

Comparative Study of Building Performance Efficiency Analysis Methods using EDGE Rating Tools and Sefaira Energy Efficient Design Software

Christian Nindyaputra Octarino^{1*}, Agustina Tri Mulyani¹

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana
Jalan Dr. Wahidin Sudirohusodo No 5-25, Yogyakarta, Indonesia, 55224

*Penulis Korespondensi: christian.octarino@staff.ukdw.ac.id

Abstract: *In term of building planning, design, and management, energy efficient is one of important aspects to be considered. Energy efficient building have a significant impact on its user as well as the environment. Nowadays, energy efficiency needs to be emphasized in architectural design to support environmental sustainability. Simulation methods are currently widely used in the architectural design process to predict building performance in terms of energy efficiency. This study aimed to compare the energy efficient simulation from both EDGE and Sefaira. These two applications have different interfaces and workflows, but both can be used for energy efficiency simulation for architecture. Based on the comparison result, it was found that the two programs are quite equivalent in terms of simulating the level of energy efficiency. However, there are still gaps in the output generated from the simulation, especially in the context of total energy consumption. This is considered to be a result of the different databases from the two applications. In conclusion, these two applications still can be used for building energy simulation which aims to find out the most effective and efficient design.*

Keywords: *EDGE, energy efficient, sefaira, simulation*

Studi Komparasi Metode Analisis Efisiensi Kinerja Bangunan Menggunakan EDGE Rating Tools dan Sefaira Energy Efficient Design Software

Efisiensi energi adalah aspek penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan, desain, dan pengelolaan bangunan. Bangunan yang dirancang dengan efisiensi energi akan menghasilkan manfaat yang signifikan bagi penghuni dan lingkungan sekitarnya. Dalam jangka panjang, efisiensi energi pada bangunan dapat mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan bangunan, meningkatkan kenyamanan penghuni, dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Saat ini, Efisiensi energi perlu menjadi penekanan dalam desain arsitektur sehingga turut mendukung keberlanjutan lingkungan. Metode simulasi adalah salah satu metode yang digunakan dalam proses perancangan arsitektur untuk dapat memprediksi kinerja bangunan dalam hal efisiensi energi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan komparasi antara dua program yang dapat digunakan untuk simulasi energi yaitu EDGE dan Sefaira. Kedua aplikasi ini memiliki interface dan workflow yang berbeda, namun keduanya dapat digunakan untuk simulasi efisiensi energi. Berdasarkan uji coba komparasi, didapatkan hasil bahwa kedua program ini cukup setara dalam hal mensimulasikan tingkat efisiensi energi. Hanya jika dilihat dari output angka yang dihasilkan masih terdapat gap antara keduanya, yang dinilai merupakan perbedaan data base yang dimiliki. Namun demikian, kedua program ini dapat digunakan dalam proses studi desain yang bertujuan untuk menemukan alternatif desain yang paling efektif dan efisien dalam hal konsumsi energi.

Kata kunci: *EDGE, efisiensi energi, sefaira, simulasi*

Artikel diterima : 05 Desember 2023

Artikel diperiksa : 15 Januari 2024

Artikel disetujui : 20 Februari 2024

Artikel dipublikasikan : 20 Februari 2024

1. Latar Belakang

Dalam era arsitektur modern, efisiensi telah menjadi fokus utama dalam proses perancangan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kesadaran akan keterbatasan sumber daya serta dampak perubahan iklim. Arsitek diharapkan memainkan peran penting dalam menciptakan bangunan yang efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan (Hawkes & Foster, 2002; Samuratova et al., 2019). Dalam konteks ini, sektor bangunan dan konstruksi telah terbukti menjadi salah satu kontributor utama terhadap penggunaan energi global, mencapai sekitar 40%. Oleh karena itu, arsitektur tidak dapat dipisahkan dari upaya pelestarian lingkungan demi mencapai lingkungan yang berkelanjutan. Efisiensi dalam arsitektur merujuk pada optimalisasi penggunaan sumber daya dalam proses perancangan dan operasional bangunan, dengan tujuan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Efisiensi dalam arsitektur memberikan manfaat yang signifikan dalam berbagai aspek. Dari perspektif ekonomi, efisiensi dapat mengurangi biaya operasional bangunan bagi pemiliknya. Selain itu, desain yang efisien juga dapat meningkatkan kenyamanan penghuni, berpotensi meningkatkan kesehatan dan produktivitas mereka. Dalam upaya mencapai tujuan ini, inovasi dan kreativitas dari arsitek dan insinyur sangat diperlukan untuk menciptakan bangunan masa depan yang tidak hanya estetis tetapi juga efisien dan nyaman bagi penghuninya.

