

PERBANDINGAN METODE PERHITUNGAN EFISIENSI ENERGI PADA SERTIFIKASI BANGUNAN HIJAU

COMPARISON OF ENERGY EFFICIENCY CALCULATION METHODS IN GREEN BUILDING CERTIFICATION

Mega Muthmainnah¹, M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si.², Dr. Eng. Amaliyah R.I.U., S.T., M.Si.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
megaagame@student.telkomuniversity.ac.id¹, mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id²,
amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Bangunan hijau merupakan bangunan yang ramah lingkungan ditinjau dari kinerja bangunan tersebut dalam hal penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya. Untuk mengetahui hal tersebut, diperlukan sistem penilaian yang didalamnya terdapat kriteria-kriteria, dimana salah satunya merupakan kriteria mengenai penghematan energi. Sistem penilaian bangunan hijau yang berlaku di Indonesia, yaitu GREENSHIP, juga memiliki kriteria penghematan energi yang disebut sebagai kategori Energy Efficiency Conservation 1 (EEC 1). Selain itu, terdapat juga Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE) yang merupakan sistem sertifikasi internasional yang dibuat oleh International Finance Corporation yang berlaku di lebih dari seratus lima puluh negara, termasuk Indonesia. Penelitian ini membandingkan tiga metode perhitungan penghematan energi, yaitu energy modelling software (EnergyPlus), worksheet GBC Indonesia, dan EDGE (Energy Efficiency Measures). Ketiga metode tersebut menghitung selisih intensitas konsumsi energi (kWh/tahun.m²) dari bangunan baseline dan bangunan designed untuk mendapatkan nilai penghematan energi. Objek penelitian ini berupa satu gedung hotel dan tiga gedung perkantoran yang disebut sebagai gedung A, B, C, dan D. Hasil penghematan energi (kWh/tahun.m²) yang diperoleh menunjukkan bahwa ketiga metode tersebut menghasilkan penghematan energi (kWh/tahun.m²) yang berbeda, dengan hasil persentase penghematan energi terkecil diperoleh dari EnergyPlus (rata-rata 2,68%) dan yang terbesar diperoleh dari EDGE (rata-rata 38,78%). Selain itu, dengan menggunakan energy modelling software, keempat bangunan tersebut tidak mendapatkan poin EEC 1. Sedangkan dengan menggunakan worksheet GBC Indonesia, keempat bangunan tersebut memiliki poin berurutan dari gedung A sampai gedung D sebesar 15, 5, 1, 13. Perbedaan tersebut terjadi karena adanya perbedaan karakteristik dari ketiga metode tersebut. Dengan demikian, ketiga metode tersebut menghasilkan penghematan energi yang berbeda dan dua metode pilihan pada GREENSHIP EEC 1 menghasilkan perolehan poin GREENSHIP yang berbeda pula.

Kata kunci: bangunan hijau, efisiensi energi, GREENSHIP, EDGE.

Abstract

Green building is a kind of eco-friendly building, in which the usage of resources such as energy and water, are being done efficiently. To achieve that condition, it requires rating process with criteria within, which one of them is energy efficiency. Rating system applied in Indonesia, GREENSHIP, also has energy efficiency criteria called Energy Efficiency Conservation 1 (EEC 1). Other than that, there is Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE), made by International Finance Corporation, which is the international rating system applied in more than one hundred fifty countries, including Indonesia. This research compared three energy efficiency calculation methods. Those methods are; energy modelling (EnergyPlus), GBC Indonesia Worksheet, and EDGE (Energy Efficiency Measures). Energy efficiency calculation in those methods calculate the energy efficiency index (kWh/year.m²) difference between baseline building and designed building. The objects in this research are one hotel building which has 11 floors and three office buildings which have 12, 47, and 17 floors for each building called A, B, C, and D building. The energy efficiency (kWh/year.m²) result shows that all of those methods give different result, which the result using EnergyPlus have the lowest value (average: 2.68%) and the result using EDGE have the highest value (average: 38.78%). Furthermore, using EnergyPlus, all of the

buildings are not able to get any point in GREENSHIP EEC 1. Whilst using worksheet GBC Indonesia, all of the buildings get 15, 5, 1, and 13 sequently from A building to D building. Those differences appear because of the different characteristic of each method. So, it can be concluded that all of those methods give different energy efficiency result and also both of optional methods in GREENSHIP give different point of GREENSHIP EEC 1.

