

APLIKASI *GREEN BUILDING* BERDASARKAN METODE EDGE

Rezza Mahendra Putra^{1,*}, M. Agung Wibowo¹, Syafrudin¹

¹)Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Kota Semarang 50275

^{*})Email : rezap2093@gmail.com

Abstract

The world of industrial construction is always developing, thus there are negative impacts arise such as the reduction of free / green land, the use of construction materials originated from natural resources in very large quantities, excessive use of energy, and air pollution. We can actually use the tropical climate in buildings and the environments using the green building concept. The green building concept includes several parts of the construction process such as green initiation (awareness of the green building concept), green design (green building design), green construction (environmentally friendly construction process), green operation & maintenance (green building maintenance). This research is conducted with the aim of analyzing the effectiveness of the application of the green building concept in construction of the buildings. The method used in this study is to compare the total cost of maintenance and impact between buildings categorized as buildings with conventional concepts and buildings with green building concepts. The variables used in this study to include the use of the type of material, monthly electricity costs, and monthly water costs. In processing the data the writer use EDGE software and the results of data processing will show the difference in the total maintenance costs of the two buildings.

Kata kunci : *green building*, EDGE, konstruksi gedung

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi bangunan selalu mengutamakan efisiensi baik selama pembangunan dan setelah bangunan itu ditempati. Alam sebagai sumber energi bisa dimanfaatkan di dalam bangunan konstruksi sehingga manusia dapat merasakan kenyamanan dan efisiensi biaya yang harus dikeluarkan rutin. Perubahan iklim dan kerusakan lingkungan mendorong perubahan industri bangunan menuju pembangunan yang berkelanjutan, dengan peningkatan efisiensi ekonomi,

perlindungan dan pemulihan sistem ekologi dan peningkatan kesejahteraan manusia. Pemeliharaan sumber daya alam adalah subjek yang sering muncul ketika pembangunan berkelanjutan. Selain itu, dengan meningkatnya populasi dunia dan perkembangan ekonomi berbagai negara, ketergantungan pada sumber daya semakin meningkat. Seiring perkembangan ekonomi kebutuhan energi dan sumber daya alam pun meningkat untuk itu perlunya menghemat energi dan sumber daya (Bribian dkk., 2011).

Secara global, infrastruktur dan konstruksi bangunan menghabiskan 60% bahan mentah yang diambil dari Bumi (Bribian dkk., 2011). Di AS, dengan 4% populasi dunia, konsumsi sumber daya mencapai 25% dari total sumber daya yang tersedia di dunia (Teller dan Bergman 2010). Sebagian besar sumber daya ini (60% menurut USGBC) dikonsumsi di industri bangunan. Di Eropa, ekstraksi mineral per kapita untuk bangunan adalah sekitar 4,8 ton per tahun (Wadel, 2011). Konsumsi mineral yang terbatas dan tidak dapat tergantikan akan merugikan lingkungan dan akan memiliki efek katastrofik pada manusia. Di AS, lingkungan dibangun menyumbang 65% dari semua konsumsi energi (USGBC). Di Uni Eropa (UE), jumlahnya adalah 42% (Nelson 2002). Selain itu, emisi karbon dioksida (CO₂) dari lingkungan yang dibangun mencakup sekitar 35-40% dari total emisi, baik di AS maupun di UE (Nelson 2002). Meningkatnya penggunaan sumber daya yang menyebabkan polusi dan emisi, menyoroti kebutuhan menghemat energi untuk pembangunan berkelanjutan. Para ahli berusaha menciptakan penghematan energi dan sumber day alam sehingga muncullah konsep *green building*, *Green Building* adalah salah satu konsep untuk mendorong pendekatan ramah lingkungan di sektor konstruksi (Kibert, 2016) dimana energi dari alam dipakai seefisien mungkin sehingga tidak menghabiskan sumber daya alam.

Green building merupakan konsep yang lebih rumit jika

dibandingkan bangunan konvensional, mengingat bahwa evaluasi bahan dan sistem alternatif biasanya diperlukan oleh tim desain (Glavinich, 2008). Dalam proyek bangunan konvensional, desain skematik yang terdiri dari konsep yang disederhanakan dan umum tentang bagaimana bangunan berfungsi pada umumnya digunakan pada awal proses proyek (iiSBE). Namun, dalam proyek *green building*, proses desain yang terintegrasi digunakan tepat pada awal proyek karena *green building* memiliki banyak fitur desain unik yang biasanya tidak ditemukan di bangunan konvensional dan membutuhkan integrasi yang mendalam (Kibert, 2016). Fitur desain *green building* dibagi menjadi tiga kategori yaitu pencahayaan dalam ruangan, bahan bangunan dan tata letak (Yudelson & Fedrizzi, 2010). Di *green building*, desain pencahayaan mengintegrasikan perlengkapan pencahayaan berenergi rendah dengan pencahayaan alami melalui pemasangan jendela strategis dan penggunaan lampu neon hemat energi (Yudelson & Fedrizzi, 2010). Bahan bangunan ramah lingkungan, seperti lantai bambu yang dapat didaur ulang, serta bahan bebas racun. *Green building* untuk memastikan bahwa terbentuknya sebuah desain yang berkelanjutan (Yudelson & Fedrizzi, 2010).