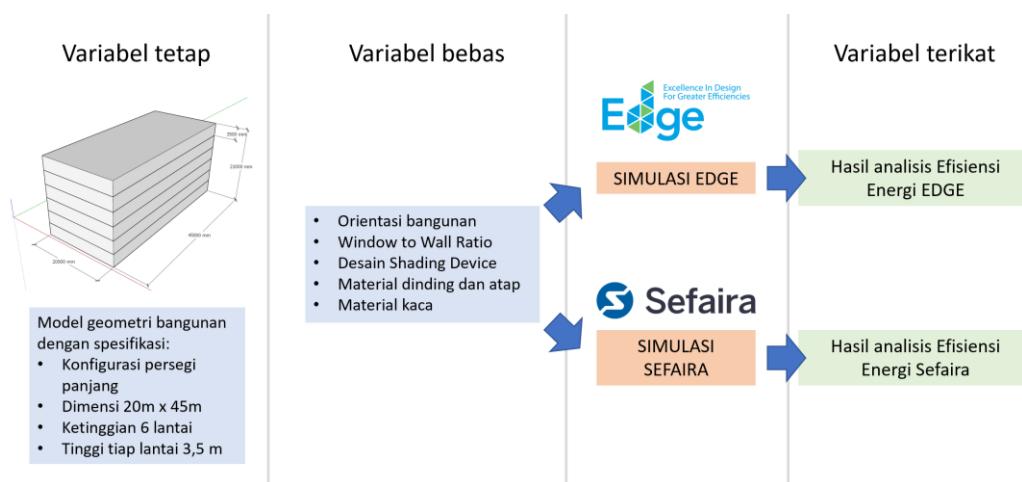
Faktor iklim memainkan peran penting dalam mencapai efisiensi energi dalam arsitektur, terutama dalam konteks iklim tropis (Handoko & Ikaputra, 2019; Rattanongphisat & Rordprapat, 2014).. Radiasi matahari menjadi faktor utama yang dipertimbangkan dalam desain bangunan di daerah tropis. Pendekatan arsitektur bio-klimatik atau desain bioklimatik muncul sebagai strategi untuk merespons kondisi iklim setempat dan memanfaatkan sumber daya alamiah yang ada (Nugroho & Iyati, 2021). JICA (2009) dalam dokumen Panduan Selubung Bangunan *Green Building* Jakarta mengemukakan bahwa beban pendinginan mendominasi konsumsi energi untuk berbagai tipologi bangunan (Pemprov DKI Jakarta, 2012) . Energi yang dikonsumsi untuk kebutuhan pendinginan bahkan dapat mencapai di atas 60%. Oleh karena itu, strategi desain yang mempertimbangkan respons terhadap radiasi matahari dan pencahayaan alamiah menjadi kunci dalam mencapai efisiensi energi dalam arsitektur. Hal ini menunjukkan bagaimana panas dari radiasi matahari sangat berkaitan pada konsumsi energi. Salah satu upaya efisiensi energi akan bergantung pada pengolahan desain selubung dan fasad bangunan, karena menjadi kulit terluar yang terdampak iklim lingkungan (Fahmi & Mutia, 2022).

Dalam mengukur kinerja bangunan pada tahap desain, metode simulasi telah menjadi alat yang umum digunakan oleh arsitek. Metode simulasi memungkinkan pengukuran kinerja bangunan berdasarkan kriteria dan spesifikasi yang telah ditetapkan pada rancangan (Athallah et al., 2017). Dalam konteks ini, studi ini bertujuan untuk membandingkan dua metode analisis efisiensi kinerja bangunan: menggunakan EDGE dan Sefaira. EDGE merupakan

sistem penilaian yang mengukur tingkat efisiensi bangunan (Putra et al., 2020) berdasarkan empat faktor utama: energi, air, material, dan pengelolaan limbah. Sementara itu, Sefaira adalah perangkat lunak praktis yang digunakan untuk menganalisis kinerja bangunan dari segi efisiensi energi, pencahayaan alami, dan kenyamanan termal (Octarino, 2022; Rabbani, 2019; Wibawa et al., 2021). Penelitian berfokus pada variabel aspek strategi desain yang berkaitan dengan desain pasif atau bio-klimatik serta pengaruhnya terhadap efisiensi energi. Aspek desain pasif menjadi tahapan dasar yang harus diimplementasikan dalam upaya menciptakan desain yang efisien, meliputi bentuk bangunan, pemilihan material, dan metode konstruksi (Naboni et al., 2015). Diharapkan studi ini dapat memberikan kontribusi dalam memperkaya metode perancangan arsitektur yang menekankan pada kinerja bangunan, khususnya dalam aspek efisiensi energi.