Keywords: *green building, energy efficiency, GREENSHIP, EDGE.*

1. Pendahuluan

Bangunan hijau merupakan bangunan yang ramah lingkungan. Penerapan prinsip ramah lingkungan pada suatu bangunan dapat ditinjau dari kinerja bangunan tersebut dalam hal penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya [1]. Sistem penilaian bangunan hijau yang berlaku di Indonesia yakni GREENSHIP dimana di dalamnya terdapat kriteria mengenai perhitungan penghematan energi yaitu kriteria EEC 1 yang memiliki tiga metode pilihan, yaitu *energy modelling software*, *worksheet*, dan preskriptif. Selain GREENSHIP, juga terdapat sertifikasi bangunan hijau yaitu *Excellence in Design for Greater Efficiencies* (EDGE) yang merupakan sertifikasi bangunan hijau internasional, termasuk Indonesia. Sertifikasi EDGE juga memiliki kriteria penghematan penggunaan energi dengan nilai penghematan minimum sebesar 20% agar dapat dikategorikan sebagai bangunan hijau [2]. Berdasarkan beberapa penjelasan tersebut, penulis bermaksud untuk melakukan penelitian mengenai perbandingan penghematan energi yang dihasilkan antara metode *energy modelling software*, metode *worksheet* pada sertifikasi GREENSHIP dan penghematan penggunaan energi pada EDGE. Perbandingan penghematan energi tersebut berupa perbandingan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dengan satuan kWh/tahun.m². Selain itu, metode *energy modelling software* dan *worksheet* berhubungan langsung dengan perolehan poin pada GREENSHIP EEC 1, sehingga akan dilakukan perbandingan poin GREENSHIP untuk kedua metode tersebut.

2. Dasar Teori

2.1 GREENSHIP

GREENSHIP merupakan sertifikasi bangunan hijau di Indonesia yang diterbitkan oleh GBC Indonesia yang merupakan anggota dari World Green Building Council. Tabel 2.1 merupakan kategori-kategori penilaian yang terdapat pada GREENSHIP.

Tabel 2.1 Kategori pada GREENSHIP [3]

No.	Kategori	Poin Maksimum	
		DR	FA
1.	Tepat Guna Lahan (<i>Appropriate Site Development – ASD</i>)	17	17
2.	Efisiensi dan Konservasi Energi (<i>Energy Efficiency and Conservation – EEC</i>)	26	26
3.	Konservasi Air (<i>Water Conservation – WAC</i>)	21	21
4.	Sumber dan Siklus Material (<i>Material Resources and Cycle – MRC</i>)	2	14
5.	Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruang (<i>Indoor Health and Comfort – IHC</i>)	5	10
6.	Manajemen Lingkungan Bangunan (<i>Building Environment Management – BEM</i>)	6	13
Total Poin Maksimum		77	101

Enam kategori di atas memiliki kriteria dan tolok ukur penilaian masing-masing. Kriteria-kriteria tersebut umumnya disebut dengan singkatan kategori diikuti angka, seperti ASD 1, ASD 2, ASD 3, dan lain sebagainya. Total nilai dari keenam kategori tersebut menentukan peringkat dalam GREENSHIP. Peringkat-peringkat yang dapat dicapai baik pada tahap *DR* maupun *FA* dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.2 Peringkat pada GREENSHIP [3]

Peringkat	Persentase	Nilai Minimum DR	Nilai Minimum FA
<i>Platinum</i>	73 %	56	74
<i>Gold</i>	57 %	43	58
<i>Silver</i>	46 %	35	46
<i>Bronze</i>	35 %	27	35

