

Penilaian Bangunan Hijau Dari Aspek Produksi Carbon Footprint Dengan Menggunakan Rating Tool EDGE Pada Tahap Desain (Studi Kasus Gedung Kedokteran Universitas Katolik Soegijapranata)

Rezza Mahendra Putra, Surya Hermawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Petra Christian University

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

rezzap2093@gmail.com

shermawan@petra.ac.id

Abstrak— Industri konstruksi telah mengalami perkembangan yang pesat dalam beberapa dekade terakhir, didorong oleh inovasi teknologi, dan perubahan kebutuhan pasar yang meningkat setiap tahun-nya. Namun dibalik kemajuan industri konstruksi memberikan dampak negatif yang patut diperhatikan. Berkurangnya lahan hijau, penggunaan sumber daya alam berlebihan, dan jejak karbon yang ditinggalkan oleh industri bangunan dapat menjadi masalah serius. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini secara Profesionalisme adalah melihat seberapa efektif bangunan dengan konsep ramah lingkungan mampu untuk menekan produksi jejak karbon pada fase desain, secara Etika meninjau bagaimana sikap dan tanggung jawab insinyur sebagai pelaku industri ini menanggapi gerakan konsep bangunan ramah lingkungan dan secara K3 meninjau bagaimana pengaruh prosedur pemberlakuan prosedur K3 di lapangan dapat mempengaruhi produksi jejak karbon. Adapun metode yang digunakan adalah observasi kualitatif dengan menganalisis total jejak karbon dari dua jenis bangunan, insinyur dapat mengevaluasi efektivitas penerapan prinsip bangunan ramah lingkungan. Penggunaan perangkat lunak EDGE untuk menganalisis data juga memberikan pendekatan yang canggih dalam mendapatkan hasil yang akurat. Hasil dari penelitian ini adalah secara profesionalisme bangunan dengan konsep ramah lingkungan mampu untuk menekan produksi jejak karbon pada fase desain sebesar 94 kgCO_{2e}/m², secara etika lingkungan memvalidasi penggunaan konsep bangunan ramah lingkungan secara K3 prosedur K3 di lapangan dapat mempengaruhi produksi jejak karbon. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan perbandingan dengan program sertifikasi lain seperti LEED atau BREEAM juga dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian mendatang.

Kata Kunci— *Green Building, Carbon Footprint, EDGE*

I. PENDAHULUAN

Bangunan bertanggung jawab atas 35% konsumsi energi global dan 38% total emisi CO₂ terkait energi baik langsung maupun tidak langsung [1]. Namun masih jarang pembangunan yang memperhatikan hal tersebut, oleh karena itu, konsep bangunan ramah lingkungan diperkenalkan sebagai pendekatan inovatif untuk menerapkan dan mencapai keberlanjutan dalam industri konstruksi. Bangunan 'hijau' biasanya mengacu pada bangunan ramah lingkungan dengan konsumsi energi dan air yang efisien serta dampak lingkungan yang rendah dibandingkan dengan bangunan non-hijau. Kebijakan dan regulasi telah diformulasikan dalam tiga dekade terakhir melalui gagasan bangunan ramah lingkungan sebagai upaya untuk mengatasi peningkatan emisi karbon [2]. Secara pokok, konsep ini berasal dari diskusi dan perdebatan intensif yang bertujuan untuk mengurangi dampak negatif bangunan terhadap lingkungan dengan cara meningkatkan efisiensi dan mengurangi penggunaan material, energi, serta merancang tata ruang pembangunannya dengan lebih bijak.

Selanjutnya, *Green Building Councils* (GBC)