2. Metode

Studi ini menggunakan metode eksperimen simulasi dengan menggunakan model uji dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Adapun model ini akan disimulasikan dengan menggunakan EDGE dan juga Sefaira untuk mendapatkan hasil analisis terkait efisiensi energi. Model uji yang digunakan dalam studi ini, selanjutnya yang akan menjadi variabel tetap, ditentukan spesifikasi sebagai berikut; Konfigurasi persegi panjang dengan dimensi 25 x 10 m, ketinggian 6 lantai dengan tinggi tiap lantai adalah 3,5 m. Variabel bebas pada studi ini adalah elemen desain bangunan yang berkaitan dengan prinsip desain bioklimatik yang dapat diatur parameternya baik menggunakan EDGE maupun Sefaira. Variabel tersebut di antaranya orientasi bangunan, proporsi bukaan pada fasad (*window to wall ratio/WWR*), material dinding, atap, dan material kaca (Kusuma & Nuzir, 2022; Latifah et al., 2018). Sedangkan untuk variabel terikatnya adalah hasil kalkulasi efisiensi energi. Pada EDGE efisiensi energi ditunjukkan dalam persentase yang merupakan perbandingan dengan kondisi *base case*. Pada Sefaira, output dari simulasi energi adalah nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang dinyatakan dalam satuan KWh/m²/tahun. Meskipun memiliki jenis output yang berbeda, namun pada prinsipnya yang akan dibandingkan adalah tingkat efisiensi yang dimunculkan dari beberapa parameter yang telah ditetapkan.



Gambar 1 . Skema tahapan penelitian

Berkaitan dengan komparasi yang dilakukan, maka diciptakan kondisi yang sama antara simulasi EDGE dengan Sefaira. Kondisi ini didasarkan pada spesifikasi base case yang terdapat pada software EDGE, yang menunjukkan kondisi secara umum yang terdapat pada kota tersebut. Adapun untuk lokasi yang dipilih untuk studi komparasi ini adalah Jakarta dan Surabaya, dengan tipologi bangunan berupa perkantoran/ office. Pemilihan lokasi didasarkan pada pertimbangan bahwa kedua kota tersebut merupakan kota besar sehingga diharapkan data base yang menjadi acuan cukup setara. Spesifikasi base case yang digunakan untuk permodelan 3D yang digunakan sebagai model komparasi baik untuk EDGE dan Sefaira dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi model *Base Case*

| Spesifikasi | | |
|----------------------|------------------|----------|
| Tipologi bangunan | Office | |
| Dimensi bangunan | 25m x 10m x 3,5m | |
| Ketinggian | 6 Lantai | |
| Lokasi | Jakarta | Surabaya |
| Window to Wall Ratio | 60% | |
| SRI wall paint | 30% | |
| Roof U-Value | 1,28 | |
| Wall U-Value | 2,8 | |
| Glass U-Value | 5,8 | |
| Glass SHGC | 0,6 | |

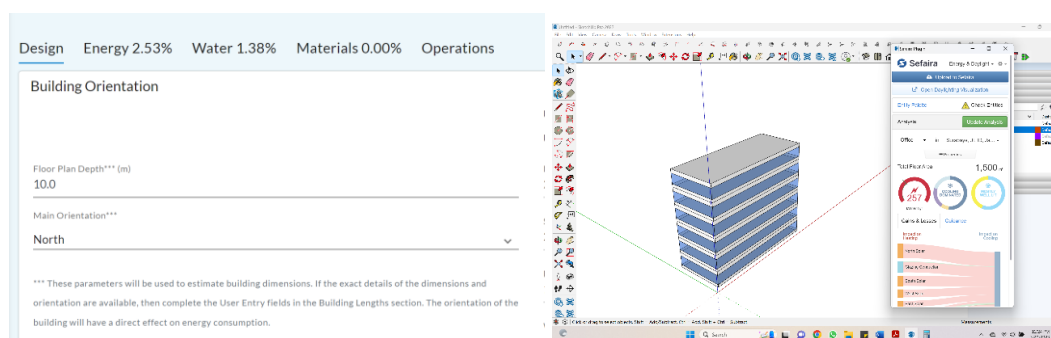
3. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan hasil simulasi pada model *base case* dibedakan sesuai dengan variabel yang ditetapkan, yaitu orientasi, WWR, material kaca, dan jenis *shading*.

3.1. Variabel Orientasi

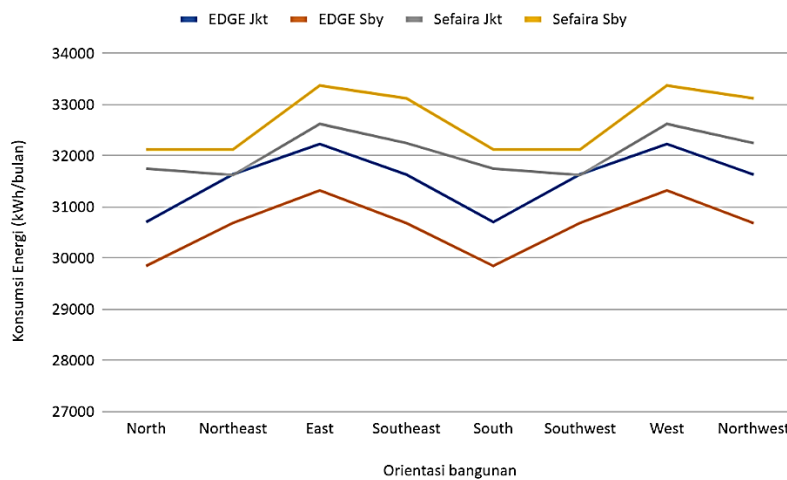
Model 3D base case akan disimulasikan pada delapan kondisi berbeda sesuai dengan orientasi arah mata angin. pada EDGE, orientasi diinputkan pada laman

“Design”. Sedangkan pada Sefaira, orientasi ditentukan dengan memutar model yang menjadi objek studi.