2.2 Langkah Penghematan Energi – EEC 1

Tabel 2.3 Kriteria pada Kategori EEC [3]

No.	Kriteria	Poin Maksimum (DR dan FA)
EEC P1	Pemasangan Sub-Meter (<i>Electrical Sub Metering</i>)	P
EEC P2	Perhitungan OTTV (<i>OTTV Calculation</i>)	P
EEC 1	Langkah Penghematan Energi (<i>Energy Efficiency Measures</i>)	20
EEC 2	Pencahayaan Alami (<i>Natural Lighting</i>)	4
EEC 3	Ventilasi (<i>Ventilation</i>)	1
EEC 4	Pengaruh Perubahan Iklim (<i>Climate Change Impact</i>)	1
EEC 5	Energi Terbarukan dalam Tapak (<i>On-Site Renewable Energy</i>)	5 (Bonus)
Total Poin Maksimum		26

Dapat dilihat pada tabel 2.4 di atas, langkah penghematan energi – EEC 1 merupakan salah satu kriteria penilaian dalam GREENSHIP yang termasuk dalam kategori EEC. Dalam perhitungannya, terdapat tiga pilihan metode yang dapat dilakukan. Akan tetapi, hanya dua dari tiga metode tersebut yang akan dibahas pada penelitian kali ini, yaitu *energy modelling software* dan *worksheet*.

2.2.1 Energy Modelling Software

Pengukuran efisiensi energi dengan menggunakan *energy modelling software* diwajibkan untuk semua gedung yang ingin mendapatkan peringkat *platinum*. Pada penelitian kali ini, *energy modelling software* yang digunakan yaitu EnergyPlus. Dalam perhitungannya, penghematan energi yang dihasilkan merupakan selisih dari Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada gedung *designed* dan IKE pada gedung *baseline* dengan perhitungan perolehan poin sebagai berikut [3]:

$$\text{Penghematan Energi} = \text{IKE}_b - \text{IKE}_d \quad (2.1)$$

$$\% \text{ Penghematan Energi} = \frac{\text{Penghematan Energi}}{\text{IKE}_b} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$\text{Perolehan Poin pada EEC 1} = \frac{(\% \text{ Penghematan Energi} - 5\%)}{2,5\%} \quad (2.3)$$

Dimana :

IKE_b = Intensitas Konsumsi Energi bangunan *baseline* (kWh/tahun.m²)

IKE_d = Intensitas Konsumsi Energi bangunan *designed* (kWh/tahun.m²)

Pada persamaan (2.3) diketahui bahwa setiap penghematan sebesar 2,5% akan mendapat 1 poin dimulai dari penghematan 5%. Hasil perolehan poin memiliki standar desimal dua angka di belakang koma dengan pembulatan ke bawah, sehingga perolehan poin merupakan bilangan bulat. Perolehan poin maksimal pada EEC 1 dengan menggunakan *energy modelling software* yaitu 20 poin.

2.2.2 Worksheet GBC Indonesia

Pengukuran efisiensi energi dengan metode pengisian *worksheet* hanya dapat dilakukan dengan menggunakan *worksheet* standar yang disediakan oleh GBC Indonesia. Perhitungan dengan *worksheet* GBC Indonesia menggunakan perbandingan data *baseline* dan data *designed*. Dari data-data yang dimasukkan, akan diperoleh IKE bangunan dengan persamaan berikut [3]:

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi Bangunan}}{\text{Luas Bangunan yang dikondisikan}} \quad (2.4)$$

Setelah diperoleh IKE bangunan, perhitungan penghematan energi dan % penghematan energi dapat dihitung dengan persamaan (2.1) dan (2.2). Namun, perolehan poin menggunakan metode *worksheet* hanya dapat dihitung melalui persamaan :

$$\text{Perolehan Poin pada EEC 1} = \frac{(\% \text{ Penghematan Energi} - 5\%)}{2\%} \quad (2.5)$$

Dapat terlihat perbedaan perhitungan perolehan poin pada EEC 1 dari persamaan 2.3 dan 2.5. Sehingga perolehan poin maksimum pada metode *worksheet* yaitu 15 poin.