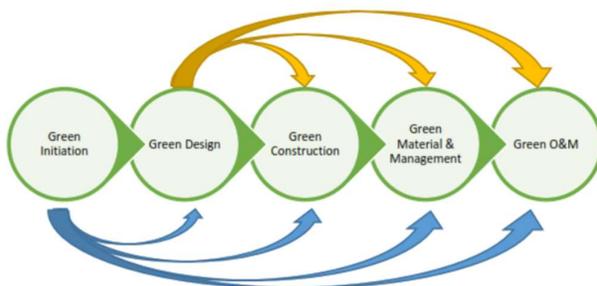
didirikan di seluruh dunia untuk memantau dan mempercepat pembangunan berkelanjutan di lingkungan binaan [3]. Setiap GBC mengembangkan Sistem Peringkatan Bangunan Ramah Lingkungan (*Green Building Rating System*) sendiri seperti Kepemimpinan dalam Desain Energi dan Lingkungan (LEED) di Amerika Serikat dan Kanada, Metode Penilaian Lingkungan Pendirian Penelitian Bangunan (BREEAM) di Inggris, Sistem Penilaian Komprehensif untuk Efisiensi Lingkungan Terbangun (CASBEE) di Jepang. Sistem Peringkat Bangunan Hijau menyediakan panduan untuk mengatur informasi lingkungan, memberikan penilaian obyektif terhadap kinerja bangunan, dan mengukur kemajuan menuju keberlanjutan. Sistem ini memiliki kriteria umum dan serupa dalam mengevaluasi faktor-faktor seperti konsumsi energi, kualitas lingkungan dalam ruangan, efisiensi air, pengelolaan limbah, dan penggunaan material bangunan [4]. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah secara profesionalisme untuk melihat seberapa besar pengurangan karbon antara bangunan dengan konsep bangunan hijau dengan bangunan biasa, secara etika melihat bagaimana pengaruh dari produksi karbon yang berlebihan pada sebuah proyek mempengaruhi lingkungan sekitar dan

bagaimana implementasi K3 mempengaruhi produksi karbon pada bangunan dengan konsep ramah lingkungan.

II. LANDASAN TEORI

Green building merupakan konsep yang lebih kompleks dibandingkan dengan bangunan konvensional. Hal ini dikarenakan adanya kebutuhan evaluasi terhadap bahan dan sistem alternatif yang umumnya dilakukan oleh tim desain. Pada proyek bangunan konvensional, desain skematik yang mencakup konsep yang sederhana dan umum tentang fungsi bangunan secara umum umumnya digunakan di awal proses proyek (iSBE). Namun, dalam proyek *green building*, proses desain yang terintegrasi diterapkan sejak awal proyek karena *green building* memiliki banyak fitur desain unik yang biasanya tidak ditemukan dalam bangunan konvensional, dan memerlukan integrasi yang lebih mendalam [5].

Kepentingan terhadap konsep bangunan hijau telah meningkat di kalangan pengembang properti saat ini. Penerapan bangunan hijau berperan dalam mengurangi laju pemanasan global dengan memperbaiki iklim mikro. Fokus utama dalam menerapkan konsep ini adalah efisiensi penggunaan air dan energi. Edge, sebagai salah satu program, dapat digunakan untuk menilai sejauh mana penghematan yang dihasilkan oleh penerapan konsep bangunan hijau. Hal ini dilakukan dengan membandingkan pengeluaran bulanan untuk air, energi, dan material dari bangunan yang menerapkan konsep bangunan hijau dengan bangunan konvensional. Dengan demikian, penghematan yang diperoleh dari konsep bangunan hijau dapat dihitung. Untuk meningkatkan kesadaran tentang masalah ini, semua pihak terlibat, termasuk pemilik, perancang, dan pelaksana, perlu memahami secara rinci kendala, peluang, dan detail terkait dengan bangunan hijau, serta memahami perbaikan yang dapat dicapai. Dengan peningkatan pemahaman mengenai bangunan hijau, semua pihak dapat secara realistis dan efektif berkontribusi untuk mempercepat perubahan. Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA) di Amerika Serikat, *green building* didefinisikan sebagai praktik menciptakan struktur dan menerapkan proses yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan efisien dalam penggunaan sumber daya sepanjang seluruh daur hidup konstruksi. Tahapan daur hidup ini mencakup penentuan tapak, desain, konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, hingga dekonstruksi. Proses pembentukan konsep *green building* melibatkan langkah-langkah:



Gambar. 1. *Green Project Life Cycle* [6]

Gambar 1 menggambarkan siklus hidup proyek berkelanjutan, dimulai dari keinginan atau inisiasi akan pentingnya konsep berkelanjutan hingga tahap operasi dan pemeliharaan (O&M). Setiap elemen dalam siklus tersebut saling berpengaruh. Dalam Gambar 1, terlihat bahwa proses pembentukan bangunan berkelanjutan sangat kompleks. Setiap keputusan yang diambil akan berdampak pada keputusan lainnya, yang pada gilirannya akan memengaruhi proses konstruksi yang akan dilaksanakan.

