Ranah Research
Journal of Multidisciplinary Research and Development
E-ISSN: 2655-0865
DINASTI RESEARCH
082170743613 ranahresearch@gmail.com https://jurnal.ranahresearch.com

DOI: https://doi.org/10.38035/rrj.v7i4
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Pemanfaatan BIM dalam Evaluasi Desain Adaptif

Adinda Salma Ayu Trisnadi[1], Afif Fajar Zakariya[2]
[1] Program Studi Arsitektur Fakultas Arsitektur dan Desain Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia, 21051010019@student.upnjatim.ac.id
[2] Program Studi Arsitektur Fakultas Arsitektur dan Desain Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia, afifzakariya.ar@upnjatim.ac.id

Corresponding Author: 21051010019@student.upnjatim.ac.id [1]

Abstract: *The development of BIM not only focuses on building digital modeling and design analysis but can also enable design adjustments to improve energy efficiency, such as the use of more environmentally friendly materials or adjustments to thermal comfort and performance management or energy use. BIM also makes it possible to identify areas that can be improved to reduce dependence on non-renewable energy. This research begins by collecting theoretical and practical data related to the use and utilization of BIM in the form of energy analysis which is expected to have an impact on adaptive design to climate change. Followed by data analysis, through a case study in the form of an existing residential house by involving Analyze Energy Optimization in Autodesk REVIT to identify Energy Analysis which will produce Analytical Spaces, Analytical Surfaces, Solar Study, and Lightning study. And insight 360 can calculate the most likely energy used to evaluate energy efficiency in residential homes. The results of this study show that energy analysis using BIM can optimize energy in a building. This analysis can contribute to reducing negative impacts on the environment to help achieve Sustainable Development Goals (SDGs). The conclusion of this research is that the utilization of BIM in climate change adaptive design planning can provide a deep insight into how this technology can be well integrated in the design and construction process to create buildings that are not only comfortable and aesthetically pleasing, but efficient in energy use and environmentally friendly in the face of climate change challenges.*

Keyword: *BIM (Building Information Modeling), Adaptive Design, Energy Efficiency, Energy Analysis, Climate Change.*

Abstrak: Perkembangan BIM tidak hanya berfokus pada pembuatan model digital bangunan dan analisis desain tetapi juga dapat memungkinkan penyesuaian desain untuk meningkatkan efisiensi energi, seperti penggunaan material yang lebih ramah lingkungan atau penyesuaian kenyamanan termal dan pengelolaan kinerja ataupun penggunaan energi. BIM juga memungkinkan untuk mengidentifikasi area yang dapat ditingkatkan untuk mengurangi ketergantungan pada energi tak terbarukan. Dalam penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data teori dan praktik terkait cara penggunaan serta pemanfaatan BIM berupa analisa energi yang nantinya diharapkan dapat berdampak pada desain adaptif terhadap

perubahan iklim. Dilanjutkan dengan analisa data, melalui studi kasus berupa rumah hunian yang sudah ada dengan melibatkan Analyze Energi Optimization pada Autodesk REVIT untuk mengidentifikasi Analisa Energi yang akan menghasilkan Analytical Spaces, Analytical Surfaces, Solar Study, dan Lightning study. Dan insight 360 dapat menghitung kemungkinan besar energi yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi energi pada rumah hunian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis energi dengan menggunakan BIM dapat mengoptimalkan energi pada suatu bangunan. Analisis ini dapat berkontribusi dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan untuk membantu mencapai Sustainable Development Goals (SDGs). Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pemanfaatan BIM dalam perencanaan desain adaptif terhadap perubahan iklim dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang bagaimana teknologi ini dapat diintegrasikan dengan baik dalam proses desain dan konstruksi untuk menciptakan bangunan tidak hanya nyaman dan estetis, tetapi efisien dalam penggunaan energi dan ramah lingkungan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

Kata Kunci: BIM (Building Information Modeling), Desain Adaptif, Efisiensi Energi, Analisa Energi, Perubahan Iklim.

PENDAHULUAN

Fenomena perubahan iklim dunia saat ini semakin tinggi (Latucosina, 2010). Dalam era globalisasi dan perkembangan teknologi, perubahan iklim menjadi isu yang semakin mendapatkan perhatian. Perencanaan desain adatif adalah pendekatan yang mempertimbangkan kondisi lingkungan yang berubah dan merancang solusi yang fleksibel dan adaptif untuk mengatasi dampak negatif perubahan iklim (Andy Satria, Wanciko, Aldi Ravonda Pradana Sirait. 2023). Desain adaptif bangunan menjadi pendekatan yang penting, dengan tujuan untuk menciptakan bangunan tidak hanya nyaman dan estetis, tetapi efisien dalam penggunaan energi dan ramah lingkungan.

BIM memiliki hubungan yang sangat erat dengan desain bangunan yang berkelanjutan *(sustainable),* karena BIM dapat membantu mencapai tujuan sustainability dalam perencanaan desain adaptif (Mésároš, P., dkk., 2021). BIM dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dalam perencanaan desain adaptif (Andreas Wibowo. 2023).

Dengan menganalisis energi untuk memahami bagaimana bangunan akan beroperasi dalam berbagai kondisi cuaca dan penggunaan, dan dapat menganalisis bangunan agar dapat beradaptasi dengan perubahan kondisi iklim. Namun, pemanfaatan BIM dalam perencanaan desain adaptif terhadap perubahan iklim masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami bagaimana teknologi ini dapat diintegrasikan dengan baik dalam proses desain dan konstruksi.

Orgnaisasi yang mampu mengelola perkembangan adalah organisasi yang adaptif terhadap perubahan (Siswanto, and Sucipto, Agus. 2008). Untuk mencapai itu, organisasi yang adaptif memiliki kemampuan untuk beradaptasi dan mengakomodasi perubahan dengan cepat dan mudah (Galbraith. J. 1999).

Arsitektur adaptif merujuk pada fleksibilitas arsitektur dalam menyesuaikan kondisi intenal dan eksternal termasuk pengaruh manusia, lingkungan, dan teknologi yang terlibat di dalamnya (Raudina Qisthi Pramantha, dkk., 2022). Dengan demikian, arsitektur adaptif dirancang untuk mencapai optimalisasi dan keberlanjutan bangunan di waktu ke waktu, dengan mempertimbangkan peran perilaku manusia dalam proses ini (Raudina Qisthi Pramantha, dkk., 2022). BIM memungkinkan desain adaptif, di mana bangunan dapat disesuaikan untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah. Ini termasuk desain

yang responsif terhadap perubahan iklim, seperti bangunan yang dirancang untuk menangani peningkatan suhu atau perubahan pola cuaca ekstrem.

Arsitektur Berkelanjutan merupakan salah satu cara untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan cara yang efisiensi dan bijak dalam penggunaan bahan, energi dan pengolahan ruang. Karena setiap pembangunan akan memiliki dampak pada generasi mendatang, maka kesadaran akan peduli lingkungan perlu diterapkan dalam mendesain bangunan (Tanuwidjaja, 2012). Efisiensi dalam arsitektur berkelanjutan meliputi empat hal, yaitu efisiensi penggunaan energi, efisiensi penggunaan lahan, efisiensi penggunaan bahan, dan manajemen limbah. Beberapa hal yang dapat diterapkan pada bangunan dengan arsitektur berkelanjutan adalah bangunan hemat energi, efisensi penggunaan lahan, efisiensi penggunaan bahan, dan memanfaatkan potensi energi terbarukan (Arsimedia, 2021).