2.3 Nilai Perpindahan Termal Menyeluruh - OTTV

Perhitungan OTTV berperan penting dalam proses desain pasif suatu bangunan. Desain pasif berupa desain selubung bangunan dapat mempengaruhi penggunaan energi pada sebuah bangunan. Salah satu pengaruhnya yaitu mengurangi resiko keharusan untuk menggunakan sistem *HVAC* pada bangunan [4]. Berikut merupakan persyaratan dan perhitungan OTTV di Indonesia :

2.3.1 Persyaratan

Berikut merupakan persyaratan pada selubung bangunan [5]:

1. Berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan (mempunyai sistem tata udara)
2. Perpindahan termal menyeluruh untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi nilai perpindahan termal menyeluruh yaitu tidak melebihi 35 W/m².

2.3.2 Rumus Perhitungan OTTV

Nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, harus dihitung melalui persamaan [5]:

$$OTTV = \alpha [U_w \times (1 - WWR) \times TDEk] + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF) \quad (2.6)$$

Dengan:

OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m²);

α = absorbtans radiasi matahari;

U_w = Transmittans termal dinding tidak tembus cahaya (W/m².K);

WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan;

TDEk = Beda temperatur ekuivalen (K);

SF = Faktor radiasi matahari (W/m²);

SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi;

U_f = Transmittans termal fenestrasi (W/m².K);

ΔT = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam.

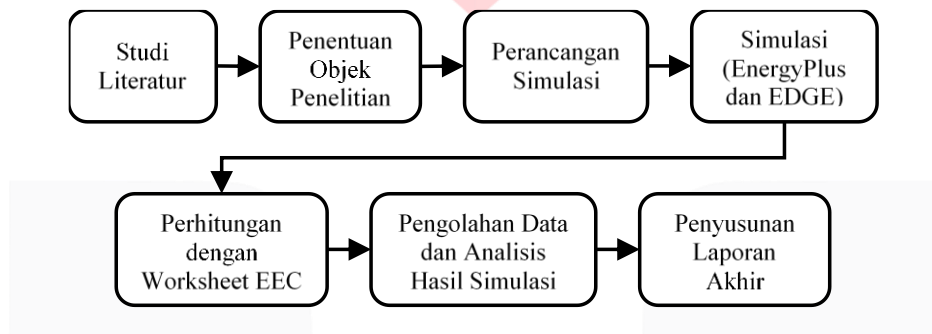
Sedangkan nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu dengan lebih dari satu jenis material dinding harus dihitung melalui persamaan:

$$OTTV = \frac{\sum_i^n \alpha_i U w_i A w_i T D E k_i + \sum_j^m U f_j A f_j \Delta T + \sum_j^m S C_j A f_j S F_j}{\sum_i^n A w_i + \sum_j^m A f_j} \tag{2.7}$$

dengan:

- A_w = Luas dinding;
- A_f = Luas fenestrasi;
- n = Jumlah jenis material pada dinding;
- m = Jumlah jenis material pada sistem fenestrasi;