Tata letak bangunan memainkan peran penting dalam memperbaiki efisiensi energi bangunan. Bangunan hijau juga memanfaatkan ventilasi alami melalui orientasi bangunan (Yudelson &

Fedrizzi, 2010). Dibandingkan dengan konstruksi konvensional, *Green building* harus menerapkan praktik konstruksi berkelanjutan, yang biasanya tercantum dalam sistem penilaian bangunan hijau seperti LEED. Salah satu contoh praktik semacam itu adalah rencana pengelolaan limbah (Addis & Talbot, 2001) untuk meminimalkan pemborosan di lokasi konstruksi (Kibert, 2016). Konstruksi *Green building* juga harus mengadopsi praktik berkelanjutan seperti menggunakan agregat daur ulang untuk pekerjaan beton dan menggunakan kayu yang berasal dari proses daur ulang (Addis & Talbot, 2001). Selain itu, kontraktor utama dan manajer proyek harus memastikan bahwa pencemaran limbah dari konstruksi dijaga seminimal mungkin dengan mengendalikan erosi tanah, sedimentasi saluran air dan debu udara (USGBC). Selanjutnya, hasil akhir dari konsep *green building* adalah bangunan yang dapat meminimalkan gangguan terhadap lingkungan alam yang ada (USGBC). Pertimbangan ini sering diabaikan dalam konstruksi tradisional.

Konsep *green building* telah didorong untuk menjadi sebuah kepentingan bagi pengembang property saat ini. Penerapan *green building* mempunyai kontribusi menahan laju pemanasan global dengan membenahi iklim mikro. Poin terbesar dalam penerapan konsep ini adalah penghematan air dan energy. Edge merupakan salah satu program yang dapat digunakan untuk mengukur

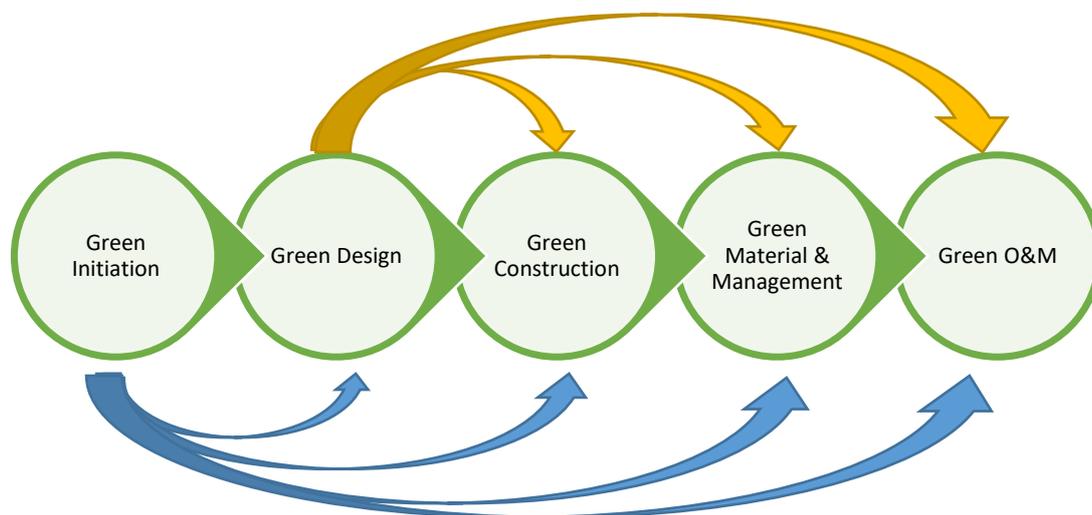
ke penghematan dari penggunaan konsep *green building*. Dengan cara membandingkan pengeluaran per bulannya untuk air, energy, dan material dari bangunan yang menggunakan konsep *green building* dengan bangunan normal, sehingga dapat dihitung penghematan yang diperoleh dengan menggunakan konsep *green building*. Untuk memaksimalkan kesadaran seberapa besar masalah ini semua pihak baik owner, perencana, maupun pelaksana perlu memahami masalah dengan detail, kendala dan peluang yang terkait dengan *green building* dan perbaikan apa saja yang bisa dicapai. Dengan meningkatkan pemahaman tentang *Green Building* semua pihak dapat secara realistis dan berhasil mempercepat laju perubahan.

Adapun penelitian sebelumnya mengenai *green building* diantaranya Firsani dan Utomo (2012) “Analisis Life Cycle Cost pada Green Building Diamond Building Malaysia” & Putri dkk (2012) “Penilaian Kriteria Green Building Building pada Gedung Teknik Sipil ITS”, terdapat perbedaan mendasar dengan penelitian ini, yaitu perbandingan antara total biaya perawatan gedung dengan konsep konvensional dan gedung dengan konsep *green building*. Hal ini yang dapat menunjukkan seberapa efektifnya sebuah gedung dengan konsep *green building*.

