

Kajian Optimasi Orientasi Bangunan Untuk Penurunan Termal Bangunan (Studi Kasus: The Tiing Hotel Resort di Bali)

Study on Building Orientation Optimization for Thermal Reduction of Buildings (Case Study: The Tiing Hotel Resort in Bali)

Naufal Ariq Pangarsa¹⁾, Heru Subiyantoro²⁾

Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294

¹⁾nopalariqpangarsa@gmail.com

²⁾herus.ar@upnjatim.ac.id

[Diterima 13/10/2021, Disetujui 3/11/2021, Diterbitkan 31/12/2021]

Abstrak

Isu global tentang perubahan iklim sampai saat ini menjadi hal serius. Penggunaan *Air Conditioner* yang berlebihan sebagai penyelesaian instan terkait masalah termal bangunan menyebabkan terjadinya pemanasan global. Solusi desain untuk menyelesaikan pemanasan global yaitu dengan pendekatan desain yang menciptakan kinerja termal bangunan optimal. Salah satu hal yang mempengaruhi kinerja termal bangunan yaitu arah orientasi bangunan terhadap radiasi matahari. The Tiing Hotel Resort dipilih sebagai objek studi karena memiliki massa bangunan yang arah orientasinya bervariasi memaksimalkan potensi pemandangan lingkungan sekitar yaitu pegunungan dan laut. Metode yang digunakan yaitu metode simulasi menggunakan *software* Sketchup Studio dan Sefaira dengan melakukan eksplorasi arah orientasi bangunan terhadap radiasi matahari. Proses simulasi dimulai dengan arah orientasi bangunan eksisting terhadap radiasi matahari, selanjutnya dilakukan eksperimen dengan mengubah arah orientasi bangunan terhadap radiasi matahari. Nilai *peak loads* yang didapatkan setelah proses simulasi akan dibandingkan sehingga didapatkan rekomendasi arah orientasi bangunan terhadap radiasi matahari. Hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa rekomendasi arah orientasi bangunan terhadap matahari di iklim tropis yaitu memanjang ke arah timur barat.

Kata kunci: iklim tropis lembab, kenyamanan termal, resor, simulasi kinerja bangunan

Abstract

Climate change has become a serious matter. Excessive use of air conditioners as a solution to building thermal problems causes global warming. The design solution is a design approach that creates optimal thermal building performance. One of the things that affect the thermal performance of the building is the orientation of the building to the sun. The Tiing Hotel Resort was chosen as the object of study because it has a mass of buildings with varied orientations that maximize the potential for views of the environment around the mountains and the sea. The method used is a simulation method using Sketchup Studio and Sefaira software by exploring the orientation of the building to solar radiation. The simulation process begins with the orientation of the existing building to solar radiation, then experiments are carried out by changing the orientation of the building to solar radiation. The peak load values obtained after the simulation process will be compared to obtain recommendations for building orientation to solar radiation. The results of the study found that the recommendation for the direction of the orientation of the building to the sun in a tropical climate is extending to the east and west.

Keywords: building performance simulation, humid tropical climate, resort, thermal comfort

©Jurnal Arsir Universitas Muhammadiyah Palembang

p-ISSN 2580-1155

e-ISSN 2614-4034

Pendahuluan

Dewasa ini, isu global mengenai perubahan iklim masih sangat sering dijumpai. Perubahan iklim terjadi karena aktivitas manusia yang tidak bertanggung jawab dan merusak alam. Perubahan iklim sedikit banyak akan mempengaruhi efisiensi energi dan kenyamanan pada sebuah bangunan (Rosenlund, 2000). Pembangunan di negara berkembang masih tergolong sangat kurang terkait dengan kondisi iklim karena faktor-faktor seperti lingkungan, orientasi, material bangunan, dan karakteristik lahan seringkali kurang diperhatikan (Pandu & Purwanto, 2021). Masalah terkait kenyamanan termal pada bangunan seringkali diselesaikan dengan cara instan seperti penggunaan alat penghawaan buatan atau AC (*Air Conditioner*). Gas CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) yang dihasilkan oleh AC memiliki kontribusi yang sangat besar terhadap kerusakan lapisan ozon.