2.4 Metodologi Penelitian

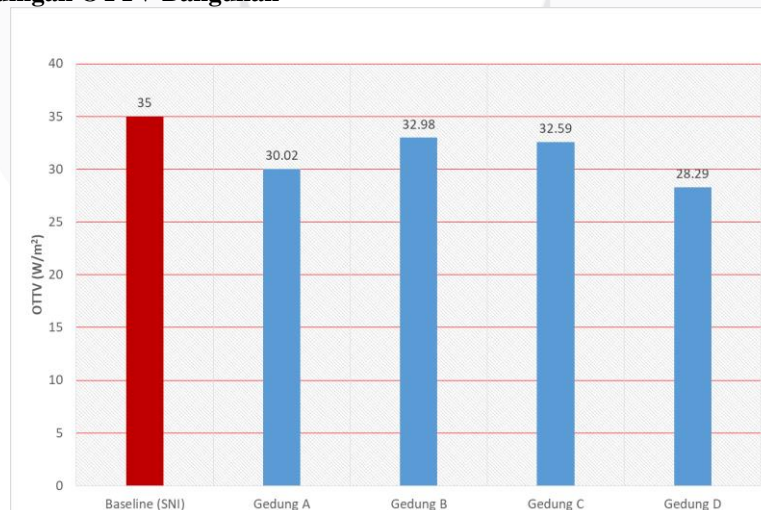


Gambar 2.1 Tahapan Penelitian

Terdapat beberapa tahapan yang akan dilakukan pada penelitian kali ini, yaitu : 1) studi literatur; 2) penentuan objek penelitian 3) perancangan simulasi; 4) simulasi; 5) perhitungan dengan worksheet EEC; 6) pengolahan data dan analisis hasil simulasi; 7) penyusunan laporan akhir. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1

3. Hasil dan Pembahasan

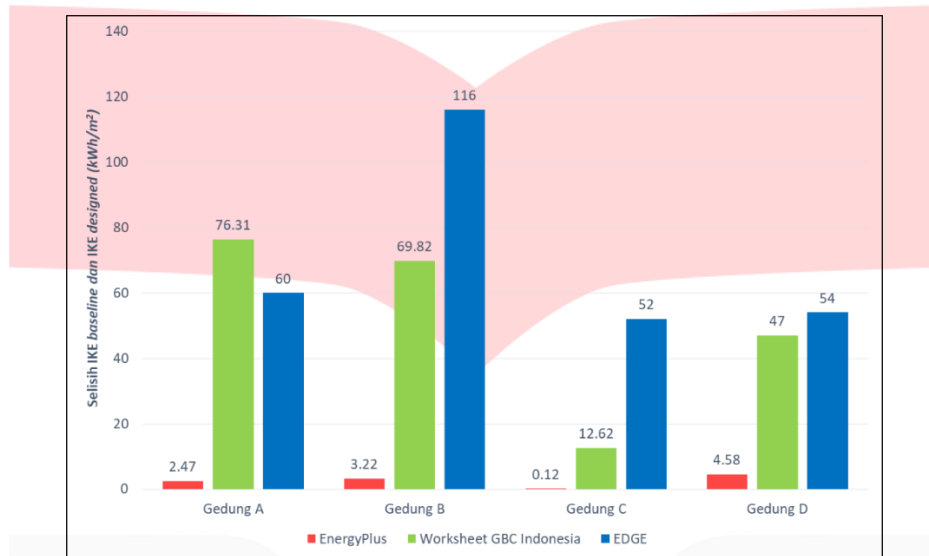
3.1 Perbandingan OTTV Bangunan



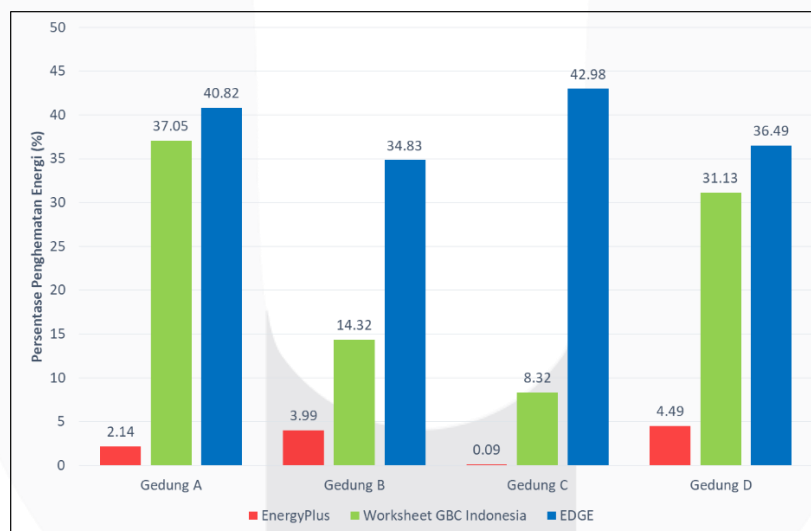
Gambar 3.1 Grafik Hasil Perhitungan OTTV