Gambar 2. Input orientasi bangunan pada aplikasi EDGE (kiri) dan modeling pada Sefaira (kanan)

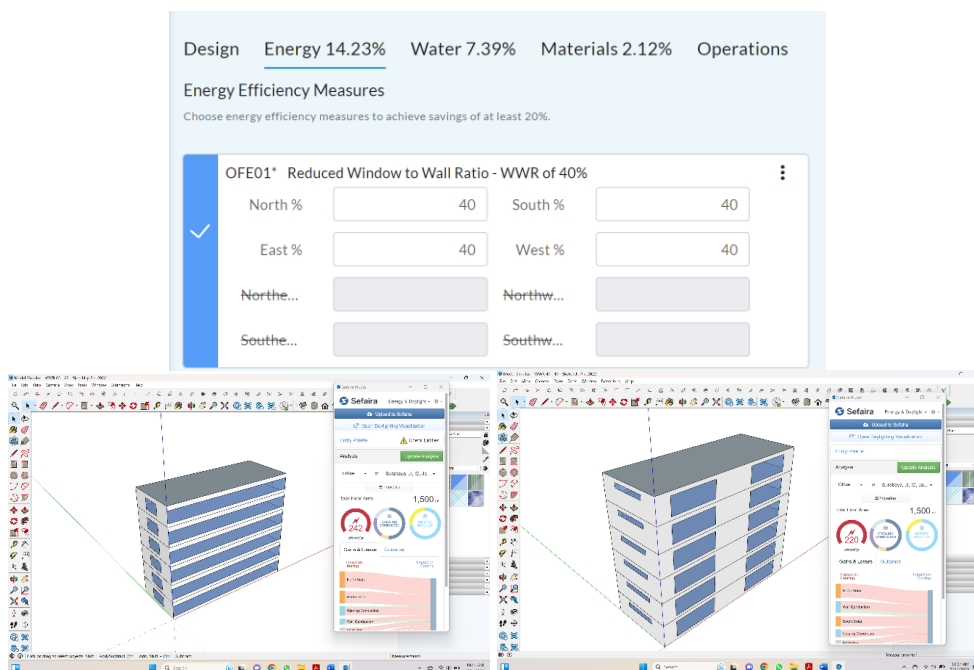
Pada gambar 3 terlihat bahwa hasil simulasi menggunakan EDGE dan Sefaira memiliki pola yang relatif sama. Orientasi bangunan ke arah Timur dan Barat memiliki nilai paling tinggi, sedangkan orientasi Utara dan Selatan adalah yang terendah. Pola ini juga terlihat untuk kedua lokasi yang menjadi input simulasi, hasil yang ditunjukkan untuk seluruh arah orientasi cenderung memiliki pola yang sama. Namun demikian, ada beberapa hal yang menjadi catatan. Yang pertama, pada simulasi Sefaira di kota Surabaya, orientasi utara dan timur laut menunjukkan hasil energi yang sama ($257 \text{ kWh/m}^2/\text{th}$). Sedangkan pada simulasi EDGE terjadi penurunan efisiensi sekitar 2%. Sedangkan di lokasi Jakarta keduanya menunjukkan peningkatan efisiensi walaupun tidak signifikan. Kedua, meskipun memiliki pola grafik yang sama, terdapat gap hasil *energy use* antara EDGE dan Sefaira khususnya untuk lokasi Surabaya. Pada lokasi kota Jakarta, gap yang terjadi tidak signifikan yaitu di bawah 1000 kWh. Sedangkan gap untuk lokasi Surabaya lebih besar, yaitu sekitar 1500-2000 kWh. Hal ini dinilai akibat dari data base case untuk kota Jakarta yang lebih lengkap dan mudah diakses berbagai pihak sehingga outputnya dapat lebih konsisten.