A. *Green Initiation*

Menurut Wibowo dkk (2018), *green initiation* dapat diartikan sebagai dialog antara pemilik proyek dan konsultan mengenai siklus hidup proyek hijau karena banyak klien atau pemilik tidak memiliki informasi yang memadai tentang seberapa besar dampak limbah konstruksi. Proses siklus hidup proyek hijau melibatkan sejumlah tahapan yang beragam, dimulai dari survei, investigasi, desain, konstruksi, hingga operasi dan pemeliharaan. Pemilik proyek memainkan peran penting dalam pembentukan model bangunan berkelanjutan, dengan keterlibatannya yang signifikan mempengaruhi proses pembentukan konsep konstruksi dan pembangunan berkelanjutan. Keputusan dalam proyek ini dikelola oleh pemilik proyek, yang pada gilirannya membantu dalam mendidik anggota tim proyek untuk mencapai konsep konstruksi dan pembangunan yang berkelanjutan [7].

B. *Green Design*

Green design adalah metode perancangan bangunan yang memberikan peluang untuk mengurangi dampak lingkungan yang terkandung dalam pembuatan desain baru dan proses konstruksi [6]. Menurut Wibowo dkk (2018), untuk mewujudkan konsep *green design*, diperlukan perhatian terhadap berbagai proses desain, termasuk:

1. Desain
2. Kemampuan Inovasi
3. Keamanan Produk
4. *Environmental Control*
5. Manajemen Bangunan dan Lingkungan.

C. *Green Construction*

Green construction adalah praktek yang menitikberatkan pada pengurangan penggunaan sumber daya dan energi, limbah, serta emisi yang dihasilkan selama fase konstruksi [6]. Dibandingkan dengan metode konstruksi konvensional, proyek yang mengadopsi konsep *green construction* harus menerapkan praktik konstruksi berkelanjutan. Implementasi konsep *green construction* sering kali diukur melalui sistem penilaian bangunan hijau seperti *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Menurut Wibowo dkk (2018), untuk merealisasikan konsep *green construction*, perlu memperhatikan berbagai proses konstruksi, termasuk:

1. Manajemen dan Perencanaan di lokasi.
2. *Site Operation*
3. Lingkungan Masyarakat.
4. *Reverse Logistic*.

D. *Green Material & Management*

Green material management adalah metode atau cara untuk menggantikan aktivitas atau bahan yang berpotensi merugikan dengan aktivitas atau bahan yang lebih ramah

lingkungan. Proses ini dapat diuraikan dalam beberapa kegiatan, termasuk perencanaan material, transportasi yang berkelanjutan, penyimpanan material, penanganan material, dan pengemasan [6]. *Green material management* merupakan aspek penting, meskipun seringkali terlupakan oleh pengembang karena memerlukan perencanaan yang matang dan melibatkan waktu yang cukup lama. Menurut Wibowo dkk (2018), untuk mewujudkan konsep *green material management*, perlu memperhatikan berbagai proses desain, termasuk:

1. Perencanaan Material.
2. *Green Transportation*.
3. Penyimpanan Bahan.
4. Penanganan Material.

E. *Green O&M*

Green operation & maintenance merujuk pada suatu rencana yang mengintegrasikan praktik pembersihan, metode kerja, pelatihan, dan pengawasan dengan bahan-bahan yang digunakan dalam proyek, berfokus pada lingkungan atau kondisi yang optimal [6]. Diskusi mengenai *green operation & maintenance* ini mewakili tujuan dari konsep bangunan berkelanjutan. Lebih lanjut, bangunan yang sedang dalam tahap desain, konstruksi, dan operasionalnya diharapkan dapat mengurangi dampak negatif dan memberikan dampak positif terhadap iklim dan lingkungan alami (GBCI). Oleh karena itu, menurut Wibowo dkk (2018), untuk mencapai *green operation & maintenance*, perlu memperhatikan aspek-aspek berikut:

1. Infiltrasi dan retensi air.
2. Konservasi energi harian.
3. Konversi air.
4. Pengurangan emisi CO₂.
5. Pengurangan limbah konstruksi
6. Perbaikan fasilitas pembuangan limbah
7. *Biodiversity*
8. *Indoor environmental quality*

F. *Green Management Policy*

Selain berbagai aspek yang telah diuraikan di atas, *green management policy* juga merupakan hal yang penting. *Green management policy* merupakan usaha untuk meningkatkan pemahaman terhadap prinsip dasar manajemen lingkungan, yaitu bahwa tanggung jawab membangun adalah tanggung jawab pribadi. Tanggung jawab pribadi dapat diwujudkan melalui berbagai kegiatan atau praktik, serta implementasi prinsip-prinsip sistem manajemen dalam konteks pembangunan yang ramah terhadap lingkungan [8]. *Green Management Policy* sendiri mencakup berbagai hal, seperti:

1. *Green Corporate Social Responsibility*.
2. *Green Customer Education*
3. *Green Image Promotion*
4. *Certificate of Building Proper Function*

G. K3 (Kesehatan, Keselamatan, dan Keamanan)

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) menurut OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) mencakup suatu kerangka kerja yang bertujuan untuk melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja konstruksi, sambil menjaga lingkungan kerja agar tetap aman. Dasar

teori ini menjadikan landasan untuk pengaplikasian sistem *green building* di lapangan. Pengaplikasian sistem K3 yang baik akan membantu mewujudkan sistem *green building*, dengan pengaplikasian sistem K3 di lapangan dengan baik membantu pengurangan produksi jejak karbon didalam proyek.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah observasi kualitatif berdasarkan standar EDGE melalui pengukuran simulasi antara bangunan kampus dengan konsep ramah lingkungan dan bangunan biasa. Gedung-gedung ini memiliki total luas sekitar 9505 m². Objek penelitian yakni gedung kampus kedokteran Universitas Katolik Soegijapranata di BSB yang menerapkan konsep *green building*

Dalam analisis data, penelitian ini menggunakan metode pengolahan data dengan memanfaatkan program EDGE. Program EDGE merupakan suatu sistem sertifikasi untuk bangunan gedung hijau, dirancang khusus untuk negara berkembang oleh *International Finance Corporation* (IFC). Program ini menjadi instrumen yang terukur bagi pelaku jasa konstruksi, memungkinkan optimalisasi desain dengan tujuan agar produknya menjadi layak dari segi investasi.

Hasil dari penelitian ini diperoleh dengan membandingkan hasil pengeluaran jejak karbon yang dihasilkan dari penggunaan material pada proses pembangunan, sehingga dapat disimpulkan sejauh mana efisiensi jejak karbon yang diperoleh dari implementasi konsep *green building*. Dalam penelitian ini, variabel-variabel umum yang diukur mencakup data-data standar dari EDGE, yang melibatkan:

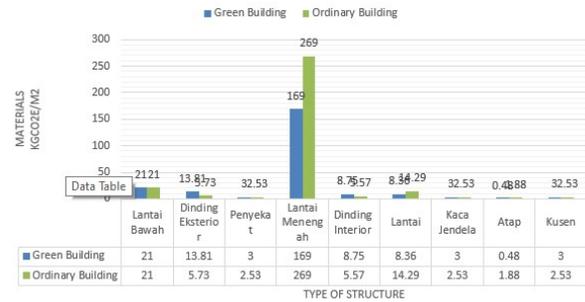
A. Data Desain

Merupakan data mengenai keterangan tentang bangunan yang akan dinilai meliputi:

1. Nama Proyek: Gedung Kedokteran Universitas Katolik Soegijapranata BSB
2. Jumlah bangunan: 1
3. Negara: Indonesia
4. Alamat: BSB City, Semarang
5. Kepadatan Hunaian: 3 m²/siswa
6. Jam operasional: 8 jam/hari
7. Hari sekolah: 6 hari/minggu
8. Libur: 25 hari/tahun
9. Tinggi lantai di atas kelas: 4 m
10. Tinggi lantai ke lantai: 4 m
11. Jumlah *basement*: 1 lantai
12. Total luas lantai proyek: 9505 m²
13. Ruang kelas: 661.8 m²
14. Ruang rapat: 176.1 m²
15. Ruang kantor: 575.7 m²
16. Perpustakaan: 81.6 m²
17. Koridor: 1152.7 m²
18. Toilet: 240.5 m²
19. Lab: 2496.8 m²
20. Parkir mobil dalam ruangan: 567.2 m²
21. Area dengan pencahayaan luar: 3733.15 m²
22. Sistem AC: Central