Dapat terlihat pada grafik di atas bahwa keempat gedung tersebut memenuhi standar OTTV maksimum yaitu 35 W/m^2 dengan hasil perhitungan OTTV masing-masing gedung yaitu: gedung A $30,02 \text{ W/m}^2$; gedung B $32,98$; gedung C $32,59$; dan gedung D $28,29$. Perbedaan hasil yang diperoleh tersebut sebagian besar dipengaruhi oleh window to wall ratio pada bangunan, u-value kaca, dan nilai SHGC kaca

3.2 Perbandingan Persentase Penghematan Energi Bangunan



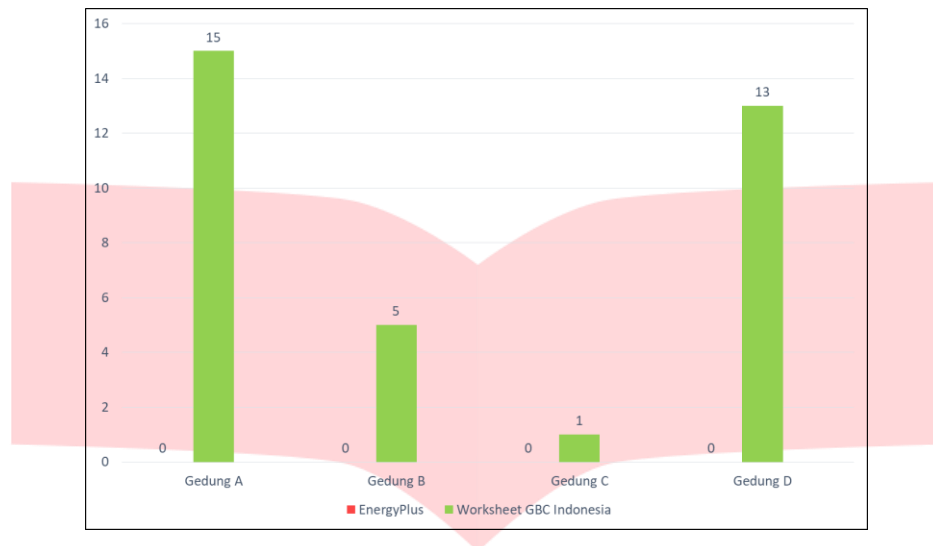
Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Penghematan Energi (kWh/m^2)



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan Persentase Penghematan Energi

Dapat dilihat pada gambar 3.2, terdapat perbedaan hasil persentase penghematan energi dari ketiga metode yang digunakan dengan hasil yang paling kecil ditunjukkan oleh EnergyPlus dan yang paling besar ditunjukkan oleh EDGE. Perbedaan hasil yang diperoleh dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik dari ketiga metode yang digunakan. Perbedaan karakteristik tersebut dapat dibuktikan dengan perbedaan detail parameter masukan dari ketiga metode tersebut. Akan tetapi, walaupun terdapat perbedaan karakteristik, perhitungan penghematan energi dari keempat bangunan tersebut menunjukkan hasil yang baik dengan tidak adanya penghematan energi yang bernilai negatif.