Menurut Environmental Protection Agency (EPA) di AS, *green building* merupakan praktek menciptakan struktur dan penggunaan proses yang bertanggung jawab

terhadap lingkungan dan sumber daya yang efisien pada seluruh daur hidup konstruksi. Daur hidup tersebut dimulai dari penentuan tapak ke desain, konstruksi, operasi,

pemeliharaan, renovasi, dan dekonstruksi. Proses terbentuknya konsep *green building* memiliki langkah-langkah :



Gambar 1. *Green Project Life Cycle* (Wibowo dkk, 2018)

Gambar 1 menunjukkan *green project life cycle* mulai dari kemauan atau inisiasi pentingnya konsep *green* sampai dengan *operation & maintenance* (O&M). Setiap aspek mempengaruhi satu sama lain. Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa proses terbentuknya *green building* sangat kompleks. Satu keputusan akan mempengaruhi keputusan yang lain yang akan mempengaruhi konstruksi yang akan dibangun.

a. Green Initiation

Menurut Wibowo dkk, (2018) *green initiation* merupakan diskusi antara pemilik dan konsultan mengenai *green project life cycle* karena banyak klien / pemilik tidak mendapat informasi tentang seberapa besar limbah konstruksi. Proses *green project life*

cycle dapat meliputi berbagai macam tahapan. Tahapan tersebut dimulai dari survei, investigasi, desain, konstruksi, *operation & maintenance*. Keterlibatan pemilik proyek sangat berpengaruh dalam proses pembentukan mode bangunan berkelanjutan. Semua keputusan dalam proyek dikelola oleh pemilik proyek sehingga mengedukasi peserta tim proyek untuk mencapai konsep konstruksi & pembangunan berkelanjutan (Olanipekun dkk, 2016).

b. Green Design

Green design merupakan tata cara merancang bangunan yang membuka peluang untuk mengurangi dampak lingkungan yang melekat dalam pembentukan desain baru dan proses konstruksi. (Wibowo dkk, 2018). Menurut Wibowo dkk, (2018) untuk

mewujudkan konsep *green design* ada banyak proses desain yang harus diperhatikan yaitu:

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

c. Green Construction

Green construction adalah praktik yang berfokus pada pengurangan pemanfaatan sumber daya dan energi, limbah, dan emisi yang dihasilkan sepanjang fase konstruksi (Wibowo dkk, 2018). Apabila dibandingkan tata cara pembangunan pada konstruksi konvensional, maka proyek yang berkonsep *green construction* harus menerapkan praktik konstruksi berkelanjutan. Penerapan konsep *green* biasanya dapat dinyatakan dalam bentuk sistem penilaian bangunan hijau seperti *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Menurut Wibowo dkk, (2018) untuk mewujudkan konsep *green construction* ada banyak proses konstruksi yang harus diperhatikan yaitu:

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

d. Green Material & Management

Green material management adalah cara atau metode untuk mengganti aktivitas atau bahan yang berbahaya ke aktivitas atau bahan yang tidak berbahaya. Cara atau metode ini dapat dirinci ke dalam beberapa kegiatan

yang meliputi: perencanaan material, transportasi hijau, penyimpanan material, penanganan material, dan pengemasan (Wibowo dkk, 2018). *Green material management* merupakan salah satu poin yang cukup penting, namun tetapi sering dilupakan oleh pengembang, disebabkan membutuhkan perencanaan yang matang untuk mewujudkannya dan memakan waktu lama. Menurut Wibowo dkk, (2018) untuk mewujudkan konsep *green material management* ada banyak proses desain yang harus diperhatikan yaitu:

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

e. Green O&M

Green operation & maintenance adalah rencana yang menggabungkan pembersihan, praktik kerja, pelatihan dan pengawasan dengan bahan-bahan dalam proyek di lingkungan yang menyangkut atau keadaan yang baik (Wibowo dkk, 2018). Pembahasan tentang *green operation & maintenance* ini adalah goal dari konsep *green building*. Selanjutnya, bangunan yang sedang berada dalam tahap desain, konstruksi, dan operasinya diharapkan mampu mengurangi dampak negatif dan memberikan dampak positif terhadap iklim dan lingkungan alami (GBCI). Oleh karena itu, menurut Wibowo dkk, (2018) untuk mencapai terwujudnya *green operation & maintenance* perlu untuk memperhatikan aspek-aspek berikut:

- 1) Infiltrasi dan retensi air.

