

## ANALISIS SIMULASI TRANSLASI MASSA DALAM DESAIN BANGUNAN HEMAT ENERGI: STUDI KASUS KOTA BALIKPAPAN

*(Analyzing Mass Translation Simulation for Energy-Efficient Architectural Design: The Case of Balikpapan City)*

**Megan Afkasiga Ririhena<sup>1</sup>; Rizky Nur Rahman<sup>2</sup>; Raftonado Situmorang<sup>3</sup>; Zaneta Immanuel Kang<sup>3</sup>; Owen Sebastian<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Pembangunan Berkelanjutan, Institut Teknologi Kalimantan, Jalan Soekarno-Hatta Km.15, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Balikpapan

<sup>1</sup>megan.ririhena@lecturer.itk.ac.id

### **Abstract**

*Balikpapan City is experiencing an increasing demand for energy due to rapid population growth and expanding economic activities. As the largest energy-consuming sector, buildings must be designed efficiently to reduce energy loads and carbon emissions. One innovative approach to achieving this goal is mass translation, which involves manipulating the form and orientation of buildings to optimize natural lighting, ventilation, and cooling performance. However, the implementation of this concept remains limited due to the lack of studies integrating energy simulation with the characteristics of Balikpapan's humid tropical climate. This study aims to analyze the effect of mass translation, using the variables of floor number and inter-floor rotation angle, on building energy efficiency through computational simulation. A quantitative parametric method was employed to evaluate the relationship between building geometry and solar radiation exposure. The simulation results indicate that increasing the number of floors from 10 to 30 significantly raises the total annual solar radiation received by the building, while variations in the pivot angle between floors ranging from 5 to 20 radians have only a minor impact on radiation changes. These findings suggest that vertical mass height has a greater influence on energy performance than mass rotation in tropical building designs.*

**Keywords:** Sustainable, Energy Efficient, Balikpapan City, Simulation, Mass Translation

### **Abstrak**

Kota Balikpapan menghadapi peningkatan kebutuhan energi akibat pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi yang pesat. Bangunan sebagai sektor dengan konsumsi energi terbesar perlu dirancang secara efisien untuk menekan beban energi dan emisi karbon. Salah satu pendekatan inovatif yang dapat diterapkan adalah translasi massa, yaitu manipulasi bentuk dan orientasi bangunan guna mengoptimalkan pencahayaan alami, ventilasi, serta mengurangi beban pendinginan. Namun, penerapan konsep ini masih terbatas karena minimnya kajian yang mengintegrasikan simulasi energi dengan karakter iklim tropis lembap Balikpapan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh translasi massa dengan variabel jumlah lantai dan sudut putar antar lantai terhadap efisiensi energi bangunan melalui pendekatan simulasi komputasional. Metode yang digunakan bersifat kuantitatif dengan teknik parametrik untuk mengevaluasi hubungan antara geometri bangunan dan paparan radiasi matahari. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan jumlah lantai dari 10 hingga 30 tingkat secara signifikan meningkatkan total radiasi tahunan yang diterima bangunan dan variasi sudut pivot antar lantai dalam rentang 5–20 radian hanya memberikan pengaruh kecil terhadap perubahan nilai radiasi. Temuan ini menunjukkan bahwa faktor ketinggian massa lebih berpengaruh terhadap performa energi dibandingkan rotasi massa pada bangunan tropis.