Gambar 1. Prinsip Arsitektur Berkelanjutan
(Sumber: Dokumen Penulis, 2024)

Menurut Kurnasih (2018), konsep arsitektur berkelanjutan *atau bisa kita sebut dengan Sustainable Architecture* merupakan salah satu konsep yang dapat diterapkan pada bangunan untuk mengurangi dampak negatif konstruksi bangunan terhadap lingkungan. Arsitektur berkelanjutan harus memenuhi kebutuhan manusia dan harus diterapkan sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan standar yang telah ditetapkan, memperhitungkan seluruh masalah yang terkait dengan integrasi dan lingkungkan, efisiensi energi, air, dan pengelolaan limbah, efisiensi bahan dan manajemen bahan baku, prefensi lokal serta penggunaan yang nyaman dan bekualitas (Kurnarsih, S. 2018). *Green Building Design* atau Desain Bangunan Berkelanjutan mengacu pada proses mendesain bangunan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan hemat sumber daya di sepanjang siklus hidup bangunan. Selain itu, desain bangunan hijau menekankan pada peningkatan peran pengguna akhir dalam memilih fitur-fitur ramah lingkungan (Tamer El-Diraby, dkk. 2017).

Studi menunjukkan bahwa perubahan iklim memiliki dampak signifikan pada bangunan, termasuk peningkatan risiko kerusakan struktural akibat cuaca ekstrem dan perubahan pola cuaca yang ekstrem (Andreas Wibowo. 2023). Desain adaptif bangunan mencakup penggunaan material yang tahan terhadap perubahan iklim dan sistem yang efisien dalam penggunaan energi. Namun, terdapat beberapa tantangan dalam pemanfaatan teknologi BIM dalam perencanaan desain adaptif terhadap perubahan iklim, seperti kurva belajar yang tinggi, keterbatasan sumber daya, dan kebutuhan untuk integrasi dengan sistem lain dalam proses desain dan konstruksi.

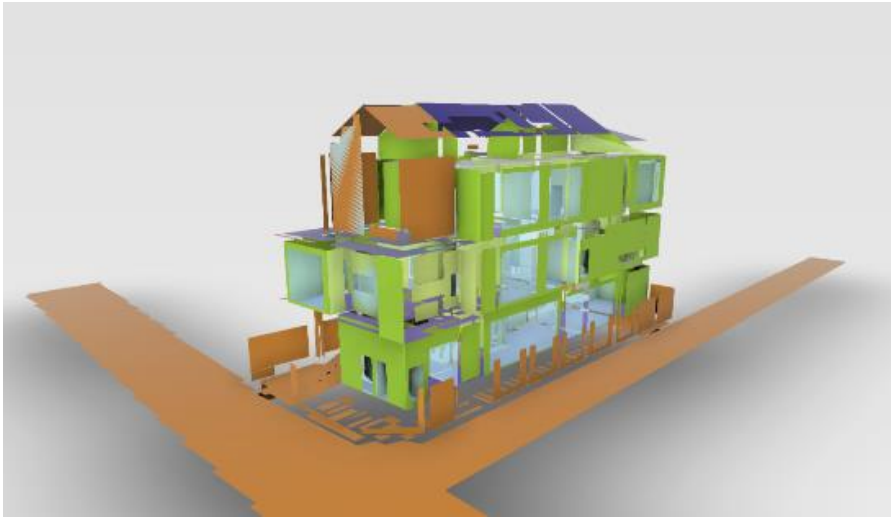
METODE

Metode penelitian ini menggabungkan sistem pendekatan kuantitatif untuk mengkaji dan menganalisis pemanfaatan *Building Information Modeling (BIM)* dalam perencanaan

desain adaptif terhadap perubahan iklim. Penelitian diawali dengan menganalisis pengaruh pemanfaatan serta penggunaan BIM pada desain adaptif terhadap perubahan iklim. Selanjutnya, penelitian ini dilanjutkan dengan studi kasus, menganalisis data studi historis dan prediksi untuk menganalisis bagaimana perubahan iklim mempengaruhi desain bangunan dan performa energinya. Spesifik di mana BIM telah digunakan untuk mengembangkan desain bangunan yang adaptif.

Pendekatan dalam penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data melalui studi literatur dan analisis dokumen untuk mengumpulkan data teori dan praktik terkait cara penggunaan serta pemanfaatan *Building Information Modeling (BIM)* yang berfokus pada analisa energi yang nantinya akan berdampak pada desain adaptif, perubahan iklim, dan desain bangunan berkelanjutan. Tahap selanjutnya menggunakan analisa data dari sebuah studi kasus berupa rumah hunian. Hunian dipilih dalam obyek studi kasus ini karena "Bangunan residensial adalah konsumen energi terbesar, menyumbang sekitar 40% dari konsumsi energi global, dengan sebagian besar energi ini digunakan untuk pemanasan, pendinginan, dan penerangan" (Laporan Status Global untuk Bangunan dan Konstruksi, 2021).

Analisa data melibatkan *Analyze Energi Optimization* pada *Autodesk Revit* untuk mengidentifikasi Analisa Energi yang akan menghasilkan *Analytical Spaces, Analytical Surfaces, dan Solar Study.* Selain itu, *Insight 360* dapat menghitung kemungkinan besar energi yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi energi pada rumah hunian.



Gambar 2. Autodesk *Insight Analyze*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teori Pemanfaatan Analiss BIM

Building Information Modeling (BIM) adalah proses yang melibatkan penghasilan dan pengelolaan data konstruksi sepanjang siklus bangunan, mulai dari perencanaan, perancangan, konstruksi, penggunaan, pemeliharaan, hingga pembongkaran bangunan. Penggunaan BIM dalam perancangan bangunan memungkinkan visualisasi 3D, simulasi ruang, waku, biaya, energi, serta perubahan cepat dalam informasi perancangan sejak tahap awal. *Building Information Modeling (BIM)* menyediakan platform untuk mengintegrasikan semua informasi tersebut dalam satu lingkungan dan memungkinkan pengembangan lebih lanjut untuk menganalisis data bangunan untuk berbagai aplikasi. Penilaian energi yang terkait dengan produksi material, transportasi dan konstruksi bangunan memberikan peluang untuk mengurangi penggunaan energi dan meningkatkan keberlanjutan. (Raha Shahmir Nizam, Chen Zhang, Lu Tian,. 2018).