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

f. *Green Management Policy*

Selain aspek-aspek diatas diperlukan pula *green management policy*. *Green management policy* merupakan upaya untuk meningkatkan pemahaman terhadap prinsip dasar manajemen lingkungan bahwa membangun menjadi tanggung jawab pribadi. Tanggung jawab pribadi dapat dinyatakan dalam bentuk kegiatan ataupun praktik, serta implementasi prinsip-prinsip sistem manajemen dalam konteks pembangunan yang ramah terhadap lingkungan (Tan, dkk 2010). *Green Management Policy* itu sendiri meliputi:

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

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran seberapa efektif konsep *green building* menurut standart dari EDGE. Objek penelitian yang digunakan dalam peneltian ini adalah gedung kampus yang berkonsep *green building*. Luas bangunan kurang lebih 13.533 m². Bangunan yang digunakan dalam penelitian ini ada 2

jenis yaitu bangunan yang berkonsep *green building* yaitu kampus baru Universitas Katolik Soegijapranata di BSB dan bangunan kampus yang tidak menggunakan konsep *green building*. Metode analisis untuk pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan program EDGE. Program *EDGE* merupakan sistem sertifikasi bangunan gedung hijau untuk negara berkembang (*emerging markets*) yang dikembangkan oleh IFC. Program EDGE merupakan instrumen yang terukur bagi para pelaku jasa konstruksi guna optimalisasi desain. Sehingga produknya menjadi layak pada aspek investasi.

Hasil dari penelitian ini diketahui dengan membandingkan pengeluaran perbulan untuk perawatan bangunan sehingga dapat diketahui seberapa hematkah *green building*. Dalam penelitian ini variable-variable umum yang akan di ukur mangacu pada data-data standart dari EDGE meliputi :

- a. Data desain

Merupakan data mengenai keterangan tentang bangunan yang akan dinilai meliputi:

 - 1) Nama Proyek : Gedung IPC Universitas Katolik Soegijapranata BSB
 - 2) Jumlah Bangunan : 1
 - 3) Negara : Indonesia
 - 4) Alamat : BSB City, Semarang
 - 5) Kepadatan Hunian : 3 m² / Siswa
 - 6) Jam operasional : 8 jam / hari
 - 7) Hari sekolah : 6 hari/ minggu
 - 8) Libur : 25 hari / Tahun

- 9) Tinggi lantai diatas kelas : 4 m
 - 10) Tinggi lantai ke lantai : 4 m
 - 11) Jumlah basement : 1 lantai
 - 12) Total Luas Lantai Proyek : 13.533 m²
 - 13) Ruang kelas : 857 m²
 - 14) Lokakarya : 796 m²
 - 15) Ruang rapat : 45 m²
 - 16) Dan data-data lain
- b. Data Penggunaan Energi
- Merupakan data jenis-jenis teknologi atau rencana pengelolaan energi yang bisa diterapkan di bangunan. Untuk teknologi atau rencana yang akan digunakan pada gedung Unika Soegijapranata di BSB Semarang meliputi :
- 1) *External Shading Devices*
 - 2) Cat / ubin reflektif untuk atap - reflektifitas matahari
 - 3) Cat reflektif untuk dinding luar - reflektifitas matahari
 - 4) Isolasi atap & dinding eksternal
 - 5) Ventilasi alami dengan jendela yang bisa dioperasikan untuk koridor, atrium, dan area umum.
 - 6) Menggunakan pendingin ruangan dengan *Variable refrigerant flow*.
 - 7) Menggunakan AC dengan chiller berpendingin air
 - 8) Menggunakan bolam lampu hemat energi.
 - 9) Menggunakan Sensor foto elektrik.
- c. Data Penggunaan Air
- Merupakan data jenis-jenis teknologi atau rencana pengelolaan air yang bisa diterapkan di bangunan tersebut. Untuk teknologi atau rencana yang akan digunakan pada gedung Unika Soegijapranata di BSB Semarang meliputi:
- 1) Menggunakan toilet dengan dual flush.
 - 2) Menggunakan Urinoir aliran rendah
 - 3) Menggunakan Sistem pemulihan air.
 - 4) Menggunakan sistem pengolahan air hujan
 - 5) Efisiensi air untuk taman.
 - 6) Sistem pengolahan air kotor.
- d. Data Daftar Material
- Merupakan data mengenai rencana jenis-jenis matrial yang akan dipakai di bangunan tersebut. Untuk rencana jenis-jenis matrial yang akan digunakan pada gedung Unika Soegijapranata di BSB Semarang meliputi:
- 1) Plat Lantai : Slab Beton Bertulang In-Situ
 - 2) Rangka Atap : Slab Beton Bertulang In-Situ
 - 3) Dinding Luar : Dinding Bata Biasa dengan Plester Internal & Eksternal
 - 4) Dinding Internal : Dinding Bata Biasa dengan Plester Internal & Eksternal
 - 5) Lantai : Ubin keramik, Parket / Blok Kayu & Ubin Batu / Lembaran
 - 6) Kusen Kaca & Pintu : Aluminium

