terjangkau dan efektif untuk mengurangi dampak negatif perubahan iklim dan masalah kesehatan terkait, serta untuk mengurangi biaya operasional rumah tangga dan emisi karbon dioksida. Ada penekanan khusus pada pengurangan emisi CO₂ oleh Konferensi Para Pihak Perubahan Iklim PBB ke-26 (COP26) di Glasgow yang diadakan pada 31 Oktober - 13 November 2021.

Aspek – aspek utama dalam efisiensi energi dalam suatu bangunan antara lain :

- Desain bangunan pasif hampir tanpa energi
- Pemanfaatan bahan bangunan hemat energi
- Penggunaan peralatan hemat energi
- Integrasi teknologi energi terbarukan dalam berbagai aplikasi

2. Software EDGE

Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE) adalah suatu konsep yang diperkenalkan oleh International Finance Corporation (IFC) untuk membantu para pemangku kepentingan dalam upaya menciptakan bangunan yang menggunakan sumber daya secara efisien. Melalui platform penilaian online yang dapat diakses dari berbagai perangkat, EDGE juga dapat membantu dalam perhitungan penghematan serta pembiayaan yang dibutuhkan untuk pembangunan bangunan hijau yang ramah lingkungan.

EDGE membantu pengembang, pemilik bangunan, dan investor dalam melakukan evaluasi terhadap dampak lingkungan dan ekonomi dari setiap keputusan desain dalam waktu singkat. Dengan menyediakan informasi tentang kondisi iklim, pola penggunaan, teknologi, dan jenis bangunan dari lebih dari 170 negara, EDGE memungkinkan pengguna untuk mengetahui

secara langsung dampak dari desain bangunan terhadap lingkungan serta perhitungan biaya ekonominya. Selain itu, EDGE juga membantu dalam mengidentifikasi jumlah penghematan energi, air, dan material serta pengurangan biaya operasional bangunan.

Aplikasi dari EDGE tidak terbatas pada jenis bangunan tertentu, melainkan dapat diterapkan pada berbagai macam tipologi bangunan seperti perumahan, hotel, rumah sakit, institusi pendidikan, ritel, dan kantor. Saat ini, EDGE menawarkan tiga tingkatan sertifikasi yang berbeda, yaitu EDGE Certified, EDGE Advanced, dan Zero Carbon.

Menurut panduan resmi bagi pengguna EDGE ada standarisasi persentase penghematan untuk mencapai kualifikasi sertifikasi EDGE itu sendiri, data bangunan yang dimasukkan harus memenuhi standar minimum persentase penghematan EDGE yaitu sebesar 20% penghematan energi, 20% penghematan air, dan 20% penghematan material bila dibandingkan dengan bangunan konvensional lainnya.

Dalam panduan tersebut mengatakan bahwa EDGE menetapkan standar global dengan menyesuaikan base case dengan tipologi bangunan dan lokasinya.

Masing-masing kategori memberikan beberapa strategi penghematan untuk diterapkan pada bangunan yang bisa meningkatkan persentase penghematan dari ketiga kategori tersebut.

Selain penghematan dari energi, air, dan material, EDGE juga memberikan angka penghematan uang dari hasil strategi-strategi yang digunakan serta perkiraan jangka waktu pengembalian modal dari strategi tersebut.

Dalam proses Sertifikasi EDGE, ada beberapa pihak yang terlibat. Dalam melakukan aspek teknis pemenuhan kriteria EDGE, pemilik bangunan dapat didampingi oleh EDGE Experts, kemudian penilaian bangunan akan dilakukan oleh EDGE Auditor.



Gambar 1. Logo EDGE & IFC
(Sumber: edgebuilding.com)

3. Green Building

Green building, juga dikenal sebagai bangunan hijau atau konstruksi hijau, adalah konsep yang bertujuan untuk mengatasi masalah lingkungan seperti kerusakan alam dan pemanasan global. Bangunan hijau didesain dengan mempertimbangkan aspek-aspek ramah lingkungan, hemat energi, dan penggunaan material yang ramah lingkungan, serta berusaha untuk efisiensi dalam penggunaan sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan, dari perencanaan hingga pembongkaran.