Tabel 1. Adaptasi dari Buku Pengantar BIM dalam Arsitektur

Fungsi Analisis Kinerja Energi	Tujuan Analisis Energi
Analisis Kinerja Energi: Analisis energi digunakan untuk mengevaluasi kinerja energi bangunan dan mengidentifikasi area yang dapat ditingkatkan untuk meningkatkan efisiensi energi.	*Retrofitting Solutions:* Analisis energi digunakan untuk mengembangkan solusi *retrofitting* yang dapat mengurangi ketergantungan bangunan pada sistem mekanik dan meningkatkan efisiensi energi.
Optimalkan Desain: Analisis energi memungkinkan pengguna untuk mengoptimalkan desain bangunan dengan mempertimbangkan lokasi, orientasi, dan ukuran panel surya untuk meningkatkan efisiensi energi.	Biaya Energi dan Emisi Karbon: Analisis energi memungkinkan pengguna untuk mengetahui biaya energi dan emisi karbon yang dihasilkan oleh bangunan, sehingga dapat dioptimalkan untuk mengurangi biaya dan emisi.
Simulasi Jalur Matahari: Analisis energi juga memungkinkan simulasi jalur matahari yang memungkinkan pengguna untuk mengetahui bagaimana matahari bergerak disekitar bangunan dan bagaimana panel surya akan berfungsi.	

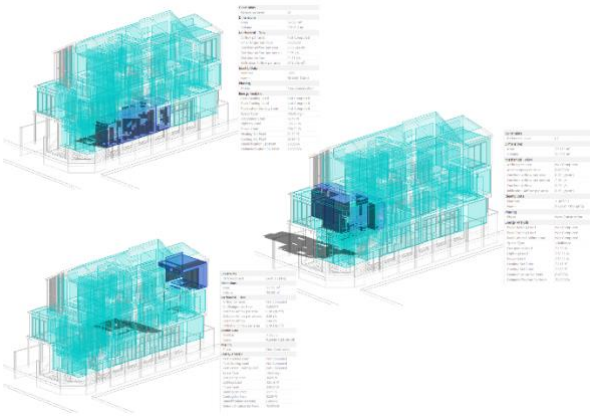
Analytical Spaces

Analytical Spaces digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan desain bangunan berdasarkan aspek-aspek seperti ruang, jaringan, dan integrasi. *Analytical Spaces* digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan desain bangunan dengan cara menghitung dan memprediksi berbagai parameter seperti ruang, jaringan dan integrasi. Dapat membantu untuk mengetahui bagaimana penggunaan ruang dan jaringan ruang di dalam bangunan.

Tabel 2. Hasil *Analytical Spaces*

Analytical Spaces

Name	Area	Volume	Lighting Load per area	Lighting Load	Occupancy Load	Power Load per area	Power Load	Cooling Set Point	Heating Set Point	Infiltration Airflow per area	Outdoor Airflow	Outdoor Airflow per area
R. SATPAM	2 m²	3.40 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
R. SATPAM	1 m²	2.45 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
R. DISKUSI	5 m²	13.45 m²	10.76 W/m²	53 W	5 W	12.76 W/m²	53 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.0 L/s	0.20 L/(s·m²)
Analytical Space	2 m²	1.28 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	1 m²	0.78 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	5 m²	3.83 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
TERAS	6 m²	10.66 m²	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	6 m²	3.45 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
R. DISKUSI	5 m²	10.03 m²	10.76 W/m²	45 W	5 W	12.76 W/m²	45 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.0 L/s	0.20 L/(s·m²)
Analytical Space	5 m²	3.22 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
RUANG TAMU	39 m²	102.31 m³	10.76 W/m²	366 W	42 W	12.76 W/m²	366 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	11.1 L/s	0.30 L/(s·m²)
FOYER	4 m²	8.66 m³	10.76 W/m²	35 W	5 W	12.76 W/m²	35 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	6 m²	2.34 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
TANGGA UTAMA	4 m²	32.60 m³	10.76 W/m²	38 W	4 W	12.76 W/m²	38 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
LIFT	1 m²	6.86 m³	10.76 W/m²	15 W	1 W	12.76 W/m²	15 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.3 L/s	0.30 L/(s·m²)
GARASI	14 m²	44.02 m³	10.76 W/m²	156 W	18 W	12.76 W/m²	154 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	4.7 L/s	0.30 L/(s·m²)
GARASI	4 m²	12.41 m³	10.76 W/m²	43 W	5 W	12.76 W/m²	44 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
KAMAR TAMU	20 m²	54.75 m³	10.76 W/m²	216 W	25 W	12.76 W/m²	212 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	6.6 L/s	0.30 L/(s·m²)
KM/WC	3 m²	4.57 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	3 m²	1.68 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
DAPUR	15 m²	39.66 m³	10.76 W/m²	157 W	18 W	12.76 W/m²	157 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	4.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG MAKAN	19 m²	55.14 m³	10.76 W/m²	208 W	24 W	12.76 W/m²	203 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	6.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG KERJA	11 m²	28.72 m³	10.76 W/m²	119 W	14 W	12.76 W/m²	139 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	3.7 L/s	0.30 L/(s·m²)
KAMAR UTAMA 2	12 m²	34.82 m³	10.76 W/m²	131 W	15 W	12.76 W/m²	131 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	4.0 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG KELUARGA	25 m²	72.32 m³	10.76 W/m²	270 W	31 W	12.76 W/m²	272 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	8.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG KERJA	5 m²	6.85 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
KAMAR UTAMA 3	10 m²	17.01 m³	10.76 W/m²	108 W	12 W	12.76 W/m²	104 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	3.1 L/s	0.30 L/(s·m²)
KM/WC	2 m²	7.24 m³	10.76 W/m²	21 W	4 W	12.76 W/m²	24 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.8 L/s	0.20 L/(s·m²)
KM/WC	5 m²	6.98 m³	10.76 W/m²	53 W	4 W	12.76 W/m²	53 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.9 L/s	0.20 L/(s·m²)
KM/WC	5 m²	11.65 m³	10.76 W/m²	52 W	4 W	12.76 W/m²	50 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.9 L/s	0.30 L/(s·m²)
WALKING CLOSET	1 m²	2.61 m³	10.76 W/m²	11 W	1 W	12.76 W/m²	11 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.3 L/s	0.30 L/(s·m²)
WALKING CLOSET	3 m²	5.52 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
RUANG SHOWROOM	11 m²	32.73 m³	10.76 W/m²	113 W	13 W	12.76 W/m²	113 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	3.6 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	2 m²	7.58 m³	10.76 W/m²	22 W	4 W	12.76 W/m²	22 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	5 m²	25.77 m³	10.76 W/m²	56 W	11 W	12.76 W/m²	56 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	2.5 L/s	0.30 L/(s·m²)
KM/WC	1 m²	6.48 m³	10.76 W/m²	11 W	1 W	12.76 W/m²	12 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
KM/WC	0 m²	1.72 m³	10.76 W/m²	3 W	0 W	12.76 W/m²	3 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.1 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	4 m²	6.54 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	1 m²	2.78 m³	10.76 W/m²	15 W	2 W	12.76 W/m²	15 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
KAMAR UTAMA 4	7 m²	32.26 m³	10.76 W/m²	76 W	9 W	12.76 W/m²	76 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	2.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
WALKING CLOSET	1 m²	2.28 m³	10.76 W/m²	12 W	1 W	12.76 W/m²	12 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
BALKON	4 m²	26.32 m³	10.76 W/m²	47 W	5 W	12.76 W/m²	47 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
BALKON	7 m²	46.14 m³	10.76 W/m²	85 W	9 W	12.76 W/m²	80 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	2.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
BALKON	6 m²	32.83 m³	10.76 W/m²	71 W	8 W	12.76 W/m²	70 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	2.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	5 m²	28.85 m³	10.76 W/m²	53 W	6 W	12.76 W/m²	55 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
MUSHOLA	8 m²	81.41 m³	10.76 W/m²	89 W	10 W	12.76 W/m²	86 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	2.7 L/s	0.30 L/(s·m²)
GUDANG	2 m²	10.28 m³	10.76 W/m²	18 W	2 W	12.76 W/m²	18 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.5 L/s	0.20 L/(s·m²)
GUDANG	5 m²	26.66 m³	10.76 W/m²	51 W	6 W	12.76 W/m²	51 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.6 L/s	0.30 L/(s·m²)
KAMAR SET	8 m²	37.49 m³	10.76 W/m²	80 W	9 W	12.76 W/m²	81 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	2.5 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	4 m²	10.28 m³	10.76 W/m²	44 W	5 W	12.76 W/m²	44 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	1 m²	19.17 m³	10.76 W/m²	7 W	1 W	12.76 W/m²	7 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG CUCI MOBIL	1 m²	1.77 m³	10.76 W/m²	8 W	1 W	12.76 W/m²	8 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG CUCI MOBIL	13 m²	69.41 m³	10.76 W/m²	136 W	15 W	12.76 W/m²	130 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	3.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
TANGGA SERVICE	2 m²	14.16 m³	10.76 W/m²	24 W	4 W	12.76 W/m²	24 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.0 L/s	0.30 L/(s·m²)
LIFT	1 m²	7.42 m³	10.76 W/m²	15 W	2 W	12.76 W/m²	16 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.5 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG BACA	5 m²	9.81 m³	10.76 W/m²	45 W	6 W	12.76 W/m²	64 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.9 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	4 m²	7.76 m³	10.76 W/m²	41 W	5 W	12.76 W/m²	41 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.3 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	0 m²	0.72 m³	10.76 W/m²	4 W	0 W	12.76 W/m²	4 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.2 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	2 m²	5.82 m³	10.76 W/m²	21 W	2 W	12.76 W/m²	23 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.6 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG CUCI MOBIL	3 m²	10.04 m³	10.76 W/m²	33 W	4 W	12.76 W/m²	32 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.0 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG KOSI	14 m²	39.58 m³	10.76 W/m²	152 W	18 W	12.76 W/m²	152 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	4.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	1 m²	2.80 m³	10.76 W/m²	12 W	1 W	12.76 W/m²	12 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.4 L/s	0.30 L/(s·m²)
LIFT	1 m²	7.72 m³	10.76 W/m²	16 W	2 W	12.76 W/m²	16 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.5 L/s	0.30 L/(s·m²)
TANGGA SERVICE	5 m²	12.41 m³	10.76 W/m²	54 W	4 W	12.76 W/m²	54 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	1.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	2 m²	13.75 m³	10.76 W/m²	28 W	3 W	12.76 W/m²	28 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
RUANG KELUARGA	2 m²	5.51 m³	10.76 W/m²	25 W	3 W	12.76 W/m²	25 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.8 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	11 m²	13.75 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	5 m²	1.32 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	6 m²	6.78 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	32 m²	76.12 m³	10.76 W/m²	349 W	40 W	12.76 W/m²	349 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	10.6 L/s	0.30 L/(s·m²)
Analytical Space	1 m²	0.56 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	5 m²	5.74 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	12 m²	6.55 m³	0.00 W/m²	0 W	0 W	0.00 W/m²	0 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.0 L/s	0.00 L/(s·m²)
Analytical Space	2 m²	4.82 m³	10.76 W/m²	22 W	2 W	12.76 W/m²	20 W	24 °C	21 °C	0.10 L/(s·m²)	0.6 L/s	0.30 L/(s·m²)