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Energi

Analisa Komparasi Penggunaan Energi merupakan perbandingan penggunaan energi antara bangunan yang berkonsep *green building* dan bangunan berkonsep konvensional. Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan hasil komparasi penggunaan energi dapat dihitung total penghematan energi antara kedua bangunan. Bangunan yang menggunakan konsep *green building* membutuhkan 36 kWh/m²/tahun. Sedangkan bangunan berkonsep konvensional membutuhkan 62 kWh/m²/tahun. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan energi pada bangunan yang menggunakan konsep *green building* dapat menghemat sebesar 26 kWh/m²/tahun.

b. Air

Analisa Komparasi Penggunaan Air merupakan perbandingan penggunaan air antara bangunan yang mengusung konsep *green building* dan bangunan yang biasa. Berdasarkan gambar 3 dapat dihitung total penghematan air antara kedua bangunan. Bangunan yang berkonsep *green building* membutuhkan 143 m³/hari. Sedangkan bangunan berkonsep konvensional membutuhkan 218 m³/hari. Data ini menunjukkan bahwa dari segi penggunaan air pada bangunan yang menggunakan konsep *green building* sudah menghemat sebesar 75 m³/hari.

c. Material

Analisa Komparasi Penggunaan Material merupakan perbandingan penggunaan material antara bangunan yang berkonsep *green building* dan

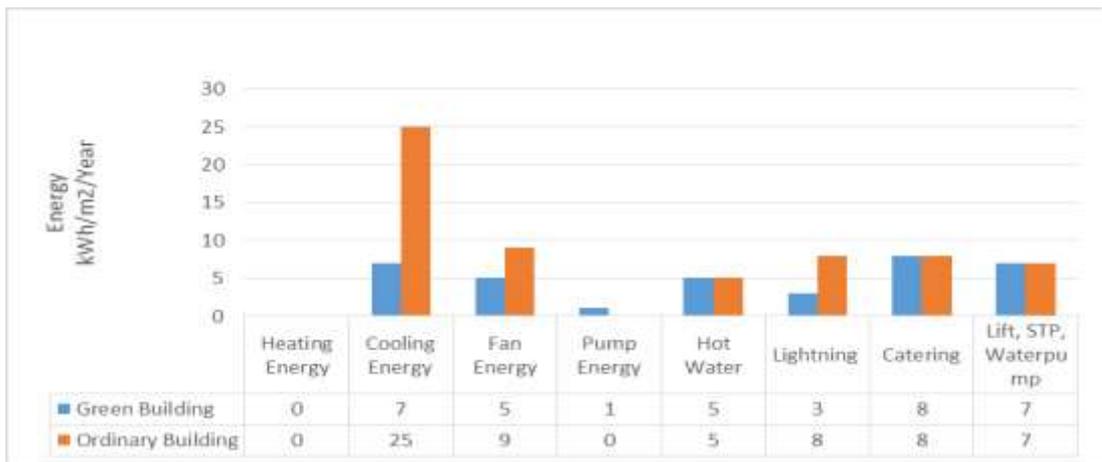
bangunan yang berkonsep konvensional. Berdasarkan Gambar 4 hasil komparasi penghematan energi pada material bangunan dapat dihitung total energi yang dikeluarkan pada material bangunan antara kedua bangunan. Bangunan yang berkonsep *green building* membutuhkan 1.636 MJ/m². Sedangkan bangunan berkonsep konvensional membutuhkan 2.414 MJ/m². Data ini menunjukkan bahwa dari segi penghematan energi pada material bangunan yang menggunakan konsep *green building* sudah menghemat sebesar 778 MJ/m². Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan software EDGE dari Gedung IPC Universitas Katolik Soegijapranata BSB diperoleh hasil seperti pada Tabel 1 di bawah.

Dari data pada tabel 1 didapatkan total biaya utilitas untuk setiap bangunan yang akan dibandingkan dan dicari berapa perbedaan yang bisa dihasilkan dari penggunaan teknologi *green building* diukur dari total selisih biaya utilitas bangunan.

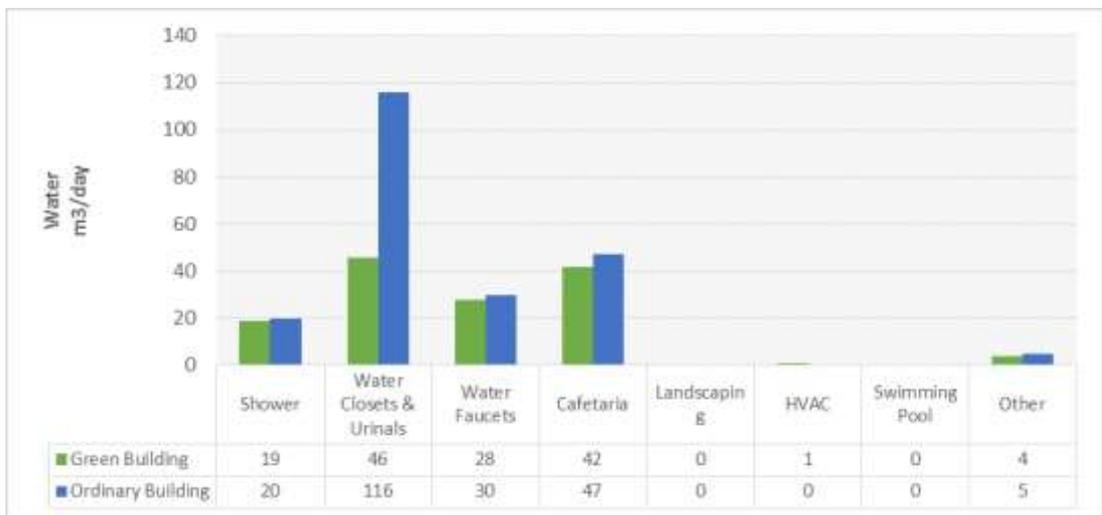
Berdasarkan pada beberapa analisa di atas, maka dapat diuraikan hal-hal sebagai berikut:

a. Biaya tinggi untuk mengimplementasikan praktik *Green Building*. Hal ini dapat dilihat pada hasil perbandingan biaya antara bangunan yang menggunakan konsep *Green Building* dengan bangunan yang berkonsep konvensional. Menurut Tagaza dan Wilson, (2005) berpendapat bahwa biaya investasi untuk proyek-proyek hijau berkisar

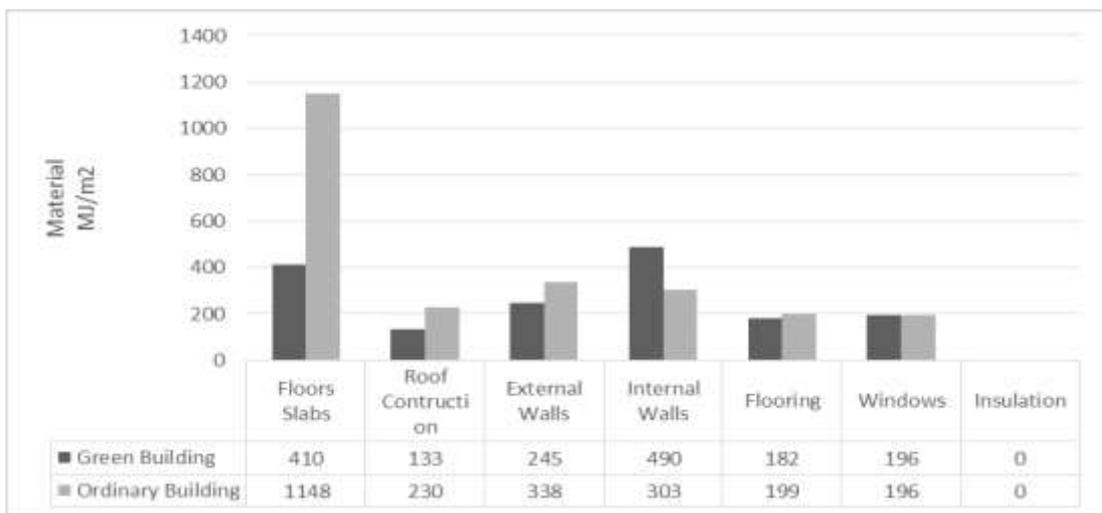
- antara 1% hingga 25%. Biaya yang lebih tinggi disebabkan kompleksitas desain dan biaya pemodelan yang diperlukan untuk mengintegrasikan praktik hijau ke dalam proyek konstruksi (Zhang dkk., 2011). Biaya yang lebih tinggi juga terkait dengan *Green Materials* dan implementasi teknologi *Green Construction* (Tan, 2010). Zhang dkk. (2011) mengestimasi bahwa penggunaan *Green Materials* berkisar antara 3% hingga 4% lebih dari material konstruksi konvensional. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa biaya tambahan yang diperlukan dalam kasus Gedung IPC Unika Soegijapranata BSB ini mencapai Rp. 5.336.551,00.
- b. Menurut Love dkk. (2012), menyampaikan bahwa gedung yang berkonsep *green building* dapat mengurangi biaya pada siklus hidup proyek konstruksi. Apabila dilihat pada Tabel 2 contoh studi kasus pada Gedung IPC Unika Soegijapranata BSB diperoleh perbedaan total dalam pengeluaran untuk pemeliharaan gedung per bulan antara bangunan berkonsep *green building* dan berkonsep konvensional sebesar Rp. 58.986.130.000,00 / bulan. Hal ini menunjukkan bahwa teori tersebut benar bahwa gedung berkonsep *green building* dapat menghemat biaya siklus hidup bangunan sebesar 33%.
- c. Menurut Ahn dkk. (2013) & Gou dkk. (2013) berpendapat bahwa gedung yang menggunakan konsep *green building* dapat mengefisiensi energi bangunan yang lebih tinggi. Jika dilihat pada Tabel 1 contoh studi kasus pada Gedung IPC Unika Soegijapranata BSB diperoleh bahwa gedung yang berkonsep *green building* gedung BSB ini dapat menghemat hingga 380.64 MWh/Tahun.
- d. Menurut Ahn dkk. (2013) & Aktas and Ozorhon (2015) berpendapat bahwa gedung yang berkonsep *green building* dapat mengefisiensi penggunaan air. Jika dilihat pada Tabel 2 contoh studi kasus pada Gedung IPC Unika Soegijapranata BSB diperoleh bahwa gedung dengan konsep *green building* Gedung IPC Unika Soegijapranata BSB dapat menghemat hingga 27,117.82 m³/Tahun.
- Berdasarkan teori Love dkk. (2012), Ahn dkk. (2013), Gou dkk. (2013) berpendapat bahwa dengan gedung yang menggunakan konsep *green building* dapat mengurangi dampak lingkungan dari bangunan. Jika dilihat pada Tabel 1 contoh studi kasus pada Gedung IPC Unika Soegijapranata BSB diperoleh hasil bahwa gedung dengan menggunakan konsep *green building* dapat mengurangi pengeluaran emisi CO₂ sebesar 227.36 tCO₂/Tahun.