**Kata kunci:** Berkelanjutan, Hemat Energi, Kota Balikpapan, Simulasi, Translasi Massa

## Pendahuluan

Perpindahan ibu kota dari Kota Jakarta ke Ibu Kota Nusantara (IKN) diharapkan dapat memobilisasi perpindahan warga dari Jakarta, sehingga permasalahan di Jakarta lebih mudah diselesaikan (Kodir et al., 2021). Perpindahan ibukota negara Republik Indonesia ke Kabupaten Panajam Paser Utara menjadi tantangan bagi Kota Balikpapan sebagai kota penyangga Ibu Kota Nusantara (IKN) yang menjadi pintu gerbang logistik dan industri pembangunan IKN. Kota Balikpapan, sebagai salah satu kota dengan pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi yang pesat di Indonesia, menghadapi tantangan besar dalam hal konsumsi energi. Pembangunan berkelanjutan pada bangunan gedung mengandung tiga pilar utama yakni: pertumbuhan ekonomi, inklusi sosial, dan keseimbangan lingkungan (*Smart Cities-Building for the Cities of Tomorrow*). Secara umum, tujuan pembangunan adalah meningkatkan mutu hidup masyarakat dan memenuhi kebutuhan dasar manusia secara lebih baik. Oleh karena itu, dalam upaya mewujudkan peningkatan kualitas hidup tersebut, daya dukung lingkungan sebagai penopang kehidupan pada tingkat yang lebih tinggi harus dijaga dari kerusakan, sehingga pemeliharaan lingkungan hidup menjadi langkah penting untuk mencegah terjadinya degradasi dan kepunahan kehidupan (Rosana, 2018). Bangunan, baik residensial maupun komersial, merupakan penyumbang utama konsumsi energi, terutama untuk kebutuhan pendinginan, pencahayaan, dan ventilasi. Menurut Szokolay, Indonesia terletak di zona tropis lembab dengan karakteristik iklim yang menantang tanpa pengkondisian udara buatan. Untuk mendukung upaya penurunan indeks emisi karbon pada sektor energi yang merupakan penyumbang terbesar karbon, sektor bangunan dapat berkontribusi melalui penerapan dan pengembangan teknologi bangunan berkelanjutan secara komprehensif, dimana langkah ini bertujuan untuk menghasilkan konsep desain bangunan yang efisien secara energi serta mampu beralih dari ketergantungan pada energi fosil menuju pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT)

(Budiman et al., 2024). Radiasi panas menjadi faktor dominan yang harus diatasi dalam kondisi kelembaban udara yang tinggi. Selain itu, perbedaan temperatur siang dan malam yang relatif kecil serta curah hujan yang tinggi menunjukkan fenomena alam ekstrem di wilayah Indonesia (Willyanto, 2017). Kondisi iklim tropis lembab di Balikpapan, dengan suhu tinggi dan kelembaban yang relatif stabil sepanjang tahun, menuntut desain bangunan yang mampu meminimalkan ketergantungan pada sistem pendingin mekanis dan pencahayaan buatan. Namun, hingga saat ini, banyak bangunan di Kota Balikpapan masih dirancang tanpa mempertimbangkan prinsip-prinsip desain hemat energi, sehingga meningkatkan beban energi dan emisi karbon.

Salah satu pendekatan inovatif dalam desain bangunan hemat energi adalah melalui translasi massa, yaitu strategi manipulasi bentuk, orientasi, dan distribusi massa bangunan untuk mengoptimalkan kinerja energi. Penerapan translasi massa pada dasarnya adalah implementasi dari prinsip desain bioklimatik. Desain bioklimatik adalah desain yang menekankan pada prinsip hemat energi, menyesuaikan kondisi iklim, respon dari tapak, kenyamanan penghuni, dan ramah lingkungan (Cahyaningrum et al., 2017). Translasi massa dapat memengaruhi efisiensi energi dengan memaksimalkan pencahayaan alami, meningkatkan ventilasi alami, dan mengurangi beban termal. Dalam mencapai bangunan hemat energi, diperlukan konsep bangunan hijau. Berdasarkan sertifikasi hijau BCA Tower Grand Indonesia yang dikeluarkan GBCI (Green Building Council Indonesia), penerapan konsep bangunan hijau mampu mengurangi konsumsi energi listrik hingga 35% dibandingkan dengan gedung konvensional serupa, yang setara dengan penurunan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sekitar 6.360 ton per tahun (Widyawati, 2019). Dengan adanya perbedaan lebih dari 10% dalam konsumsi energi serta lebih dari 20% dalam produksi energi terbarukan antara alternatif tata massa dengan kinerja terbaik dan yang memiliki kinerja terendah, dapat disimpulkan bahwa konfigurasi tata massa memiliki pengaruh yang signifikan

terhadap efisiensi penggunaan dan produksi energi (Ndiaye, 2018). Penerapan desain pasif berbasis energi surya, pemilihan material berintensitas energi rendah, penggunaan peralatan hemat energi, serta integrasi sistem energi terbarukan secara sinergis mampu meningkatkan efisiensi energi bangunan sekaligus mengurangi jejak karbon dan meningkatkan kemandirian energinya (Chel & Kaushik, 2018).