Gambar 3. Grafik rekapitulasi simulasi energi EDGE dan Sefaira berdasarkan orientasi pada kota Jakarta dan Surabaya

3.2. Variabel Window to Wall Ratio

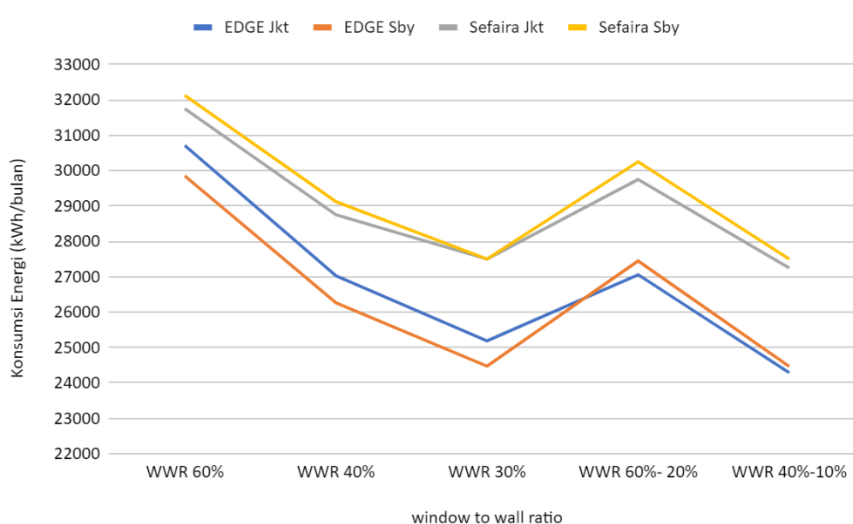
Bidang transparan pada selubung bangunan memiliki pengaruh signifikan pada efisiensi energi (Santoso & Antaryama, 2005). Pengujian untuk variabel WWR menggunakan dua skenario, yaitu skenario di mana nilai WWR sama untuk semua orientasi, dan skenario kedua ditetapkan WWR yang berbeda pada sisi utara-selatan dan timur-barat. Skenario ini menjadi acuan untuk input pada EDGE dan modeling 3D pada SketchUp. Pada aplikasi EDGE, nilai WWR diinputkan pada laman “ENERGY” poin OFE01. Sedangkan pada Sefaira, nilai WWR diimplementasikan pada modeling jendela pada bangunan dengan luasan yang disesuaikan dengan nilai WWR yang digunakan.



Gambar 4. Input nilai WWR pada EDGE App (atas) dan Sefaira (bawah)

Grafik pada gambar 5 menunjukkan perbandingan hasil simulasi EDGE dan Sefaira di kota Jakarta dan Surabaya pada variabel WWR. Seperti pada aspek orientasi, pola yang dihasilkan cenderung sama. Jika akan menerapkan WWR merata di seluruh orientasi, 30% menjadi opsi yang paling efisien. Namun jika akan menerapkan WWR yang berbeda, angka 40% dan 10% dapat diterapkan untuk mendapatkan efisiensi yang optimal.

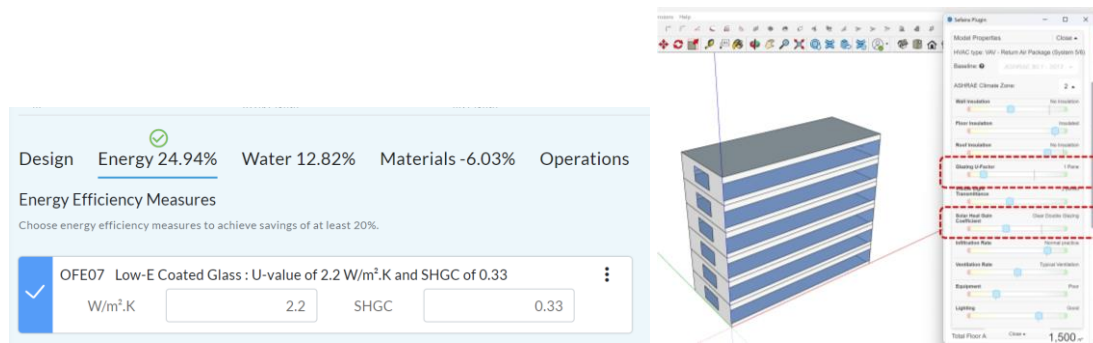
Pada pengujian dengan variabel WWR dapat diketahui pula bahwa antara lokasi Jakarta dan Surabaya memiliki gap data yang minim, yang mana perubahan tingkat efisiensi cenderung sama pada kedua kondisi tersebut. Selisih hasil antara kota Jakarta dan Surabaya hanya di bawah 500 kWh. Sedangkan jika membandingkan antara simulasi EDGE dan Sefaira, terdapat gap cukup beragam, dengan gap tertinggi mencapai hampir 3000 kWh.