Gambar 3. Hasil *Analytical Spaces* Lantai 1-3
(Sumber: *Autodesk Revit*, 2024)

Analytical Surface

Analytical Surface digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan desain bangunan berdasarkan aspek-aspek seperti energi, daya tahan, dan kenyamanan. *Analytical Surface* digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan desain bangunan dengan cara menghitung dan memprediksi berbagai parameter seperti energi, daya tahan, dan analisis kenyamanan. *Analytical Surface* digunakan untuk mengetahui bagaimana bangunan berinteraksi dengan suhu lingkungan.

Tabel 3. Hasil *Analytical Surfaces*

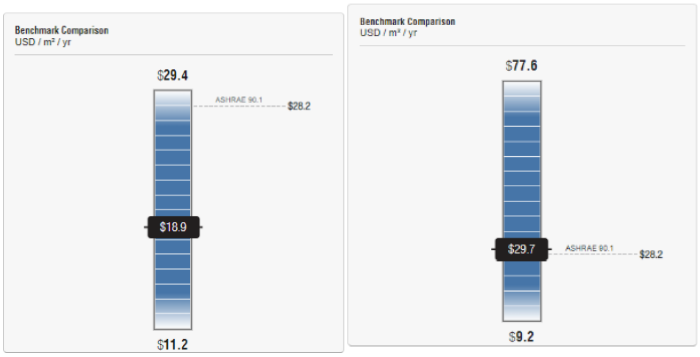
Analytical Surfaces

Name	Area	Opening Type	Surface Type	Thermal Mass	Thermal Resistance (R)	Heat Transfer Coefficient (U)	Solar Heat Gain Coefficient
W-+ 000-E-W-185-W-1	6 m²	Operable Window				2.8566 W/(m²-K)	0.66
E-+000-E-W-186	5 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
E-+000-E-W-187	7 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
E-+000-E-W-187-W-1	20 m²	Operable Window				2.8566 W/(m²-K)	0.66
E-+000-E-W-188	1 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
E-+000-E-W-188-W-1	6 m²	Operable Window				2.8566 W/(m²-K)	0.66
E-+000-E-W-189	1 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
E-+000-E-W-189-W-1	10 m²	Operable Window				2.8566 W/(m²-K)	0.66
E-+000-E-W-190	1 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
E-+ 000-E-W-191	11 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
S-+4000-2-E-W-192	5 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
S-+4000-2-E-W-192-W-1	10 m²	Operable Window				2.8566 W/(m²-K)	0.66
W-+ 4000-E-W-196	2 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
W-+ 4000-2-E-W-195	12 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
W-+4000-1-E-W-194	7 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
W-+4000-2-E-W-193	6 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
W-+ 4000-E-W-197	1 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
X-S-201	1 m²		Shade				
W-+4000-E-W-200	10 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
W-+ 3950-2-E-W-199	7 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
W-+ 3950-1-E-W-198	7 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
N-+4000-E-W-202	10 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
N-+4000-E-W-202-W-1	3 m²	Operable Window				2.8566 W/(m²-K)	0.66
N-+3950-2-E-W-205	8 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
N-+4000-3-E-W-204	3 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
N-+4000-2-E-W-203	1 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
X-S-206	2 m²		Shade				
E-+ 4000-2-E-W-207	4 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	
E-+4000-E-W-208	7 m²		Exterior Wall	35.58 kJ/(m²-K)	2.0540 (m²-K)/W	0.4869 W/(m²-K)	