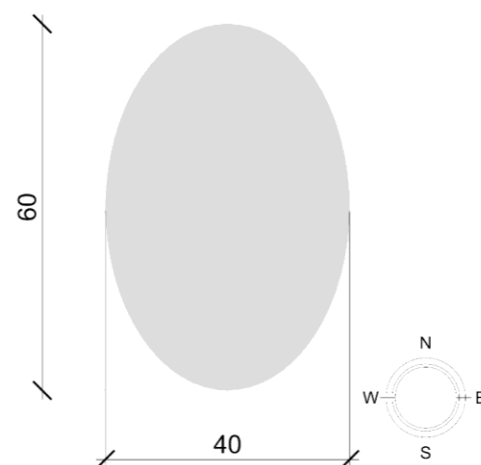
Pemilihan strategi translasi massa bangunan dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan desain hemat energi di wilayah beriklim tropis lembap seperti Kota Balikpapan, yang berperan sebagai kota penyangga Ibu Kota Nusantara (IKN). Kondisi radiasi matahari yang tinggi dan kelembapan udara yang besar menjadikan pengendalian panas dan pencahayaan alami sebagai isu utama dalam perancangan bangunan. Translasi massa, melalui pergeseran antar lantai, menciptakan efek *self-shading* alami yang mampu menurunkan paparan radiasi langsung sekaligus meningkatkan penerimaan cahaya tidak langsung. Strategi morfologis ini tidak hanya memperbaiki kinerja termal bangunan secara pasif, tetapi juga mendukung upaya efisiensi energi dan penerapan prinsip bangunan berkelanjutan yang sejalan dengan arah pengembangan kawasan IKN dan kota penyangganya.

Kajian literatur tentang desain bangunan pasif di iklim tropis merumuskan tujuh prinsip utama bangunan hemat energi, yaitu orientasi bangunan untuk mengurangi radiasi matahari berlebih, optimalisasi ventilasi alami, pemanfaatan cahaya alami tidak langsung, pengurangan perpindahan panas melalui atap dan dinding, penghindaran material dengan kapasitas termal tinggi, serta penciptaan ruang luar dan area transisi guna meningkatkan kenyamanan termal secara pasif (Bulbaai & Halman, 2021). Meskipun konsep ini telah diterapkan di beberapa negara dengan iklim berbeda, penerapannya di wilayah tropis lembap di Indonesia terkhususnya kota Balikpapan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah pengetahuan tersebut dengan menganalisis potensi translasi massa

dalam mendesain bangunan hemat energi yang sesuai dengan kondisi iklim setempat. Bangunan yang ideal bahwasanya menerapkan prinsip keberlanjutan dengan mengadopsi konsep bangunan hijau (Avesta et al., 2017).

## Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* dengan dominasi kuantitatif melalui metode simulasi komputasi eksperimental, dikarenakan melibatkan proses pemodelan numerik yang terukur sekaligus interpretasi visual terhadap hasil simulasi. Metode simulasi menawarkan berbagai keunggulan, terutama dalam mengatasi keterbatasan yang muncul pada studi model fisik seperti ketergantungan terhadap kondisi cuaca, waktu, dan faktor lingkungan lainnya (Athallah et al., 2017). Analisis simulasi massa bangunan dilakukan dengan menetapkan parameter awal berupa geometri elips (Gambar 1) berdimensi X: 40 m; Y: 60 m dan orientasi massa  $N=0^\circ$  (Utara) sebagai *base model*. Pemilihan geometri elips sebagai *base model* didasarkan pada pertimbangan performatif dan metodologis terhadap penerimaan radiasi matahari. Bentuk elips memiliki kelengkungan kontinu yang menghasilkan distribusi radiasi dan bayangan permukaan lebih merata, geometri elips juga memiliki kesimetrian yang tinggi, memudahkan penerapan variasi parametrik seperti rotasi atau translasi massa secara terukur dan konsisten.



Gambar 1. Dimensi dan Orientasi Massa  
Sumber: (Penulis, 2025)

Model dasar ini selanjutnya menjadi acuan dalam simulasi parametrik dengan beberapa modifikasi derajat radians yang memengaruhi geometri massa pada tiap ketinggian gedung yang telah ditetapkan. Modifikasi dilakukan dengan variasi variabel radians sebesar 5°, 10°, 15°, dan 20° pada masing-masing jumlah lantai massa (10, 15, 20, 25, dan 30 lantai) dengan elevasi antar lantai 5 m. Variasi sudut radians menghasilkan translasi massa yang berbeda pada setiap variabel parametrik, di mana semakin besar sudut radians, semakin besar pula pivot atau pergeseran antar lantai yang terjadi. Proses ini dilakukan secara simulasi ekperimental pada beberapa parameter untuk mendapatkan hasil terukur dari pengaruh perubahan geometri terhadap penerimaan radiasi matahari.