Menurut World Green Building Council, bangunan hijau adalah yang mengurangi atau bahkan menghilangkan dampak negatif terhadap lingkungan sambil menciptakan dampak positif pada iklim dan lingkungan alam, dengan tujuan melestarikan sumber daya alam dan meningkatkan kualitas hidup manusia. Green Building Council Indonesia mendefinisikan bangunan hijau sebagai bangunan yang memperhatikan aspek perlindungan, penghematan, dan pengurangan penggunaan sumber daya alam, serta menjaga kualitas bangunan dan kesehatan penghuninya, berdasarkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan.

Konsep green building bertujuan untuk mengurangi penggunaan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui dan meningkatkan kualitas hidup penghuninya melalui penggunaan material yang ramah lingkungan, efisiensi energi, pengelolaan air yang berkelanjutan, dan pengelolaan biaya yang efisien. Menciptakan desain arsitektur yang ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah tujuan utama green building, yang juga melibatkan efisiensi dalam penggunaan energi, air, dan material bangunan yang dapat berdampak negatif pada kesehatan penghuninya, dengan proses perencanaan yang mencakup pemilihan lokasi, proses konstruksi, operasi bangunan, dan pemeliharannya.

4. Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Unsrat

Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Unsrat digunakan pertama kali pada tahun 2010. Gedung ini dikategorikan dalam tipe bangunan pendidikan dalam aplikasi EDGE karena gedung ini difungsikan sebagai tempat belajar dan laboratorium tugas akhir bagi mahasiswa S1 Program Studi Arsitektur Unsrat. Gedung ini memiliki luas 1.798,2 m³ yang terletak di samping Laboratorium Fakultas Teknik dengan koordinat 1°27'N, 124°49'31"E menghadap ke utara dengan kemiringan 18,6° serta terdiri atas 2 lantai yang berfungsi sebagai laboratorium tugas akhir bagi mahasiswa.

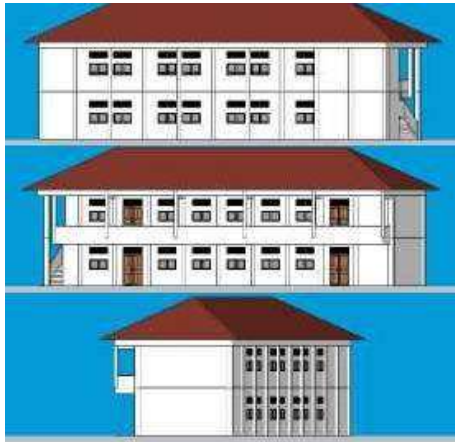


Gambar 2. Gedung Lab. Tugas Akhir Arsitektur Unsrat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

B. Data dan Analisis

Dalam penelitian ini, data primer juga dimanfaatkan untuk memberikan informasi tambahan yang akan dipergunakan dalam tahap analisis berupa dokumen 3D Sketchup bangunan Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.





Gambar 3. Gambar 3D Gedung Lab. Tugas Akhir
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Langkah awal dilakukan dengan memasukkan data bangunan seperti orientasi terhadap matahari dan luasan bangunan ke dalam software EDGE yang kemudian langsung dianalisis secara otomatis. Berdasarkan hasil analisis tersebut, persentase penghematan energi pada bangunan awalnya -1,36 %.

Design	Energy 12.8%	Water 0.00%	Materials 1.00%	Operations
Energy Efficiency Measures				
Choose energy efficiency measures to achieve savings of at least 20%.				
EEM01*	Window-to-Wall Ratio: 9.49%			
Base Case Value: 40%		WWR (%)	9.49	

Gambar 4. Data Bangunan
(Sumber: EDGE, 2024)

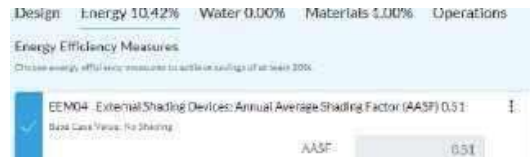
Dilanjutkan dengan Analisa data WWR bangunan yang sudah dimasukan yaitu sebesar 9,49 % menghasilkan penghematan energi bangunan sebesar 8,43 %.



Gambar 5. Data WWR
(Sumber: EDGE, 2024)

Kemudian Analisa data terhadap AASF (Annual Average Shading Factor) pada bangunan sebesar

0,51 memberikan kenaikan persentase penghematan energi pada bangunan menjadi 10,42 %.



Gambar 6. Data AASF
(Sumber: EDGE, 2024)

Penggunaan Air conditioner dengan sistem Air Cooled DX split dengan COP 3,516 memberikan kenaikan persentase penghematan energi menjadi 19,47 %.