Gambar 4. Hasil *Analytical Surfaces Floor, Sun Shading,* dan *Roof*
(Sumber: *Autodesk Revit*, 2024)

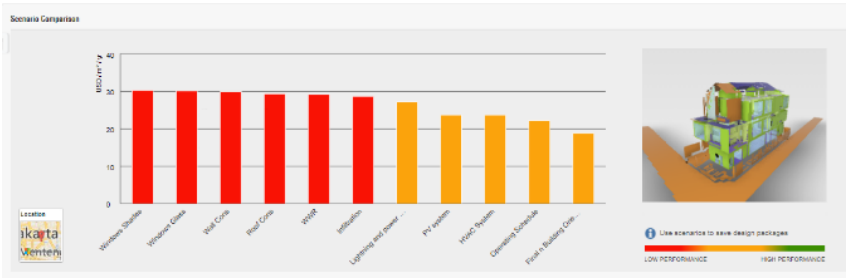
Analyze With Insight 360

Insight 360 dapat menganalisis data, memberikan rekomendasi desain, visualisasi data, integrasi dengan data *source, scalability*, dan *flexibility. Insight 360* dapat membuat prediksi perhitungan penggunaan energi yang digunakan oleh bangunan dan mengoptimalkan desain bangunan untuk mengurangi biaya energi dan mengurangi dampak perubahan iklim.



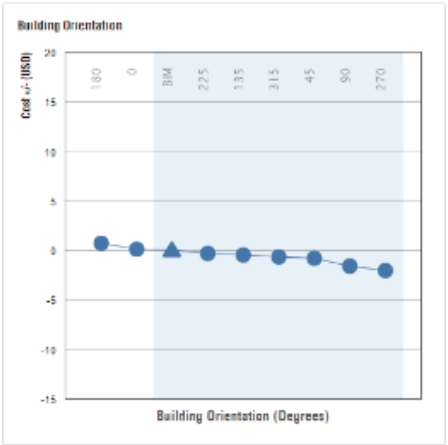
Gambar 5. *Optimization Objective Target*
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Hasil perbandingan pengoptimalan dari Analisa Energi berhasil menghemat sebesar 10,8 USD/m^2/yr dari 29,7 USD/m^2/yr ke 18,9 USD/m^2/yr.
Penelitian ini menggunakan *Insight 360* karena berbasis BIM, memungkinkan menjelajahi aspek-aspek desain selama proses perancangan untuk mencapai efisiensi energi yang optimal. Pengaturan energi digunakan untuk menghitung konsumsi energi bangunan dalam bentuk IKE atau EUI. Kinerja energi *Insight 360* dihitung dengan mengacu standar ASHRAE dan ARCH 2030. Dengan menggunakan pengoptimalan peringkat skenario efektif sebagai berikut:



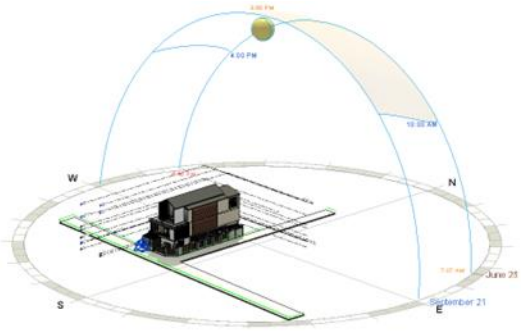
Gambar 6. *Scenario Comparison*
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

1. Building Orientation



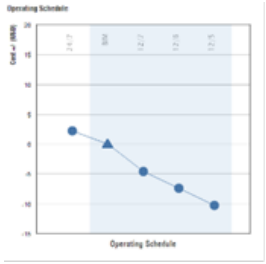
Gambar 7. Grafik *Analyze Building Orientation (Degress)*
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik diatas merupakan skenario pemilihan arah tampak bangunan, berdasarkan analisa *solar study* tampak bangunan bisa diarahkan menghadap timur atau barat. Tetapi jika untuk menghemat energi lebih, diskenariokan memutar bangunan searah jarum jam, dari 270^{o} memutar dari sisi utara bangunan menghadap ke sisi barat.



Gambar 8. ***Multi-day Summer Solar Study***
(Sumber: *Autodesk Revit*, 2024)

2. *Operating Schedule*

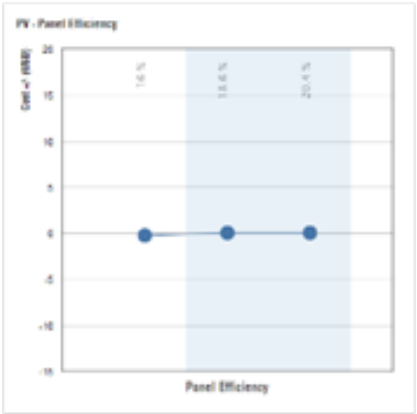


Gambar 9. *Grafik Analyze Operating Schedule*
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik diatas merupakan skenario waktu penggunaan energi yang bisa kita pilih dalam seharinya. Jam penggunaan yang biasa digunakan oleh penghuni bangunan. Lebih efektif jika menggunakan energi sekitar 12/5 per hari.

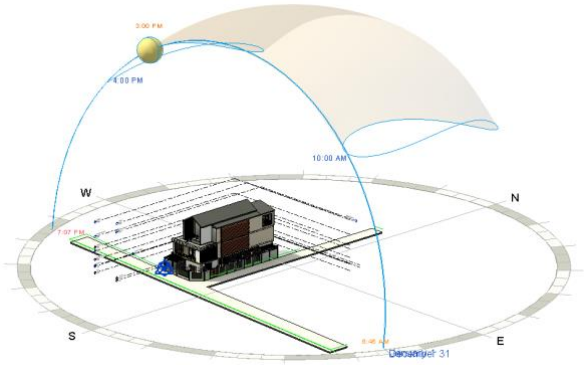
3. *PV System*

Analisa Panel Surya sangat penting dan pada dasarnya kita dapat menggunakan lebih banyak Energi Matahari dan melalui panel yang pada dasarnya dapat dipasang di atap rumah.

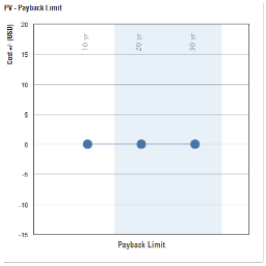


Gambar 10. ***Grafik Analyze PV-Panel Efficiency***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik diatas merupakan analisa skenario Efisiensi Panel persentase energi matahari. Panel dengan efisiensi yang lebih tinggi harganya lebih mahal, tetapi menghasilkan lebih banyak energi untuk luas permukaan yang sama. Karena itu bisa menggunakan panel dengan presantase 18,6-20,4% untuk mendapatkan energinya.