**Tabel 1. Bentuk dan Parameter Translasi Massa**

Floor	Radians				
	0	5	10	15	20
10					
15					
20					
25					
30					

(Sumber: Penulis, 2025)

Analisis data dilakukan dengan dua pendekatan yang dijalankan secara konvergen. Analisis pertama yang dilakukan secara kualitatif dilakukan melalui interpretasi visual hasil simulasi *incident radiation* untuk melihat distribusi spasial radiasi pada permukaan bangunan. Analisis kedua yang dilakukan secara kuantitatif dilakukan terhadap hasil simulasi yang sama untuk memperoleh nilai total

radiasi tahunan serta rata-rata radiasi per meter persegi yang diterima selubung bangunan, baik secara langsung maupun melalui pantulan di sekitar tapak. Input data iklim menggunakan data *Energi Plus Weather* (EPW) dengan titik lokasi di Kota Balikpapan sebagai lokasi uji simulasi. Hasil akhir berupa total radiasi tahunan menunjukkan jumlah energi radiasi yang diterima massa bangunan selama satu tahun penuh, sedangkan nilai rata-rata radiasi tahunan merepresentasikan intensitas penerimaan radiasi permukaan bangunan secara relatif terhadap luas permukaan.

### Kajian Teori

#### Desain Bangunan Hemat Energi

Bangunan hemat energi merupakan bangunan yang dirancang untuk menggunakan energi secara efisien tanpa mengurangi kinerja dan fungsi ruang di dalamnya. Pemahaman mengenai mekanisme perpindahan panas melalui selubung bangunan menjadi hal penting, karena efisiensi penggunaan pendingin udara bergantung pada besarnya beban panas yang harus dikeluarkan, yang dipengaruhi oleh jumlah panas dari luar yang masuk melalui elemen selubung tersebut (Budhyowati, 2021).

#### Translasi Massa

Translasi massa adalah strategi desain yang melibatkan manipulasi bentuk dan orientasi bangunan untuk mengoptimalkan kinerja energi. Konfigurasi massa suatu bangunan beserta elemen penutup luarnya memiliki dampak yang signifikan terhadap interaksi dengan radiasi matahari. Dalam hal ini, orientasi serta sudut kemiringan permukaan bangunan berperan krusial dalam menentukan sejauh mana energi matahari diserap, dipantulkan, atau ditransmisikan (Chen et al., 2021)

#### Simulasi Kinerja Energi Bangunan

Penelitian berbasis simulasi berkembang sebagai manifestasi dari ketertarikan manusia terhadap proses replikasi, baik dalam bentuk mimesis maupun imitasi, terhadap objek serta kondisi dunia nyata.

Melalui pendekatan pemodelan simulasi, efisiensi waktu dapat ditingkatkan, sekaligus memungkinkan pengendalian variabel dan hasil sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan (Ririhena & Syafii, 2021).

### Manajemen Energi Terbarukan

Kebutuhan energi dalam sektor bangunan terus mengalami peningkatan seiring dengan laju urbanisasi dan pertumbuhan populasi. Perubahan global menuju praktik pembangunan berkelanjutan, didukung oleh meningkatnya kesadaran terhadap dampak perubahan iklim, telah mendorong perhatian yang lebih besar terhadap penerapan teknologi energi terbarukan dalam perancangan dan konstruksi bangunan modern (Hafez et al., 2023).

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

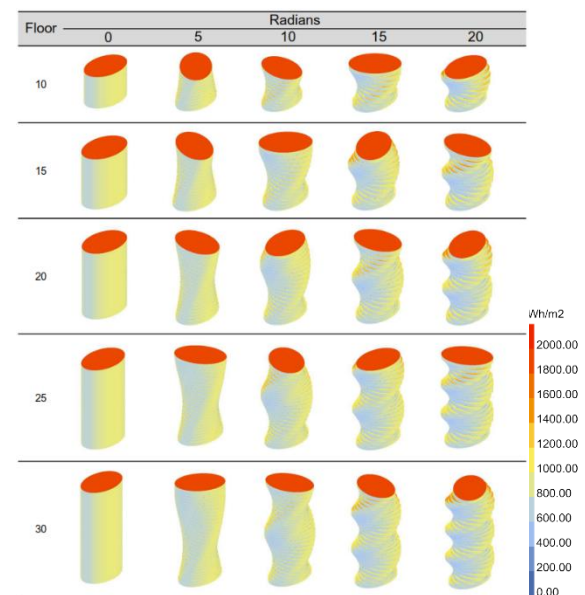
#### Kualitatif

Hasil simulasi *incident radiation* menunjukkan pola distribusi radiasi yang relatif konsisten antar varian massa dan antar derajat radians (Tabel 2). Area dengan intensitas radiasi tertinggi terletak pada permukaan horizontal di puncak massa bangunan, dengan kisaran nilai 1.800–2.000 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Nilai tinggi ini disebabkan oleh karakteristik permukaan horizontal yang menerima paparan langsung dari radiasi matahari tanpa adanya elemen pelindung atau peneduh.