3.3 Perbandingan Poin GREENSHIP EEC 1



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan Perolehan Poin GREENSHIP EEC 1

Dapat dilihat pada gambar 3.3, bahwa dengan menggunakan metode EEC1A atau *energy modelling software*, keempatnya tidak mendapatkan perolehan poin, sedangkan dengan menggunakan metode EEC1B atau *worksheet GBC Indonesia*, keempat gedung tersebut mendapatkan perolehan poin sebesar: gedung A 15; gedung B 5; gedung C 1; dan gedung D 13 poin. Perbedaan perolehan poin tersebut disebabkan adanya perbedaan hasil penghematan energi pada kedua metode tersebut seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 3.2. Selain itu perbedaan formula yang digunakan untuk mengkonversikan penghematan energi menjadi perolehan poin juga menjadi salah satu penyebab adanya perbedaan perolehan poin yang dihasilkan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1 Hasil perhitungan OTTV keempat gedung tersebut yaitu:

- Gedung A: 30,02 W/m²
- Gedung B: 32,98 W/m²
- Gedung C: 32,59 W/m²
- Gedung D: 28,29 W/m²

Dengan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa keempat gedung tersebut memenuhi nilai standar OTTV maksimum yaitu 35 W/m².

2 Hasil perhitungan penghematan energi dengan metode *energy modelling software*, *worksheet GBC Indonesia*, dan *EDGE* menghasilkan nilai penghematan energi (kWh/tahun.m2) yang berbeda, yaitu:

- Gedung A
 - EnergyPlus : 2,47 kWh/tahun.m2 (2,14%)
 - Worksheet : 76,31 kWh/tahun.m2 (37,05%)
 - EDGE : 60 kWh/tahun.m2 (40,82%)
- Gedung B
 - EnergyPlus : 3,22 kWh/tahun.m2 (3,99%)
 - Worksheet : 69,82 kWh/tahun.m2 (14,32%)
 - EDGE : 116 kWh/tahun.m2 (34,82%)
- Gedung C
 - EnergyPlus : 0,12 kWh/tahun.m2 (0,09%)
 - Worksheet : 12,62 kWh/tahun.m2 (8,32%)
 - EDGE : 52 kWh/tahun.m2 (42,98%)
- Gedung D
 - EnergyPlus : 4,58 kWh/tahun.m2 (4,49%)

Worksheet : 47 kWh/tahun.m2 (31,13%)

EDGE : 54 kWh/tahun.m2 (36,49%)

- 3 Hasil perolehan poin GREENSHIP EEC 1 dengan metode energy modelling software, worksheet GBC Indonesia menghasilkan perolehan poin yang berbeda, yaitu dengan menggunakan EnergyPlus, keempat gedung tidak mendapatkan perolehan poin GREENSHIP 1. Sedangkan dengan menggunakan worksheet GBC Indonesia:
- Gedung A: 15 poin
 - Gedung B: 5 poin
 - Gedung C: 1 poin
 - Gedung D: 13 poin

4.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian serupa berikutnya, yaitu:

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kekurangan dan kelebihan dari metode-metode tersebut ditinjau dari fokus output yang diinginkan dan parameter input *baseline* yang digunakan
- Perhitungan efisiensi energi yang dilakukan dapat menggunakan jenis-jenis bangunan lain, seperti apartemen, gedung sekolah, dan lain sebagainya.
- Penggunaan versi terbaru dari setiap metode atau *software* yang digunakan dan penggunaan variasi metode perhitungan penghematan energi lain yang lebih mutakhir

Daftar Pustaka:

- [1] PERMEN PUPR, No. 02/PRT/M/2015 tentang *Bangunan Gedung Hijau*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2015.
- [2] International Finance Corporation, "EDGE Methodology Report (Version 2.0)," International Finance Corporation, 2019.
- [3] R. Y. Nasir and dkk, *Panduan Teknis (Perangkat Penilaian Bangunan Hijau untuk Gedung Baru Versi 1.2)*, Jakarta: Green Building Council Indonesia, 2014.
- [4] O. Saberi and P. Kapoor, "Virtual Energy for Comfort: To present discomfort and reward passive design in EDGE," in *9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant*, Windsor, 2016.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-6389-2011*, Jakarta: BSN, 2011.