Gambar 2. Hasil Komparasi Penggunaan Energi



Gambar 3. Hasil Komparasi Penggunaan Air



Gambar 4. Hasil Komparasi Penggunaan Material

Tabel 1. Hasil Penghematan dari *Green Building*

No	Hasil Penghematan	Total Penghematan
1	Penggunaan Energi	40,955 kWh/bulan
2	Penggunaan Air	4,431 m3/bulan
3	Penghematan CO2 Operasional	227.36 tCO2/Tahun
4	Penghematan Energi yang Terkandung	744.65 MJ/m2
5	Penghematan energi	380.64 MWh/Tahun
6	Penghematan air	27,117.82 m3/Tahun
7	Energi Terkandung dalam Penghematan Bahan	10,077.37 GJ
8	Pehematan Emisi karbon	270.31 tCO2/Tahun
9	Biaya Tambahan	Rp 5,336,551.00

Tabel 2. Biaya Penghematan dari *Green Building*

Total Biaya Operasional & Mantainace Bangunan Biasa	Rp 177,838,160,000.00/Bulan
Total Biaya Operasional & Mantainace Bangunan Green Building	Rp 116,727,320,000.00/Bulan
Selisih	Rp. 58,986,130,000.00/Bulan

SIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk melihat efektifitas konsep *green building* dengan menggunakan program EDGE. Terbukti dengan menggunakan program EDGE dapat dihitung perbedaan total biaya operasional & mantainace antara gedung konvensional dan *green building*. Ditemukan pula dari hasil penelitian konsep *green building* pada gedung Unika Soegijapranata di BSB Semarang terbukti konsep *green building* lebih efektif dalam penggunaan energi, air, dan material bangunan. Penelitian ini pun telah membuktikan penggunaan konsep *green building* lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan gedung konvensional.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, objek

penelitian hanya sebatas untuk bangunan sekolah. Berdasarkan program EDGE yang digunakan untuk analisa objek penelitian ini hasil penelitian akan berbeda apabila jenis bangunan memiliki fungsi yang berbeda. Kedua, aspek yang diperhitungkan dalam penelitian ini hanya terfokus pada jenis-jenis teknologi yang digunakan pada *green building*, masih banyak lagi aspek yang bisa diteliti lagi meskipun tidak ada pada program EDGE.

Untuk penelitian di masa depan bisa mempertimbangkan aspek lain yang tidak dapat masuk dalam penelitian ini seperti faktor politik, sosial-ekonomi, kebijakan dan peraturan pemerintah. Selain itu dapat pula membandingkan dengan program lain seperti LEED atau BREEAM yang

memiliki fungsi yang sama dengan EDGE.

DAFTAR PUSTAKA

- Addis, B., Talbot, R., 2001. Sustainable Construction Procurement: A guide to delivering environmentally responsible projects. London: CIRIA, Construction Industry Research and Information Association, London, English.
- Ahn, Y.H., Pearce, A.R., Wang, Y., Wang, G., 2013, Drivers and barriers of sustainable design and construction: the perception of green building experience. *Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev.* 4 (1): 35-45.
- Aktas, B., Ozorhon, B., 2015, Green building certification process of existing buildings in developing countries: cases from Turkey. *J. Manag. Eng.* 31 (6), 1943-5479. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000358](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000358).
- Bond, S., 2010, Lessons from the leaders of green designed commercial buildings in Australia. *Pac. Rim Prop. Res. J.* 16 (3): 314-338.
- Boyle, T., McGuirk, P., 2012, The decentred firm and the adoption of sustainable office space in Sydney, Australia. *Aust. Geogr.* 43 (4): 393-410
- Bribian. I, Capilla. A, Usón. A., 2011, Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment* Vol. 46, No. 5: 1133-1140.
- Chan, A.P.C., Darko, A., Ameyaw, E.E., 2017, Strategies for promoting green building technologies adoption in the construction industry: an international study. *Sustainability* 9 (6): 969.
- Eisenberg, D., Done, R., and Ishida, L., 2002, Breaking Down the Barriers: Challenges and Solutions to Code. Development Center for Appropriate Technology Tucson, AZ
- Firsani, T dan Utomo, C., 2012, Analisa Life Cycle Cost pada Green Building Diamond Building Malaysia. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1 No. 1, (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271, Surabaya: ITS.
- GBCI, 2008, Green Building Council Indonesia. <URL: <https://www.gbcindonesia.org/greenship> >.
- Gou, Z., Lau, S.S.Y., Prasad, D., 2013, Market readiness and policy implications for green buildings: case study from Hong Kong. *J. Green Build.* 8 (2): 162-173.
- Glavinich, T. E., 2008, Contractor's Guide to Green Building Construction, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.