Gambar 5. Grafik rekapitulasi simulasi energi EDGE dan Sefaira berdasarkan WWR pada kota Jakarta dan Surabaya

3.3. Variabel *Glazing Material*

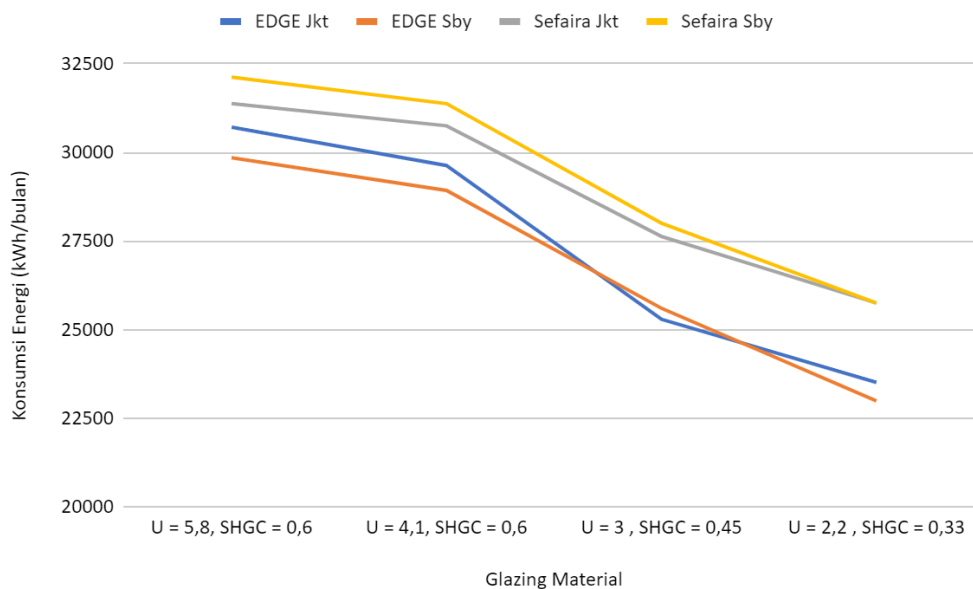
Pengujian untuk variabel glazing material lebih menekankan pada penggunaan spesifikasi kaca yang berbeda, terutama untuk tingkat hantaran panas (*U-value*). Model yang digunakan menggunakan spesifikasi default (orientasi utara, WWR 60%). Spesifikasi kaca ditentukan melalui nilai *U-value* dan *Solar Heat Gain Coefficient* (SHGC). Pada EDGE, nilai ini diinputkan pada tab “Energy” poin OFE07. Sedangkan pada SketchUp, nilai spesifikasi kaca diinputkan pada window Sefaira bagian *material properties*.



Gambar 6. Input nilai U-value dan SHGC pada EDGE (kiri) dan Sefaira (kanan)

Pada pengujian aspek *glazing material*, digunakan skenario empat jenis kaca berbeda, yang ditentukan oleh nilai *U-value* dan SHGC. Berikut spesifikasi kaca yang digunakan:

- Kaca *clear glass* tanpa *coating*: *U-Value* = 5,8; SHGC = 0,6
- Kaca *Low E*: *U-Value* = 4,1; SHGC = 0,6
- Kaca *Low E + coating*: *U-Value* = 3; SHGC = 0,45
- Kaca *Double Glazing*: *U-Value* = 2,2; SHGC = 0,33



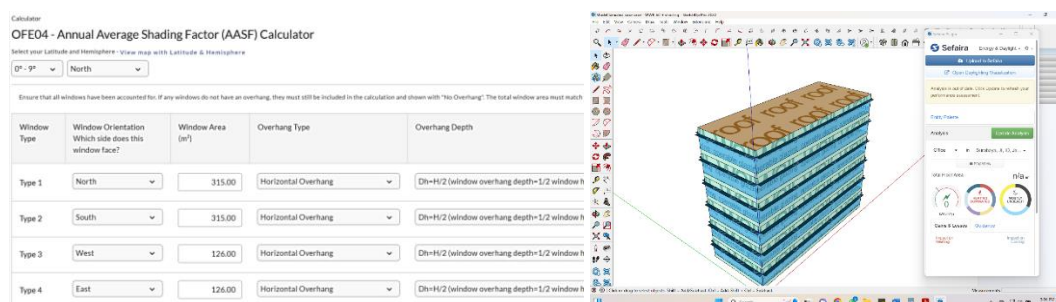
Gambar 7. Grafik rekapitulasi simulasi energi EDGE dan Sefaira berdasarkan glazing material pada kota Jakarta dan Surabaya

Gambar 7 menunjukkan perbandingan simulasi kedua aplikasi di kedua lokasi. Hasil simulasi menunjukkan nilai *U-value* dan SHGC dari material kaca berbanding lurus dengan konsumsi energi bangunan. Semakin rendah hantaran panas pada kaca maka semakin rendah juga angka final *energy use* pada bangunan. Kondisi ini berlaku pada EDGE dan Sefaira di kedua lokasi, di mana nilai *U-value* dan SHGC kaca berbanding lurus dengan *energy use* pada

bangunan. Kedua aplikasi menunjukkan tren yang sama, di mana material kaca *double glazing* dengan *U-value* rendah memiliki tingkat efisiensi paling besar. Seperti yang terjadi pada variabel WWR, hasil simulasi untuk dua lokasi menunjukkan nilai yang relatif sama atau gap yang terjadi tidak terlalu jauh. Sedangkan gap kedua kota pulau jawa antar aplikasi terlihat ada di sekitar 2000 kWh.