Gambar 5. Data CSE
(Sumber: EDGE, 2024)

C. Pembahasan

Penghematan energi dalam bangunan dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang kompleks. Pertama-tama, desain bangunan memiliki dampak signifikan terhadap penggunaan energi, termasuk orientasi bangunan, pencahayaan alami, isolasi termal, dan ventilasi yang baik. Di dalam penelitian ini, factor-faktor yang digunakan antara lain:

1. Orientasi Bangunan

Pada dasarnya, orientasi bangunan akan berpengaruh pada persentase penghematan energi. Dalam software EDGE, perubahan persentase penghematan energi sudah dimulai dengan penginputan awal data orientasi bangunan. Umumnya arah hadap utara dan selatan lebih baik dikarenakan minimnya panas matahari berlebih dari arah tersebut, berbeda dengan arah hadap timur yang menjadi asal dari panas matahari pagi dan arah barat yang menjadi asal dari panas matahari sore hari.

Bangunan Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sam

Ratulangi memiliki orientasi bangunan yang menghadap ke arah utara dan tidak adanya bukaan pada arah timur dan barat membuat bangunan ini dinilai memiliki orientasi bangunan yang baik, namun pada arah selatan bangunan terdapat beberapa bukaan mengingat bahwa Sulawesi Utara berada di atas garis katulistiwa sehingga cahaya dan panas matahari yang masuk ke dalam bangunan lebih dominan dari pada arah Utara.

Pada hasil analisis software EDGE, persentase penghematan energi dari hasil data orientasi bangunan menunjukkan angka negatif yang mana orientasi bangunan tersebut terbilang tidak cukup baik.

2. Window to Wall Ratio (WWR)

Windows to Wall Ratio (WWR) adalah rasio antara luas jendela dengan luas total dinding pada suatu bangunan. WWR memiliki dampak signifikan terhadap persentase penghematan energi pada bangunan. Semakin besar WWR, semakin tinggi kemungkinan terjadinya peningkatan panas dan intensitas cahaya di dalam bangunan. Hal ini memberikan penghematan energi untuk cahaya dalam bangunan dikarenakan banyaknya cahaya alami yang masuk namun dengan masuknya panas matahari berlebihan dapat mempengaruhi panas dalam bangunan, jika bangunan tersebut menggunakan pendingin udara maka beban dari pendingin tersebut akan meningkat sehingga penghematan energi akan semakin mengecil.

$$WWR = \frac{\text{Luas Total Jendela}}{\text{Luas Total Dinding}}$$

Di mana:

- Luas Total Jendela adalah jumlah luas dari semua jendela pada semua lantai bangunan.
- Luas Total Dinding adalah jumlah luas dari semua dinding bangunan pada semua lantai.

3. Annual Average Shading Factor (AASF)

Annual Average Shading Factor (AASF) adalah parameter yang digunakan dalam

perencanaan bangunan untuk mengukur seberapa banyak sinar matahari yang disaring oleh elemen penutup seperti awning, tirai, atau pohon selama satu tahun. Ini penting karena sinar matahari yang terlalu berlebihan dapat menyebabkan peningkatan suhu dalam bangunan, yang kemudian memaksa sistem HVAC untuk bekerja lebih keras untuk mendinginkannya, mengakibatkan konsumsi energi yang lebih tinggi.

Dengan merancang bangunan yang mempertimbangkan AASF, pengguna dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan, menghasilkan bangunan yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Ini tidak hanya mengurangi biaya operasional, tetapi juga mengurangi jejak karbon dan dampak negatif lainnya pada lingkungan. Dengan demikian, memperhitungkan AASF adalah langkah penting dalam menciptakan bangunan yang efisien secara energi dan berkelanjutan.

4. Cooling System Efficiency

Penggunaan system pendinginan pada bangunan gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Universitas Sam Ratulangi menggunakan system AC split. Sistem pendinginan AC split melibatkan unit indoor yang menyerap panas dari udara dalam ruangan melalui evaporator, dan unit outdoor yang melepaskan panas tersebut ke lingkungan luar melalui kondensor. Dengan komponen seperti kompresor dan katup ekspansi, siklus refrigerasi ini memastikan pendinginan yang efisien dan konsisten. Keunggulan AC split meliputi efisiensi energi yang tinggi, pemasangan yang fleksibel tanpa memerlukan ductwork kompleks, operasi yang lebih tenang, kontrol suhu yang akurat di setiap ruangan, desain estetis, dan pemeliharaan yang lebih mudah. Meskipun biaya pemasangan awal mungkin lebih tinggi, sistem ini menawarkan kenyamanan dan efisiensi jangka panjang yang signifikan.