- iiSBE, 2009, International Initiative for a Sustainable Built Environment, <URL: <https://www.iisbe.org/node/111>>.
- Kibert, C.J., 2016, Sustainable Construction: green Building Design and Delivery. Wiley, Florida, USA.
- LEED, 2009, Leadership in Energy and Environmental Design U.S. <URL: <https://www.usgbc.org/about/brand>>.
- Li, X., Strezov, V., Amati, M., 2013, A qualitative study of motivation and influences for academic green building developments in Australian universities. *J. Green Build.* 8 (3): 166-183.
- Love, P.E., Niedzweicki, M., Bullen, P.A., Edwards, D.J., 2012, Achieving the green building council of Australia's world leadership rating in an office building in Perth. *J. Constr. Eng. Manag.* 138 (5): 652-660.
- Low, S.P., Gao, S., Tay, W.L., 2014, Comparative study of project management and critical success factors of greening new and existing buildings in Singapore. *Struct. Surv.* 32 (5): 413-433.
- Nelson B., Filella M., Wei Chen, 2002, Antimony in the environment: a review focused on natural waters II. Relevant solution chemistry. *Occurrence Earth-Science Reviews* 59 (2002): 265 – 285
- Newsham, G.R., Birt, B.J., Arsenault, C., Thompson, A.J., Veitch, J.A., Mancini, S., Burns, G.J., 2013, Do 'green' buildings have better indoor environments? New evidence. *Build. Res. Inf.* 41 (4): 415-434.
- Nirmala E., Wiguna A P., 2014, Analisa faktor penghambat penerapan konsep *green development* pada proyek konstruksi gedung di kota surabaya. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXI. Surabaya 19 Juli 2014. ISBN : 978-602-70604-0-1. B-3.
- Mondor, C., Hockley, S., Deal, D., 2013, The David Lawrence convention center: how green building design and operations can save money, drive local economic opportunity, and transform an industry. *J. Green Build.* 8 (1): 28-43.
- Olanipekun A. Olubunmi, Bo Xia. P, Skitmore. M., 2016, Green building incentives: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 59, June 2016: 1611-1621.
- Putri, A.A, Utomo, C dan Rohman, M. Arif, 2012, Penilaian Kriteria Green Building Building pada Gedung Teknik Sipil ITS. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1, No. 1. (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271, Surabaya: ITS.
- Serpell, A., Kort, J., Vera, S., 2013, Awareness, actions, drivers and

- barriers of sustainable construction in Chile. *Technol. Econ. Dev. Econ.* 19 (2), 272-288.
- Tagaza, E., and Wilson, J.L., 2005, Green buildings: drivers and barriers e lessons learned from five melbourne. *Australian Journal of Structural Engineering* Vol 7, Nov 2005: 57-63.
- Tan, Y., Shen, L., dan Yao, H., 2010, "Sustainable construction practice and contractor' competitiveness: A preliminary study," *Habitat International*: 1-6.
- Teller M., Bergman J., 2010, Sustainable design for structural engineers. *STRUCTURE Magazine*. A joint publication of NCSEA/CASE/SEI, Dec 2010, Vol 17, No. 12.
- US.EPA, 2006, Green Building U.S. Environmental Protection Agency. <URL: <https://www.epa.gov/greening-epa/green-buildings-epa>>.
- US.GBC, 2010, Green Building Courcil U.S. <URL: <https://www.usgbc.org/about/brand>>.
- Wadel G., Pons O., 2011, Environmental impacts of prefabricated school buildings in Catalonia. *Habitat International* 35(4): 553-563
- Wibowo A., Handayani U., Mustikasari A., 2018, The Developing Factors for Implementing Green Supply Chain Management in Construction Industry. *JIEM*, 2018 – 11(4): 651-679.
- Yudelson. Jerry., Fedrizzi, R.S., 2010, *The Green Building Revolution*, Island Press, USA.
- Zhai, X., Reed, R., Mills, A., 2014, Addressing sustainable challenges in China: the contribution of off-site industrialisation. *Smart Sustain. Built Environ.* 3 (3): 261-274.
- Zhang, X.L., Shen, L.Y. and Wu, Y.Z., 2011, Green strategy for gaining competitive advantage in housing. *Journal of Cleaner Production* 19(2-3): 157-167.