**Tabel 2. Analisis Total Radiasi Bentuk dan Parameter Translasi Massa (Sumber: Penulis, 2025)**

Sebaliknya, permukaan vertikal pada sisi utara dan selatan menunjukkan nilai radiasi yang jauh lebih rendah, yaitu sekitar 200–600 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Kondisi ini terjadi karena orientasi lintasan matahari di lokasi studi (Balikpapan) yang dominan dari timur ke barat, sehingga sisi utara dan selatan relatif tidak terkena paparan langsung. Permukaan vertikal pada sisi ini hanya menerima radiasi pantulan dari area sekitar massa, bukan radiasi langsung dari matahari. Pola tersebut memperlihatkan hubungan yang konsisten antara orientasi permukaan dan intensitas radiasi yang diterima, serta menunjukkan bagaimana

bentuk geometri elips memengaruhi



distribusi pencahayaan alami secara lebih merata dibandingkan bentuk bersudut.

#### Kuantitatif

Berdasarkan hasil simulasi total radiasi tahunan (Tabel 3), terdapat kecenderungan peningkatan nilai total radiasi seiring bertambahnya jumlah lantai bangunan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan luas permukaan akibat penambahan ketinggian massa berbanding lurus dengan besarnya total energi radiasi yang diterima sepanjang tahun.

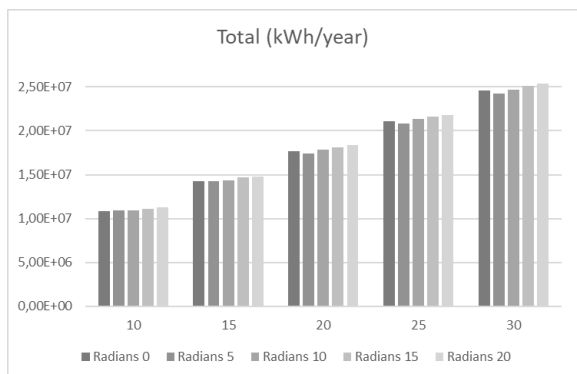
**Tabel 3. Hasil Analisis Total Radiasi Tahunan (kWh/tahun)**

Floor	Radians				
	0	5	10	15	20
10	1,08E+07	1,09E+07	1,09E+07	1,11E+07	1,12E+07
15	1,42E+07	1,43E+07	1,43E+07	1,47E+07	1,47E+07
20	1,77E+07	1,74E+07	1,79E+07	1,81E+07	1,83E+07
25	2,11E+07	2,08E+07	2,14E+07	2,16E+07	2,18E+07
30	2,46E+07	2,42E+07	2,47E+07	2,52E+07	2,54E+07

(Sumber: Penulis, 2025)

Analisis lebih lanjut pada diagram perbandingan antar massa dan radians (Gambar 3) menunjukkan bahwa sebagian besar massa dengan radians 0° memiliki total radiasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan massa pada radians 5°, khususnya pada bangunan dengan jumlah lantai 20, 25, dan 30. Namun, tren umum menunjukkan peningkatan bertahap nilai total radiasi dari radians 5° hingga 20° pada semua varian jumlah lantai. Fenomena ini mengindikasikan bahwa semakin besar rotasi antar lantai (radians), semakin

banyak bidang permukaan yang terekspos terhadap radiasi langsung, terutama pada sisi-sisi miring hasil translasi massa elips.