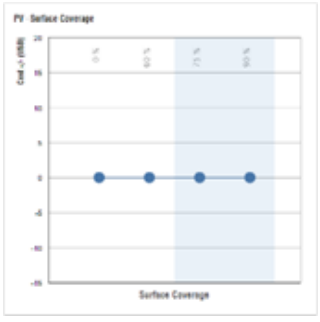


Gambar 11. *One Year Solar Study*
(Sumber: *Autodesk Revit,* 2024)



Gambar 12. *Grafik Analyze PV-Payback Limit*
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik diatas merupakan skenario perhitungan pengembalian modal energi. Gunakan periode pengembalian untuk menentukan permukaan mana yang akan digunakan untuk sistem PV, permukaan dengan naungan atau orientasi matahari yang buruk dapat dikecualikan. Kita bisa melihat pada grafik bahwa pada 20-30 tahun kedepan kita bisa lebih menghemat energi karena penghematan menggunakan panel surya bisa sebesar 0 USD/m^2/yr.

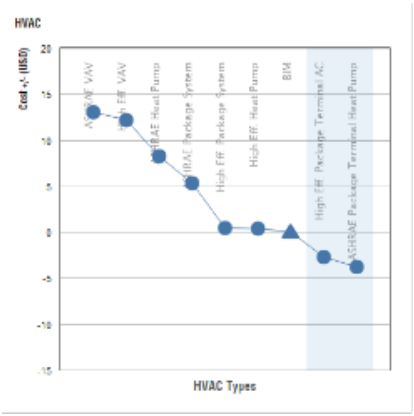


Gambar 13. *Grafik Analyze PV-Surface Coverage*
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

\

Grafik diatas merupakan skenario cakupan permukaan yang bisa gunakan untuk pemasangan panel surya pada atap rumah. Menentukan berapa banyak area atap yang dapat digunakan untuk panel PV, dengan asumsi area untuk akses pemeliharaan, peralatan atap dan infrastruktur sistem. Cakupan area atap yang dapat digunakan untuk panel PV sebesar 75-90%.

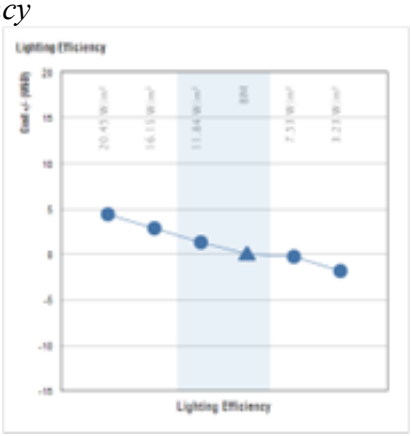
4. *HVAC System*



Gambar 14. *Grafik Analyze HVAC System*
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

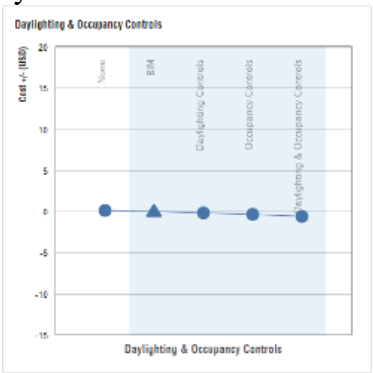
Kemiringan yang terlihat pada grafik sangat turun dengan dramatis, sehingga pada dasarnya kita memiliki banyak peluang untuk mengembangkan kinerjanya Energinya. Mewakili berbagai efisiensi sistem *HVAC* yang akan bervariasi berdasarkan lokasi dan ukuran bangunan. Menggunakan *High Eff. Package Terminal AC* dengan biaya 2,72 USD/m^2/yr dan *ASHRAE Package Terminal Heat Pump* dengan biaya 3.80 USD/m^2/yr.

5. *Lightning and Power Efficiency*



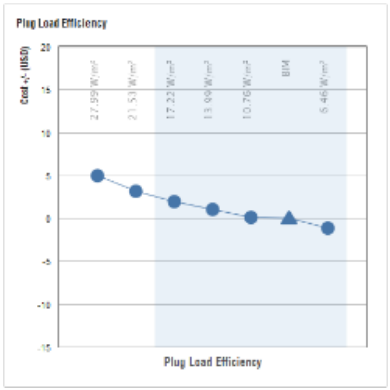
Gambar 15. ***Grafik Analyze Lighting Efficiency***
(Sumber: Insight 360, 2024)

Grafik diatas menggambarkan skenario Efisiensi Pencahayaan. Rata-rata perolehan panas internal dan komsumsi daya penerangan listrik per satuan luas lantai sebesar 11,84 W/m^2 dengan biasa 1,28 USD/m^2/yr.



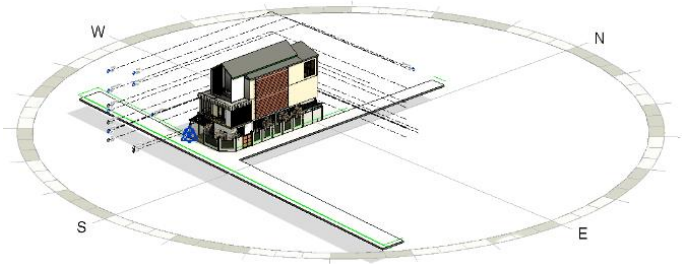
Gambar 16. ***Grafik Analyze Lighting Efficiency***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik diatas menggambarkan skenario Kontrol Siang hari dan Hunian. Mewakili pencahayaan siang hari dan sistem kontrol hunian dengan biaya 0,62 USD/m^2/yr.



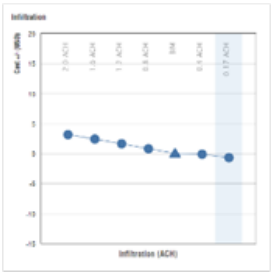
Gambar 17. ***Grafik Analyze Plug Load Efficiency***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik diatas menggambarkan skenario Efisiensi Beban Steker. Daya efisiensi beban steker yang digunakan oleh peralatan, yaitu komputer dan peralatan kecil, tidak termasuk peralatan penerangan atau pemanas dan pendingin. Dengan beban daya terhitung sebesar 17,22-6,46 W/m^2.



Gambar 18. ***Lightning Study***
(Sumber: *Autodesk Revit*, 2024)

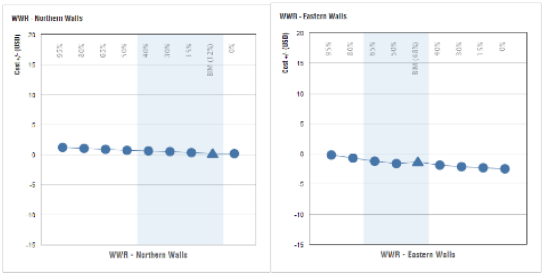
6. Infiltration

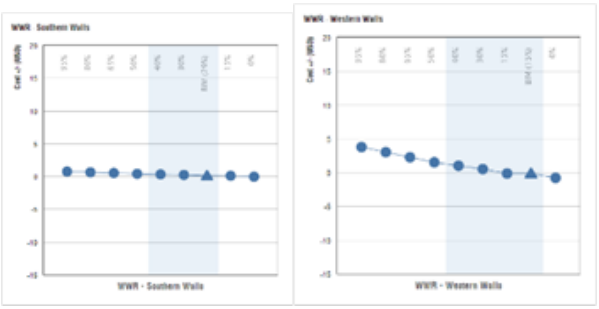


Gambar 19. ***Grafik Analyze Infiltration***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik ini merupakan pemilihan skenario infiltrasi. Kebocoran udara yang tidak disengaja ke dalam atau ke luar ruangan ber-AC, sering kali disebabkan oleh celah pada selubung bangunan. Dengan skenario perkiraan 0,17 ACH sebesar 0,72 USD/m^2/yr.