Pemanasan global yang terjadi karena rusaknya lapisan ozon akan menyebabkan peningkatan penggunaan energi pada bangunan (Bahri & Agung Murti Nugroho, 2018). Sektor penggunaan energi yang dihasilkan oleh bangunan di Indonesia menjadi yang terbesar ketiga setelah sektor industri dan transportasi (Wibawa et al., 2021). Pada tahun 2030, penggunaan energi diprediksi akan terus meningkat hingga 39%. Alat penghawaan buatan seperti AC termasuk salah satu konsumsi energi terbesar dalam sebuah bangunan dengan persentase sebesar 35% (Vidiyanti, 2015).

Oleh karena itu, sebagai solusi untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan sebuah studi pendekatan desain yang dapat meningkatkan efisiensi energi serta menciptakan kinerja termal bangunan yang optimal (Shrivastava & Khan, 2015). Upaya penghematan energi muncul dari sebuah ide untuk mengurangi penggunaan energi tanpa mengubah fungsi, produktivitas, kenyamanan, dan aktivitas pengguna bangunan (Tri Maulida & Subiyantoro, 2020). Salah satu hal yang dapat mempengaruhi kinerja termal bangunan yaitu arah orientasi sebuah bangunan terhadap penerimaan radiasi matahari (Saud & Heldiansyah, 2014). Pada penelitian ini menggunakan obyek studi The Tiing Hotel Resort untuk melihat pengaruh arah orientasi bangunan terhadap kinerja termal dari sebuah bangunan.



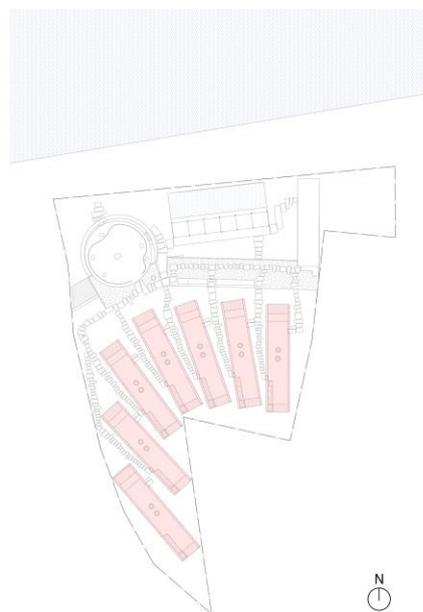
Gambar 1. *View The Tiing Hotel Resort* (Sumber : Archdaily, 2020)

The Tiing Hotel Resort merupakan sebuah hotel *resort* dengan konteks lokal dan budaya yang terletak di Tejakula di pantai utara Bali. Pada tahun 2020, hotel *resort* ini mendapatkan penghargaan sebagai Hotel Terbaik oleh Dezeen Awards 2020. Bangunan hotel *resort* memiliki *view* yang sangat indah yaitu laut dan pegunungan yang mencerminkan arsitektur tradisional Bali. Aspek materialitas pada *resort* ini sangat kuat dengan pertimbangan metode dan material konstruksi lokal seperti penggunaan beton dan bambu (Gambar 1). Pendekatan tersebut dilambangkan sebagai arsitektur yang peka

terhadap iklim dan konteks lokal. Tujuannya yaitu untuk meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Selain itu, spesifikasi material yang digunakan dipilih berdasarkan ketahanan dan perawatan yang mudah.

Orientasi bangunan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi kinerja termal bangunan (Amelia, 2013). Tingginya suhu, kelembapan, dan intensitas matahari merupakan sebuah permasalahan yang harus diperhatikan khususnya di Indonesia yang memiliki iklim tropis lembab (Dharmawan & Rachmaniyah, 2016). Suhu pada daerah iklim tropis berkisar 26-36 derajat celsius, sedangkan untuk suhu kenyamanan termal sekitar 24-27 derajat celsius (Telis et al., 2017). Pada daerah tropis akan memperoleh paparan radiasi matahari sepanjang tahun yang berpotensi dapat mengganggu kinerja termal pada sebuah bangunan.