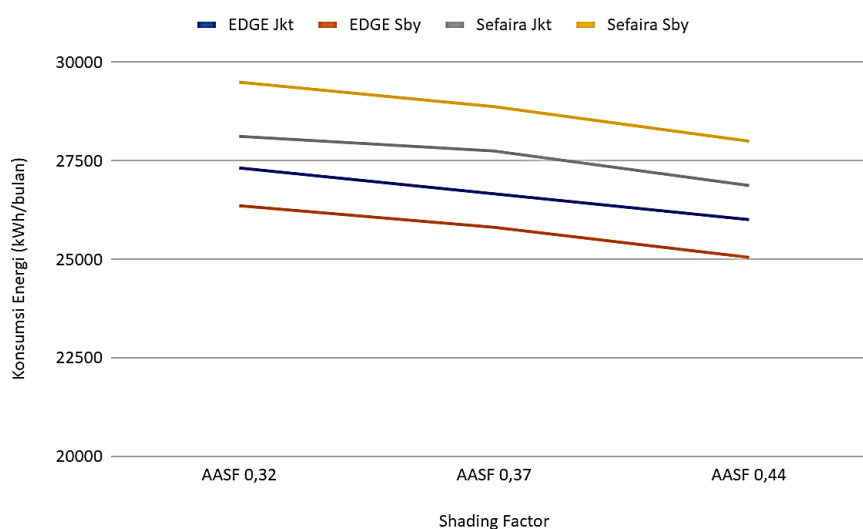
3.4. Variabel Jenis *Shading*

Shading merupakan salah satu elemen penting pada selubung bangunan yang dapat mengurangi paparan radiasi dan membantu meningkatkan efisiensi energi bangunan (Kirimtat et al., 2016). Variabel *shading* menekankan pada desain dan dimensi *shading* yang digunakan pada fasad bangunan. Pada aplikasi EDGE yang bukan merupakan aplikasi modeling, jenis/desain *shading* diinputkan dalam nilai *Annual Average Shading Factor* (AASF). Adapun nilai AASF didapatkan dari jenis *shading* (*horizontal/vertical/eggcrate*) dan dimensi *shading* (panjang elemen *shading* diukur dari fasad bangunan). Input data spesifikasi *shading* dilakukan pada halaman “energy” pada poin OFE04. Secara teknis, *shading* dapat langsung diinput dalam bentuk nilai AASF atau masuk ke dalam *calculator* untuk memasukkan spesifikasi *shading* secara lebih detail. Sedangkan pada SketchUp, *shading* dimodelkan pada model 3D sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.



Gambar 8. Input spesifikasi *shading* pada EDGE (kiri) dan Sefaira (kanan)

Untuk pengujian variabel *shading*, pada tahap ini menekankan pada tipe horizontal *shading*, dengan dimensi yang berbeda. Terdapat 3 skenario dimensi *shading*: $H/4$ = panjang *shading* $1/4$ dari tinggi bukaan; $H/3$ = panjang *shading* $1/3$ dari tinggi bukaan; $H/2$ = panjang *shading* $1/2$ dari tinggi bukaan. Grafik pada gambar 9 kembali menunjukkan pola data yang sama untuk kedua aplikasi di kedua lokasi. Semakin besar nilai AASF maka tingkat efisiensi energi akan semakin meningkat. Namun demikian, dapat pula diketahui pada lokasi Jakarta gap yang terjadi antara simulasi EDGE dan Sefaira lebih kecil dibandingkan pada kota Surabaya.



Gambar 9. Grafik rekapitulasi simulasi energi EDGE dan Sefaira berdasarkan *Shading Devices* pada kota Jakarta dan Surabaya

4. Kesimpulan

Melalui studi ini dapat disimpulkan bahwa kedua perangkat lunak ini dapat digunakan untuk melakukan simulasi terkait efisiensi energi, dengan tingkat efisiensi yang relatif sama. Namun perlu diperhatikan bahwa kesamaan hasil simulasi ada pada Tingkat efisiensi, bukan nilai konsumsi energinya. Perlu ditinjau lebih dalam terkait nilai *energy use* yang didapatkan, karena masih terdapat gap antara kedua aplikasi. Di beberapa kasus lokasi gap yang terjadi cukup signifikan. Hal ini dinilai akibat perbedaan database (cuaca pada EDGE mengacu pada *climatic condition dan energy efficiency code (EEC)* dan sefaira pada *energy plus weather (EPW)*). Di samping itu basis data terkait program ruang pada aplikasi EDGE dapat diketahui secara mendetail, namun untuk Sefaira tidak dapat diketahui secara mendalam. Perbedaan lainnya juga disinyalir terjadi akibat perbedaan data konsumsi energi terkait lighting, utilitas, perhitungan carbon, dll. Namun demikian, kedua program ini masih dapat direkomendasikan menjadi tools di dalam metode perancangan arsitektur untuk mencari alternatif desain yang paling efisien.