7. WWR -Wall System



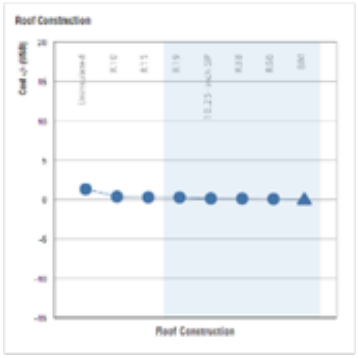


Gambar 20. ***Grafik Analyze Window Wall Ratio***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik BIM hanya menunjukkan situasi model pada proses awal design. Untuk analisis lebih baik, menggunakan rentang dasarnya (standar) yang berlambang segitiga. *WWR (Window-Wall-Ratio):* Area kaca/luas dinding kotor. Berinteraksi dengan properti jendela untuk mempengaruhi pencahayaan, pemanasan & pendinginan. Situasi bangunan memiliki 12% pembukaan. Dengan perkiraan, potensi tumbuh hingga 40% dari pembukaan.

Analyze Scenario:
Dinding area Utara: 40% - BIM 12%
Dinding area Timur: 60% - BIM 48%
Dinding area Selatan: 40% - BIM 29%
Dinding area Barat: 40% - BIM 15%

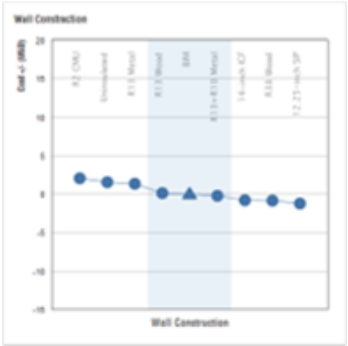
8. *Roof Construction*



Gambar 21. ***Grafik Analyze Roof Construction***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik diatas merupakan grafik konten pemilihan material konstruksi atap. Saya akan meningkatkan atau hanya memperbaiki komposisi konstruksi atap kami dengan cara yang lebih baik. Mewakili kemampuan keseluruhan konstruksi atap untuk menahan kehilangan dan perolehan panas. Dengan skenario perkiraan saya memilih R19 sebesar 0,24 USD/m2/yr.

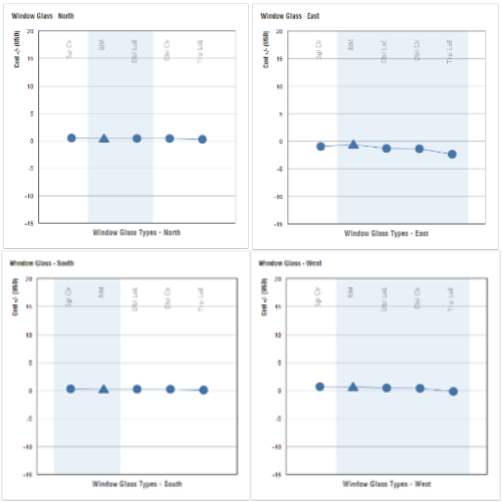
9. *Wall Construction*



Gambar 22. ***Grafik Analyze Wall Construction***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

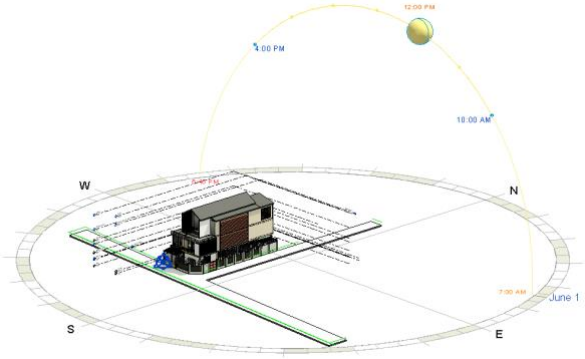
Grafik diatas merupakan grafik skenario pemilihan material konstruksi dinding. Grafik ini akhirnya pasti akan menambah energi, bukannya akan mengurangi energi, malah akan mengurangi energi pada aspek yang lain. Mewailiki kemampuan keseluruhan konstruksi dinding untuk menahan kehilangan dan perolehan panas. Dengan skanario menghasilkan dua opsi R13 kayu sebanyak 0,09 USD/m2/yr dan R13+R10 Logam 0,26 USD/m2/yr.

10. Windows Glass



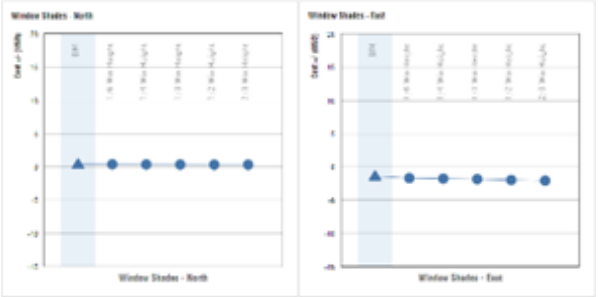
Gambar 23. ***Grafik Analyze Windows Glass***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

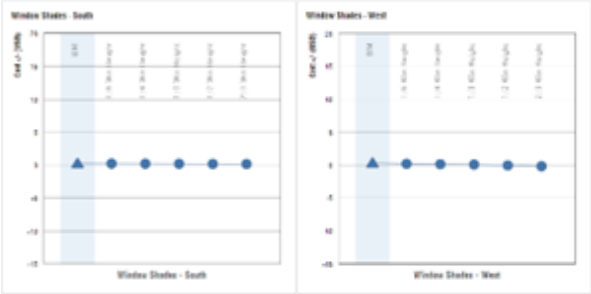
Pada grafik ini menunjukkan pemilihan tipe kaca untuk setiap area. Sifat kaca jendela mengontrol jumlah cahaya matahari, perpindahan panas & perolehan panas matahari ke dalam bangunan, bersama dengan faktor-faktor lainnya. Pada area Utara bisa menggunakan tipe kaca Dbl LoE, untuk area Timur dan Barat bisa menggunakan tipe kaca Trp LoE, dan di area Selatan bisa menggunakan tipe kaca Sgl Clr.



Gambar 24. ***Single day Spring Equinox Solar Study***
(Sumber: *Autodesk Revit*, 2024)

11. Windows Shades





Gambar 25. ***Grafik Analyze Windows Shades***
(Sumber: *Insight 360*, 2024)

Grafik ini meng skenariokan tinggi dari penutup jendela (kanopi), dapat mengurangi penggunaan energi *HVAC*. Dampaknya tergantung pada faktor lain, seperti ukuran jendela dan sifat perolehan panas matahari.