Penentuan orientasi bangunan bertujuan untuk meletakkan bangunan sesuai dengan potensi yang positif dan menghindari hal-hal yang negatif (Yuuwono, 2007). Orientasi bangunan yang ideal merupakan orientasi bangunan yang sesuai dengan kondisi iklim setempat sehingga tercipta kondisi termal bangunan yang baik. Selain itu, posisi garis edar matahari juga perlu diperhatikan agar paparan radiasi matahari pada bangunan dapat diantisipasi dengan baik sehingga tidak mengganggu kenyamanan termal (Telis et al., 2017).

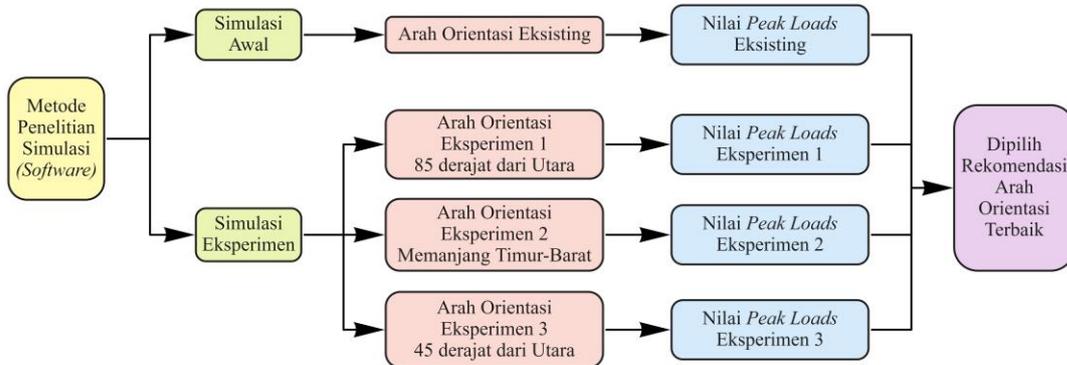


Gambar 2. *Layout Plan* The Tiing Hotel Resort (Sumber : Archdaily, 2020)

Pada kondisi eksisting, The Tiing Hotel Resort memiliki 7 massa bangunan dengan arah orientasi bangunan yang bervariasi. Arah orientasi bangunan yang bervariasi tersebut merupakan alasan hotel *resort* ini dipilih sebagai studi kasus penelitian. Pada daerah iklim tropis seperti Indonesia, arah orientasi bangunan yang terbaik yaitu memanjang ke arah timur dan barat serta bukaan bangunan mengarah ke utara dan selatan (Yeang, 1999). Arah orientasi bangunan pada kondisi eksisting justru memanjang ke arah utara dan selatan karena ingin memaksimalkan potensi *view* dari lingkungan sekitar yaitu pemandangan laut dan pegunungan (Gambar 2). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil dari simulasi pengaruh arah orientasi bangunan pada The Tiing Hotel Resort terhadap kinerja termal bangunan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian simulasi dengan mensimulasikan arah orientasi bangunan untuk memperoleh hasil kinerja termal bangunan. Proses simulasi pada objek studi kasus The Tiing Hotel Resort ini diawali dengan mengumpulkan data literatur terkait arah orientasi bangunan terhadap tapak dan lingkungan sekitar, selanjutnya dilakukan eksperimen pada orientasi bangunan hingga mendapatkan hasil berupa nilai *peak loads* dari simulasi.