23. Generator: Diesel
 24. Bahan bakar: LPG
 25. Listrik: 1644.52 kWh
 26. Elevasi: 2347 mm/tahun
- B. Data Material
1. Konstruksi Lantai Bagian Bawah: Pelat Beton Konvensional Bertulang In-situ
 - a. Proporsi %: 100%
 - b. Tebal: 100 mm
 - c. Rebar baja: 35 kg/m²
 2. Konstruksi Lantai Menengah: Pelat Beton Konvensional Bertulang In-situ
 - a. Proporsi %: 100%
 - b. Tebal: 100 mm
 - c. Rebar baja: 35 kg/m²
 3. Pelapis Lantai:
 - a. Tipe 1: Lantai keramik, tebal 7 mm, proporsi 50%
 - b. Tipe 2: Lantai batu alam, tebal 10 mm, proporsi 50%
 4. Konstruksi Atap:
 - a. Tipe 1: Atap metal, tebal 0,45 mm, proporsi 60%
 - b. Tipe 2: Pelat konvensional bertulang in-situ tebal 10 mm, proporsi 40%
 5. Dinding Eksterior: Dinding bata (25%-40% rongga) dengan plester eksternal dan internal
 - a) Proporsi %: 100%
 - b) Tebal: 150 mm
 6. Dinding Interior:
 - a. Tipe 1: Dinding Panel Metal dengan Plasterboard, tebal 9 mm, proporsi 50%
 - b. Tipe 2: Dinding bata (25%-40% rongga) dengan plester eksternal dan internal, tebal 150 mm, proporsi 50%
 7. Bingkai Jendela: Aluminium, proporsi 100%
 8. Kaca Jendela: Pengglasiran ganda, proporsi 100%
 9. Insulasi Atap: Solartex
 - a. Proporsi: 100%
 - b. Tebal: 4 mm
 10. Insulasi Dinding: Glass wool
 - a. Proporsi: 100%
 - b. Tebal: mm
 11. Insulasi Lantai: none

memproduksi sekitar 320 kgCO₂e/m². Data ini menunjukkan bahwa dari segi penghematan produksi karbon pada penggunaan material bangunan, konsep *green building* telah menghemat sebanyak 94 kgCO₂e/m². Setelah melakukan analisis dengan menggunakan perangkat lunak yakni gedung kampus kedokteran Universitas Katolik Soegijapranata di BSB, hasilnya tercantum dalam Tabel 1.



Gambar. 4. Hasil Komparasi Penggunaan Material

Tabel 1. Hasil Penghematan Karbon

No	Type of Energy Used	Green Building	Ordinary Building
1	Lantai Bawah	7%	7%
2	Dinding Eksterior	6%	5,73%
3	Penyekat	8,75%	5,57%
4	Lantai Menengah	75%	84%
5	Dinding Interior	8,75%	5,57%
6	Lantai	4%	4%
7	Kaca Jendela	8,75%	5,57%
8	Atap	1%	0,48%
9	Kusen	8,75%	5,57%

B. Aspek Etika

Etika lingkungan melampaui sekadar tanggung jawab personal. Ini mengembangkan prinsip-prinsip moral yang menegaskan perlunya bertindak untuk menjaga keseimbangan ekosistem, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan semua makhluk hidup. Ini melibatkan pemahaman terhadap efek dari perilaku kita terhadap lingkungan serta upaya untuk mengurangi dampak negatifnya. Tantangan etika lingkungan meliputi percepatan perubahan iklim, kerusakan lingkungan, dan eksploitasi sumber daya alam. Namun, solusi dapat ditemukan dengan lebih banyak menerapkan bangunan dengan konsep ramah lingkungan.

C. Aspek K3

Pada aspek K3 dalam proyek yang membantu pengaplikasian sistem *green building* di lapangan adalah:

1. Safety Talk

Safety Talk yang dilakukan secara rutin oleh kontraktor, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2, membantu meningkatkan efektivitas kerja pekerja. Ini menghindari pemborosan waktu selama proyek. Sebagai contoh, saat melakukan pekerjaan cor beton, jika pekerja tidak dapat bekerja dengan efektif karena faktor-faktor keamanan yang buruk atau gangguan lain dalam proyek, hal itu dapat mengakibatkan produksi emisi karbon yang melebihi seharusnya.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Aspek Profesionalisme

Analisis perbandingan penggunaan material melibatkan perbandingan antara bangunan berkonsep *green building* dan bangunan berkonsep konvensional. Berdasarkan Gambar 4, hasil perbandingan penghematan karbon pada material bangunan dapat dihitung untuk total produksi karbon yang dikeluarkan oleh material bangunan pada kedua bangunan tersebut. Bangunan berkonsep *green building* menunjukkan produksi karbon sebesar 226 kgCO₂e/m², sedangkan bangunan berkonsep konvensional



Gambar 2: Safety Talk

2. Inspeksi Alat

Inspeksi rutin alat oleh kontraktor, seperti yang terlihat pada Gambar 3, membantu dalam manajemen jadwal penggunaan alat. Melakukan inspeksi berkala ini membantu mengatur waktu penggunaan setiap alat di proyek secara efisien, mengurangi kemungkinan produksi jejak karbon yang berlebihan akibat penggunaan alat yang tidak efektif secara waktu. Selain itu, inspeksi alat juga berperan dalam menentukan kualitas alat yang digunakan, mencegah penggunaan alat yang rusak, dan mengurangi kebutuhan untuk pengadaan alat baru.