Dapat dilihat bahwa kurva pada grafik berada di titik yang sama menandakan bahwa sinar matahari yang didapatkan pada area site sudah mencukupi kebutuhan. Dengan mempertimbangkan solar study menyatakan bahwa area site mendapatkan sinar matahari yang cukup sehingga bisa menggunakan ukuran standar kanopi biasa, memberikan sun shading, atau hanya menggunakan tirai saja karena sinar matahari pada area site memberikan sinar yang cukup untuk kebutuhan rumah hunian.

Dalam Analisa ini, kita dapat melihat bagaimana cara melakukan analisis energi menggunakan *Autodesk Revit* dan *Insight 360*. Kita telah membuat model bangunan, mengatur parameter energi, menghitung kinerja energi, menghasilkan hasil analisis, dan menginterpretasi hasil analisis. Dengan menggunakan perangkat lunak *Insight 360*, kita dapat menghasilkan rasio perbandingan yang menampilkan evaluasi nilai intensitas penggunaan energi yang dapat dimiliki bangunan yang bergantung pada perubahan berbagai elemen analitisnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa software BIM memang dapat membantu meningkatkan efisiensi energi dengan menggunakan *Autodesk Revit* dapat menganalisis dan mengoptimalkan desain bangunan berdasarkan aspek-aspek seperti energi, daya tahan, dan juga kenyamanan termat. Software BIM juga dapat meningkatkan kinerja energi pada bangunan dengan menganalisis dan mengoptimalkan desain bangunan berdasarkan aspek-aspek ruang, jaringan, dan integrasi.

Insight 360 dapat menghitung kemungkinan besar energi yang digunakan dengan mendapatkan hasil menghemat energi sebesar 10,8 USD/m^2/yr dari 29,7 USD/m^2/yr ke 18,9 USD/m^2/yr, jika dirupiahkan setiap tahun berhasil menghemat Rp1.757.160 dari Rp4.832.190 menjadi Rp3.075.030. Implementasi dari analisis ini bisa menghasilkan analisis yang optimal dan terprediksi, sehingga saat mendesain model bangunan bisa lebih memudah untuk membuat alternatif atau gambaran desain model bangunan yang efisien dan ramah lingkungan karena analisis ini mencantumkan data area site yang bisa memberikan hasil analisa yang juga menyesuaikan lingkungan sekitarnya.

Dari hasil analisa energi dan hitungan kinerja energi, membuktikan jika BIM berhasil memberikan gambaran yang bisa membantu untuk menganalisis dan menghitung kinerja energi yang diperlukan pada sebuah desain model rumah tinggal. Analisis energi dengan menggunakan software BIM dapat direalisasikan dalam pembangunan dan memberikan informasi yang lebih akurat dan relevan tentang penggunaan energi suatu bangunan. Melalui penelitian ini diharapkan bisa memberikan solusi untuk gambaran desain adaptif dengan menggunakan pendekatan yang sustainable sehingga bisa menghasilkan desain model bangunan berkelanjutan lebih ramah lingkungan dan lebih efisien dengan penekanan energi yang bisa mengutamakan fungsi iklim disekitar lingkungan.

REFERENSI

Andy Satria, Wanciko Tamba, Aldi Ravonda Padana Sirait. (2023). Revitalisasi Ruang: Peran Teknologi Informasi Dalam Mengubah Paradigma Arsitektur. AFoSJ-LAS, 2776 – 2408, 2798 – 9267.

Arsimedia. (2021). Penjelasan Arsitektur Berkelanjutan dan Penerapannya Pada Bangunan.

Aswin Indraprastha, Fauzan Alfi Agirachman. (2022). Pengantar BIM dalam Arsitektur.

Chen, Y., et al. (2019). Building Information Modeling (BIM) for Energy Efficiency in Buildings. Energy and Buildings, 199, 109924.

Cindy F. Mieslena, Andreas Wibowo. (2023). Mengeksplorasi Penerapan Building Informastion Modeling (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia dari Perspektif Pengguna Exploring. The Implementation Of Building Information.

Dr. Ir. Billy Andreas Paskha, M.Sc. (2021). Evaluasi Desain Adaptif yang Ramah Lingkungan untuk Efisiensi Energi Bangunan

Galbraith J. (199). Designing a Reconfiguration organization CEO publication G99-1(360). Center for Effective Organizations (CEO)

Kumar, P., et al. (2020). Building Information Modeling (BIM) for Sustainable Building Design. Journal of Building Engineering, 26, 101234.

Kurnarsih, S. (2018) Evaluasi Tentang Penerapan Prinsip Arsitektur Berkelanjutan (Sustainable Architecture) Studi Kasus : Gedung Engineering Center & Perpustakaan FTUI. Jurnal Ilmiah Universitas Budi Luhur, I2-I4.

Laporan Status Global untuk Bangunan dan Konstruksi. (2021).

Latuconsina, H. (2010). Dampak pemanasan global terhadap ekosistem pesisi dan lautan. Jurnal Ilmiah Agrubisnis dan Perikanan (agrikan UMMU-Ternate). 3(I), 30-31.

Lee, J., et al. (2020). Building Information Modeling (BIM) for Climate Change Mitigation in Buildings. Journal of Cleaner Production, 285, 120944.

Lehman, M.L. (2016). Adaptive Sensory Environments Routledge.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. (2015). SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI 2015. Inovasi Humaniora, Sains dan Teknologi untuk Pembangunan Berkelajutan. Universitas Udayana.

Mangunwijaya, YB. (1980). Fisika Bangunan Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Mésároš, P., Spišáková, M., Mandičák, T., Čabala, J., & Oravec, M. (2021). Adaptive Design of Formworks for Building Renovation Considering the Sustainability of Construction in BIM Environment—Case Study. Sustainability, 13, 799.

Muhammad Hasan Hanafi, Muhammad Husam Haikal, Rizka Tiara Maharani, Afif Fajar Zakariya. (2023). ANALISIS PENERAPAN SUSTAINABLE DESIGN DEVELOPMENT PADA KEDAI KOPI JOKOPI MERR SURABAYA.

Raha Shahmir Nizam, Chen Zhang, Lu Tian. (2018). A BIM-based tool for assessing embodied energy for buildings. Energy and Buildings.

Raudina Qisthi Pramantha, Firda Febritha, Berti Dara Suryani, Alya Agustina. (2022). Folding Sebagai Strategi Desain Adaptif Untuk Lingkungan Bertinggal. Universitas Gunadarma, Indonesia.

Siswanto, and Sucipto, Agus. (2008). Teori dan perilaku organisasi: Suatu tinjauan integratif UN-Malik press, Malang, Pepository uin-malang.

Tamer El-Diraby, Thomas Krijen, Manos Papagelis. (2017). BIM-based collaborative design and sociotechnical analytics of green buildings.

Tanuwidjaja, G. (2012). DESAIN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN DI INDONESIAA: HIJAU RUMAHKU HIJAU NEGERIKU.

Vijar Galax Putra Jagat Paryoko, Afif Fajar Zakariya. (2023). Strategi Arsitektur Efisien pada Perancangan Unit Perumahan Berskala Kecil Efficient Architecture Strategies on Small-Scale Housing Unit Design