**Gambar 3. Diagram Perbandingan Hasil Analisis Radiasi Tahunan (kWh/tahun)**  
 Sumber: (Penulis, 2025)

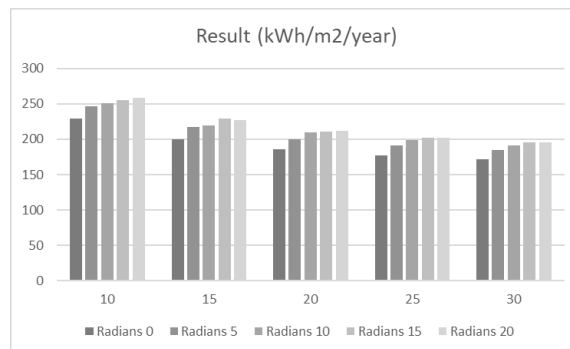
Hasil simulasi rata-rata radiasi tahunan (Tabel 4) memperlihatkan pola yang berlawanan dengan total radiasi. Semakin tinggi jumlah lantai, nilai rata-rata radiasi tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun) justru cenderung menurun. Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan luas permukaan total bangunan yang menyebabkan distribusi radiasi terbagi ke area yang lebih besar, sehingga intensitas rata-rata per satuan luas menurun.

**Tabel 4. Hasil Analisis Rata-rata Radiasi (kWh/m<sup>2</sup>/tahun)**

Floor	Radians				
	0	5	10	15	20
10	229,42	246,47	250,99	255,46	258,14
15	200,42	216,85	219,18	228,85	227,12
20	185,92	199,78	209,53	210,91	211,61
25	177,22	190,83	198,44	201,83	201,93
30	171,42	185,12	191,69	195,88	195,69

(Sumber: Penulis, 2025)

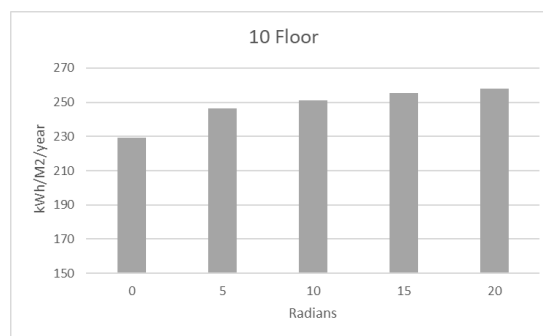
Diagram hasil analisis (Gambar 4) memperlihatkan kecenderungan kenaikan nilai rata-rata radiasi seiring peningkatan radians, di mana bentuk massa dengan deformasi lebih besar (radians 15°–20°) menerima radiasi tahunan yang lebih tinggi.



**Gambar 4. Diagram Perbandingan Hasil Analisis Rata-rata Radiasi Tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun)**  
 Sumber: (Penulis, 2025)

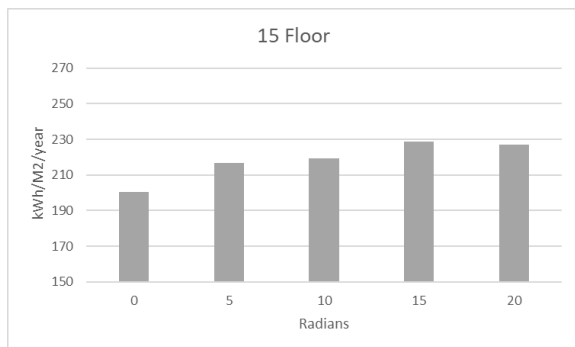
Semakin besar jumlah lantai massa bangunan, maka akan semakin rendah rata-rata radiasi tahunan yang diterima permukaan bangunan. Hal tersebut disebabkan semakin banyak jumlah lantai, maka semakin banyak persebaran radiasi untuk setiap meter persegi permukaan yang menerima radiasi.

**Rata-rata Radiasi Tahunan**



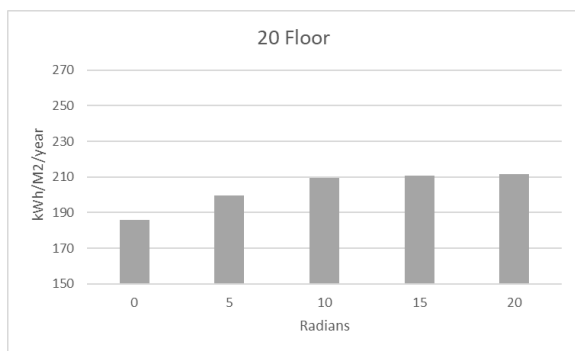
**Gambar 5. Diagram Rata-rata Radiasi Tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun) 10 Lantai**  
 Sumber: (Penulis, 2025)

Pada analisis rata-rata radiasi 10 lantai (Gambar 5), memiliki kecenderungan peningkatan rata-rata radiasi yang statis dari radians 0°–radians 20°. Dimana semakin besar nilai radians, maka akan semakin meningkat nilai rata-rata radiasi yang diterima.