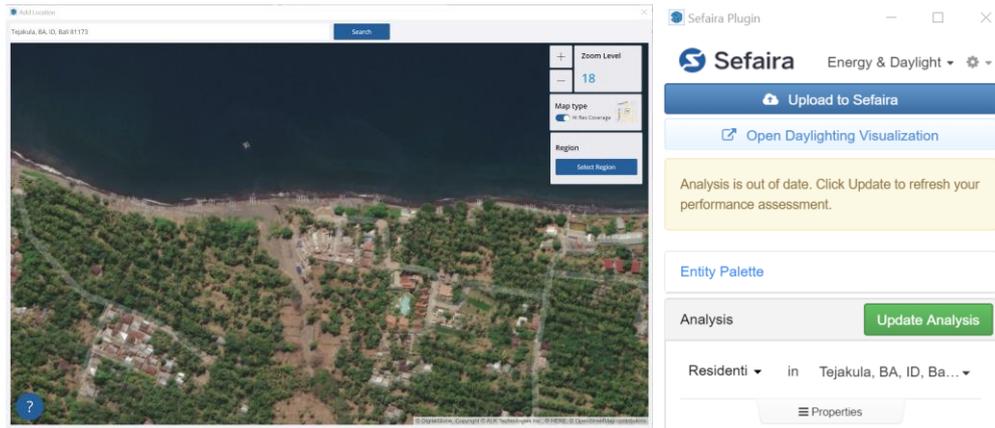


Gambar 3. Diagram Metode Penelitian Simulasi (Sumber : Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar 3, metode penelitian simulasi ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama yaitu simulasi awal dengan mensimulasikan arah orientasi eksisting bangunan *resort* yaitu memanjang utara selatan, selanjutnya merupakan simulasi eksperimen dengan mengatur arah orientasi bangunan ke dua arah yang berbeda. Pertimbangan dalam menentukan arah orientasi ini yang pertama didasarkan pada rekomendasi arah orientasi bangunan pada iklim tropis menurut buku Ken Yeang yang berjudul “*The Green Skyscraper.*” Berdasarkan buku tersebut, arah orientasi bangunan pada iklim tropis yang direkomendasikan yaitu ke arah 85 derajat dari utara dengan arah orientasi memanjang timur ke barat. Pertimbangan kedua dalam menentukan arah orientasi didasarkan pada jurnal (Tyas et al., 2015) yang merekomendasikan arah orientasi bangunan di iklim tropis yaitu memanjang ke arah timur dan barat. Pertimbangan ketiga dalam menentukan arah orientasi yaitu dengan merotasi bangunan eksisting sebesar 45 derajat.

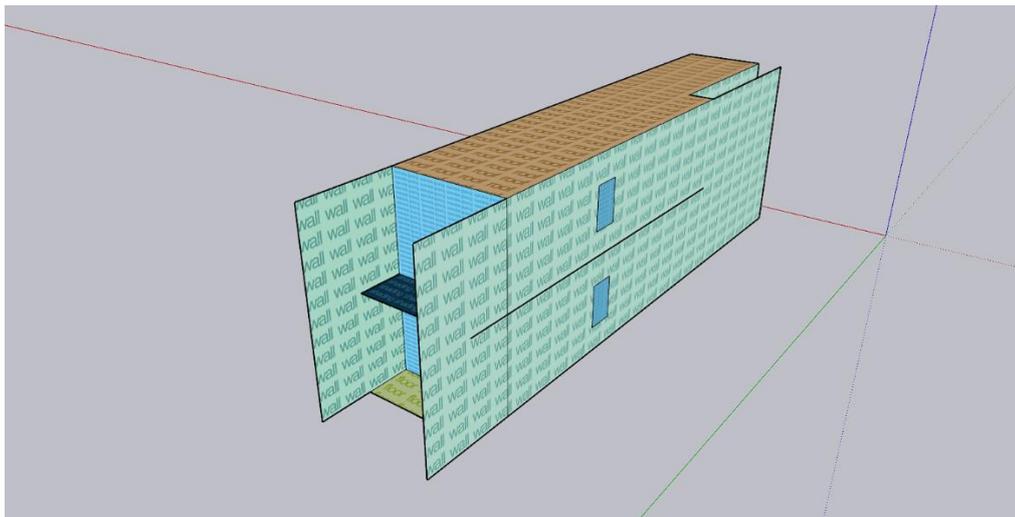
Simulasi kinerja termal bangunan saat ini bisa dilakukan menggunakan beberapa *software* seperti Ecotect, Energy Plus, dan Sefaira (Sibyan & Asnawi, 2018). Arah orientasi bangunan *resort* disimulasikan menggunakan *Software* Sketchup Studio dengan *Software* Sefaira. Pemilihan *software* Sefaira dalam penelitian ini karena telah banyak penelitian yang menggunakan *software* ini untuk mensimulasikan kinerja termal bangunan. Mulai dari penelitian tentang studi perbandingan konsumsi energi (Rabbani, 2019), perbandingan penggunaan energi pada rumah modular (Sidik et al., 2021), dan pengaruh bentuk dan orientasi bangunan pada *heating demand* (Mokrzecka, 2018).