5. Rencana Strategi Penghematan Kedepan

Untuk langkah awal dalam perencanaan penghematan energi, Penerangan hemat untuk area dalam ruangan menjadi strategi pertama yang diinput ke dalam software EDGE. Persentase penghematan energi pada

bangunan awalnya 19,47 % yang kemudian setelah digunakannya strategi tersebut memberikan kenaikan persentase menjadi 20,67 %.



Gambar 6. Perhitungan Penghematan Lampu (Sumber: EDGE, 2024)

Strategi kedua yang digunakan yaitu control penerangan, walau hanya kecil namun strategi ini dapat memberikan kenaikan persentase penghematan menjadi 21,11 %.



Gambar 7. Perhitungan Kontrol Lampu (Sumber: EDGE, 2024)

Kemudian, Meteran pintar menjadi strategi berikutnya yang dipilih untuk diaplikasikan kedalam bangunan. Strategi ini memberikan kenaikan persentase penghematan menjadi 23, 46 %.



Gambar 8. Perhitungan Meteran Pintar (Sumber: EDGE, 2024)

Strategi keempat yang digunakan yaitu penggunaan Ceiling Fan. Strategi ini dapat menjadi solusi jika AC sedang dimatikan. Dengan menggunakan strategi ini, persentase penghematan memiliki kenaikan yang cukup signifikan dari 23,46 % naik menjadi 32,01%.



Gambar 9. Perhitungan Ceiling Fan (Sumber: EDGE, 2024)

Strategi terakhir yang digunakan yaitu dengan memanfaatkan ventilasi alami namun dengan beberapa kondisi tertentu sesuai dengan panduan dari EDGE. Dengan strategi ini, persentase penghematan naik menjadi 55,35 %.



Gambar 10. Perhitungan Natural Ventilation (Sumber: EDGE, 2024)

KESIMPULAN

Dalam analisis data yang menggunakan aplikasi EDGE, disimpulkan bahwa penerapan pengurangan rasio jendela terhadap dinding (EEM01), penggunaan perangkat peneduh luar (EEM04), dan efisiensi sistem pendingin (EEM13) pada Gedung Laboratorium Tugas Akhir Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi menghasilkan penghematan energi sebesar 19,47%. Nilai tersebut, menurut sistem standar EDGE, belum memenuhi kualifikasi untuk sertifikasi bangunan hijau. Namun, dengan adanya keterbatasan data, nilai tersebut dapat berubah sewaktu-waktu seiring dengan perkembangan data dan hasil analisis lebih lanjut.

Dengan perencanaan tambahan seperti Efficient Lighting for Internal Areas (EEM22), kontrol penerangan (EEM24), meteran pintar (EEM31), kipas langit-langit (EEM12), dan ventilasi alami (EEM11), gedung ini dapat mencapai penghematan energi sebesar 55,35%, memenuhi standar EDGE dan kategori Zero Carbon. Namun, angka ini masih dapat berubah dengan perkembangan data dan analisis lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ala dkk.. (2020). Aplikasi dan Evaluasi dengan Software EDGE pada Gedung Laboratorium Kelautan dan Oseonegrafi Fakultas Perikanan dan Kelautan. IMAJI Vol. 9 No. 6.
- Aziza, Nurul. (2023). Metode Penelitian 1, Bagian 12 : Deskriptif Kuantitatif", Editors : Suci Haryanti, CV. Media Sains Indonesia.

- Design and Planning Laboratories.
<https://www.cleapss.org.uk/> diakses pada tanggal 18/05/2024.
- International Finance Corporation (2021). Panduan Bagi Pengguna EDGE.
- Nawaitulah, Nandy dkk.. (2018). Analisis Efisiensi Energi pada Bangunan Gedung untuk Mendukung Program Konservasi Energi. Jurnal Dielektrika Vol. 5 No. 1.
- Salsabila, Fajriyani dkk.. (2020). Aplikasi dan Evaluasi dengan Software EDGE pada Gedung Dekanat Baru Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. IMAJI Vol. 9 No. 6.
- Syah, Nurhanasan et al. (2021). Green Building : Konsep dan Implementasinya. Rajawali Press, Depo