Gambar 3: Inspeksi Alat

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan program EDGE, perbedaan total produksi karbon antara gedung *konvensional* dan ramah lingkungan dapat dihitung. Temuan dari penelitian ini menunjukkan:

- Secara profesionalisme konsep bangunan ramah lingkungan pada gedung kampus kedokteran Universitas Katolik Soegijapranata di BSB Semarang terbukti lebih efektif dalam menekan produksi karbon terhadap material bangunan dan proses pekerjaan dilapangan.
- Secara etika lingkungan penelitian ini juga memvalidasi bahwa penggunaan konsep bangunan ramah lingkungan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan gedung konvensional.

- Secara K3 terbukti bahwa penerapan prosedur K3 yang baik dapat mempengaruhi penerapan konsep bangunan ramah lingkungan.
- Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, cakupan objek penelitian terbatas pada bangunan sekolah. Menurut program EDGE yang digunakan, hasil penelitian dapat berbeda apabila jenis bangunan memiliki fungsi yang berbeda. Kedua, aspek yang diperhitungkan dalam penelitian ini terfokus pada jenis-jenis teknologi yang digunakan dalam *green building*, sedangkan masih banyak aspek lain yang dapat menjadi objek penelitian, meskipun tidak tercakup dalam program EDGE. Untuk penelitian di masa depan, disarankan untuk mempertimbangkan aspek lain seperti faktor politik, sosial-ekonomi, kebijakan, dan peraturan pemerintah. Selain itu, perbandingan dengan program sertifikasi lain seperti LEED atau BREEAM juga dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Wang, PE Phelan, J. Gonzalez, C. Harris, GP Henze, R. Hutchinson, J. Langevin, M. Ann, B. Nelson, C. Pyke, K. Roth, D. Rouse, K. Sawyer, S. Selkowitz, Sepuluh pertanyaan tentang bangunan masa depan di luar energi nol dan netralitas karbon *, Bangun. Mengepung. 119 (2017) 169–182, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.04.006>
- [2] Trencher, G., Broto, V.C., Takagi, T., Sprigings, Z., Nishida, Y., Yarime, M., 2016. Praktik kebijakan inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan retrofit energi bangunan: pendekatan, dampak dan tantangan di sepuluh kota C40. Environ. Sci. Policy 66,353e365.
- [3] M. Medineckiene, EK Zavadskas, F. Bjork, " Z. Turskis, Sistem pengambilan keputusan multikriteria untuk penilaian/sertifikasi bangunan berkelanjutan, Arch. Sipil Mekanisme Eng. 15 (2015) 11–18, <https://doi.org/10.1016/j.acme.2014.09.001>.
- [4] M. Solla, LH Ismail, R. Yunus, Investigasi potensi pengintegrasian BIM ke dalam alat penilaian bangunan hijau, ARPN J.Eng. Aplikasi Sains. 11 (2016) 2412–2418.
- [5] Kibert, C.J., 2016. Konstruksi Berkelanjutan: Desain dan Pengiriman Bangunan Ramah Lingkungan. John Wiley & Sons.
- [6] Wibowo A., Handayani U., Mustikasari A., 2018, Faktor Perkembangan Penerapan Manajemen Rantai Pasokan Ramah Lingkungan di Industri Konstruksi. JIEM, 2018 – 11(4): 651-679.
- [7] Olanipekun A. Olubunmi, Bo Xia. P, Skitmore. M., 2016, Insentif bangunan ramah lingkungan: Sebuah tinjauan. Tinjauan Energi Terbarukan dan Berkelanjutan Volume 59, Juni 2016: 1611-1621.
- [8] Tan, Y., Shen, L., dan Yao, H., 2010, "Praktik konstruksi berkelanjutan dan daya saing kontraktor: Sebuah studi pendahuluan," Habitat International: 16.