Studi ini masih terbatas pada faktor desain arsitektural bangunan yang berpengaruh pada tingkat efisiensi energi, seperti orientasi, WWR, material kaca, dan jenis *shading*. Oleh karena itu, studi selanjutnya perlu mencakup variabel lain seperti peralatan, utilitas, kreasi model dan faktor-faktor lain yang relevan. Selain itu, penting juga untuk melakukan studi perbandingan dengan aplikasi atau perangkat lunak lain yang terkait dengan simulasi energi guna melakukan benchmarking, validasi data dan memberikan dasar untuk pemilihan perangkat pendukung yang lebih optimal dalam studi arsitektur.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Fakultas Arsitektur dan

Desain dan juga Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Kristen Duta Wacana atas segala dukungan yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan artikel ini.

6. Daftar Pustaka

- Athailah, A., Iqbal, M., & Situmeang, I. S. (2017). SIMULASI PENCAHAYAAN ALAMI PADA GEDUNG PROGRAM STUDI ARSITEKTUR UNIVERSITAS MALIKUSSALEH. *NALARs*, 16(2), 113. <https://doi.org/10.24853/nalars.16.2.113-124>
- Fahmi, M. M., & Mutia, F. (2022). OPTIMASI PENGGUNAAN FASAD BERDASARKAN ENERGI DALAM PROSES PERANCANGAN GEDUNG PERKANTORAN DI SURABAYA. 18(1). <https://doi.org/10.21831/inersia.v18i1>
- Handoko, J. P. S., & Ikaputra, I. (2019). PRINSIP DESAIN ARSITEKTUR BIOKLIMATIK PADA IKLIM TROPIS. *LANGKAU BETANG: JURNAL ARSITEKTUR*, 6(2), 87. <https://doi.org/10.26418/lantang.v6i2.34791>
- Hawkes, D., & Foster, W. (2002). Energy Efficient Buildings: Architecture, Engineering, and Environment. In *CIVIL ENGINEERING : American Society of Civil Engineers*.
- Kirimtat, A., Koyunbaba, B. K., Chatzikonstantinou, I., & Sariyildiz, S. (2016). Review of simulation modeling for shading devices in buildings. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 53, pp. 23–49). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.020>
- Kusuma, Y., & Nuzir, F. A. (2022). Penilaian Kinerja Bangunan Hijau dengan EDGE Building App pada Perancangan Klinik yang Menerapkan Strategi Passive Design dari Climate Consultant. *JURNAL ARSITEKTUR*, 12(1), 65. <https://doi.org/10.36448/ja.v12i1.2310>
- Latifah, N. L., Zhafari, M. I., Tamunu, C. M. P., Padillah, R. M., & Bahar, N. K. (2018). Desain Fasad Bangunan Terkait Kenyamanan Termal. *Jurnal Arsitektur Universitas Bandar Lampung*, 8, 33–42.
- Naboni, E., Malcangi, A., Zhang, Y., & Barzon, F. (2015). Defining the energy saving potential of architectural design. *Energy Procedia*, 83, 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.204>
- Nugroho, A. M., & Iyati, W. (2021). *Arsitektur Bioklimatik: Inovasi Sains Arsitektur Negeri untuk Kenyamanan Termal Alami Bangunan*.
- Octarino, C. N. (2022). Evaluation of Building Envelope Performance on the Kanisius Kalasan Junior High School Building Yogyakarta. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 187–191.
- Pemprov DKI Jakarta. (2012). *SELUBUNG BANGUNAN - PANDUAN PENGGUNA BANGUNAN GEDUNG HIJAU JAKARTA*. [Http://Greenbuilding.Jakarta.Go.Id](http://Greenbuilding.Jakarta.Go.Id).
- Putra, R. M., Wibowo, M. A., & Syfrudin, S. (2020). APLIKASI GREEN BUILDING BERDASARKAN METODE EDGE. *Wahana Teknik Sipil*, 98–111.

- Rabbani, B. A. (2019). Comparative Study of Energy Consumption between OTTV and Sefaira in a House. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 248(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/248/1/012089>
- Rattanongphisat, W., & Rordprapat, W. (2014). Strategy for energy efficient buildings in tropical climate. *Energy Procedia*, 52, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.049>
- Samuratova, T. K., Kaliyeva, Z. E., Makhanov, M., & Yermekova, Z. K. (2019). Energy efficient environment in architecture. *E3S Web of Conferences*, 116. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911600031>
- Santoso, A. J., & Antaryama, I. G. N. (2005). *KONSEKUENSI ENERGI AKIBAT PEMAKAIAN BIDANG KACA PADA BANGUNAN TINGGI (Anik Juniwati Santoso, et al.)*. <http://puslit.petra.ac.id/~puslit/journals/>
- Wibawa, B. A., Saraswati, R. S., Chandra, A. B., & Saputro, B. E. (2021). Energy Optimization on Campus Building Using Sefaira. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012015>