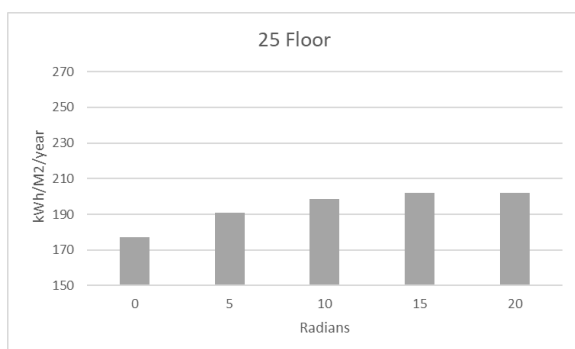
**Gambar 6. Diagram Rata-rata Radiasi Tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun) 15 Lantai**  
Sumber: (Penulis, 2025)

Hasil rata-rata radiasi tahunan 15 lantai cenderung fluktuatif dimana pada radians 20° lebih rendah dibandingkan dengan radians 15° (Gambar 6).



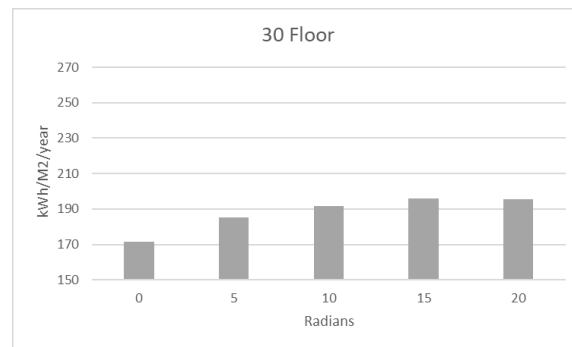
**Gambar 7. Diagram Rata-rata Radiasi Tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun) 20 Lantai**  
Sumber: (Penulis, 2025)

Pada hasil analisis rata-rata radiasi tahunan 20 lantai (Gambar 7), angka radiasi pada radians 10°;15°;20° cenderung mengalami peningkatan yang cukup stagnan pada angka 209;210;211.



**Gambar 8. Diagram Rata-rata Radiasi Tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun) 25 Lantai**  
Sumber: (Penulis, 2025)

Hasil rata-rata radiasi tahunan 25 lantai (Gambar 8), terjadi peningkatan statis dari radians 0°-20°, namun angka radiasi memiliki nilai yang sama pada radians 15° dan 20° (201).



**Gambar 9. Diagram Rata-rata Radiasi Tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun) 30 Lantai**  
Sumber: (Penulis, 2025)

Pada rata-rata radiasi tahunan 30 lantai (Gambar 9), terjadi peningkatan statis dari radians 0°-20°, namun angka radiasi memiliki nilai yang sama pada radians 15° dan 20° (201).

## Penutup

### Kesimpulan

Dalam konteks desain hemat energi diperlukan keseimbangan pencahayaan alami dan pengendalian panas. Dari hasil simulasi *incident radiation*, terlihat pengaturan orientasi saja tidak cukup drastis menurunkan radiasi, sehingga strategi lain seperti *sun shading*, material reflektif, atau *secondary skin* bisa dijadikan pertimbangan dalam mencapai bangunan hemat energi dari parameter radiasi yang diterima oleh permukaan bangunan. Berdasarkan hasil uji simulasi bangunan dengan parameter translasi massa pada iklim Kota Balikpapan, maka dapat ditemukan beberapa variabel yang relevan, yaitu:

- 1) Jika tujuan translasi massa adalah mengurangi beban pendinginan atau desain bangunan dengan pendekatan desain pasif, maka konfigurasi dengan nilai parameter lantai bertingkat lebih rendah (misalnya 10–15) lebih efisien, karena paparan radiasi lebih kecil.
- 2) Jika prioritas adalah pencahayaan alami dan pemanfaatan radiasi yang diserap sebagai sumber energi bangunan atau dengan pendekatan desain aktif, maka nilai parameter lantai bertingkat lebih tinggi (25–30) akan lebih optimal, tetapi wajib dikompensasi dengan strategi

pengendalian panas pada selubung bangunan.

- 3) Hasil simulasi parametrik menunjukkan bahwa peningkatan ketinggian lantai secara signifikan meningkatkan total radiasi tahunan (kWh/tahun), sementara perubahan sudut pivot antar lantai (Radians 5–20) hanya memberi perbedaan kecil.
- 4) Hasil simulasi parametrik juga menunjukkan peningkatan ketinggian lantai secara signifikan mengurangi rata-rata radiasi tahunan (kWh/m<sup>2</sup>/tahun), sementara perubahan sudut pivot antar lantai dengan radians 0°-10° memberikan peningkatan angka rata-rata radiasi tahunan sedangkan sudut pivot dengan radians 15°-20° tidak memberikan dampak yang signifikan.

Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait dengan variabel translasi massa dengan penambahan variabel seperti bukaan (*Window to Wall Ratio*) sebagai ventilasi yang akan mempengaruhi performa bangunan yang lebih mendalam dan material selubung bangunan untuk memberikan hasil simulasi yang lebih spesifik.

## 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>
- Avesta, R., Putri, A. D., Hanifah, R. A., Hidayat, N. A., & Dunggio, M. D. (2017). Strategi Desain Bukaan terhadap Pencahayaan Alami untuk Menunjang Konsep Bangunan Hemat Energi pada Rusunawa Jatinegara Barat. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 1(2), 124–135. <https://doi.org/10.26760/jrh.v1i2.1633>
- Budhyowati, N. M. Y. (2021). Desain Selubung Bangunan Untuk Bangunan Hemat Energi. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 3(2), 57. <https://doi.org/10.47600/jtst.v3i2.292>
- Budiman, C., Nugroho, A. C., & Rusmiati, F. (2024). Analisis Penerapan Nearly Zero Emission Building Dalam Upaya Mengurangi Emisi Karbon Pada Sektor Bangunan. *Tesa Arsitektur*, 22(1), 55–70. <https://doi.org/10.24167/tesa.v22i1.12159>
- Bulbaai, R., & Halman, J. I. M. (2021). Energy-Efficient Building Design for a Tropical Climate: A Field Study on the Caribbean Island Curaçao. *Sustainability*, 13(23), 13274. <https://doi.org/10.3390/su132313274>
- Cahyaningrum, H. K., Hardiyati, & Nugroho, R. (2017). *IMPLEMENTASI PRINSIP DESAIN ARSITEKTUR BIOKLIMATIK PADA BANGUNAN PERPUSTAKAAN DI KLATEN*.
- Chel, A., & Kaushik, G. (2018). Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. *Alexandria Engineering Journal*, 57(2), 655–669. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.02.027>
- Chen, S., Zhao, L., Zheng, L., & Bi, G. (2021). A rapid evaluation method for design strategies of high-rise office buildings achieving nearly zero energy in Guangzhou. *Journal of Building Engineering*, 44, 103297. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103297>
- Hafez, F. S., Sa'di, B., Safa-Gamal, M., Taufiq-Yap, Y. H., Alrifayy, M., Seyedmahmoudian, M., Stojcevski, A., Horan, B., & Mekhilef, S. (2023). Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review with Taxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects, Recommendations, and Pathways for Future Research. *Energy Strategy Reviews*, 45, 101013. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101013>
- Kodir, A., Hadi, N., Astina, I. K., Taryana, D., Ratnawati, N., & Idris. (2021). The dynamics of community response to the development of the New Capital (IKN) of Indonesia. In *Development, Social Change and Environmental Sustainability* (pp. 57–61). Routledge.

- <https://doi.org/10.1201/9781003178163-13>
- Ndiaye, D. (2018). The impact of building massing on net-zero achievability for office buildings. *Building Simulation*, 11(3), 435–438. <https://doi.org/10.1007/s12273-017-0417-5>
- Ririhena, M. A., & Syafii, N. I. (2021). *THE EFFECT OF RESIDENTIAL ROOM CONFIGURATION ON NATURAL VENTILATION OF RUSUN UNITS TO ACHIEVE LOW ENERGY BUILDING*. <http://journal.ugm.ac.id/index.php/ajse>
- Rosana, M. (2018). Berwawasan Lingkungan Di Indonesia. *Jurnal Kelola: Jurnal Ilmu Sosial*, 1(1), 148–163.
- Widyawati, R. L. (2019). *GREEN BUILDING DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN KONSEP HEMAT ENERGI MENUJU GREEN BUILDING DI JAKARTA*.
- Willyanto, E. (2017). Pengaruh desain arsitektural terhadap kenyamanan termal bangunan iklim tropis lembab. In *Jurnal Sistem Teknik Industri* (Vol. 1, Issue 1). <https://ejournal.sttcirebon.ac.id/index.php/jas/article/view/61>