Sefaira merupakan *software* analisis terkait penggunaan energi pada bangunan yang pengaturannya meliputi insulasi, ventilasi, perolehan panas, infiltrasi, dan pencahayaan (Nabilah et al., 2021). *Software* ini akan menjalankan simulasi berdasarkan geometri yang terdapat pada Sketchup Studio dengan hasil analisis yang dapat ditinjau dan dibandingkan oleh arsitek untuk mengeksplorasi rekomendasi desain (Abdullah & Cross, 2014). Eksplorasi desain dengan bantuan *software* simulasi seperti Sefaira merupakan cara terbaik untuk menemukan dan menindaklanjuti rekomendasi desain terbaik (Wibawa et al., 2021). Pada penelitian ini, eksplorasi desain yang dilakukan yaitu arah hadap orientasi bangunan terhadap radiasi matahari.



Gambar 4. Penentuan Lokasi Objek pada Sketchup Studio dan Sefaira
(Sumber : Penulis, 2021)

Lokasi The Tiing Hotel Resort berada di Tejakula di pantai utara Bali. Pada *software* Sketchup, ditentukan lokasi objek sesuai dengan kondisi eksisting dengan memanfaatkan fitur *geo-location* (Gambar 4). Selanjutnya, dilakukan penentuan lokasi eksisting pada *software* Sefaira dan secara otomatis *software* Sefaira akan memilih zona iklim ASHRAE 2 menyesuaikan lokasi eksisting. Zona iklim ASHRAE akan dihitung oleh *software* Sefaira berdasarkan data cuaca yang dipilih secara otomatis setelah dimasukkan data lokasi eksisting.



Gambar 5. Proses *Modelling* Menggunakan Sketchup Studio dan Sefaira
(Sumber : Penulis, 2021)

Bentuk *modelling* bangunan The Tiing Hotel Resort digambar menggunakan *software* Sketchup Studio. Setelah bentuk dasar dari bangunan terbentuk, masing-masing *face* dari 3D Model tersebut diidentifikasi sesuai fungsinya menggunakan *software* Sefaira (Gambar 5). Fungsi dari masing-masing *face* sebagai *wall*, *glazing*, atau *roof* harus teridentifikasi dengan baik agar hasil simulasi dapat bekerja dengan baik.

Setelah masing-masing dari *face* tersebut sudah teridentifikasi dengan benar, langkah selanjutnya yaitu memasukkan data-data bangunan ke *software* Sefaira untuk membantu proses simulasi. Data-data bangunan yang dimasukkan meliputi,

Tabel 1. Data Bangunan yang Dimasukkan ke *Software* Sefaira

No.	Model dan Variabel	Nilai
1.	Facade Glazing U-Value	3.50 W/m ² -K
2.	Wall Brick U-Value	3.14 W/m ² -K
3.	Tile Floor U-Value	0.61 W/m ² -K
4.	Concrete Roof U-Value	2.13 W/m ² -K
5.	Facade Glazing SHGC	0.5
6.	Occupant Density	3.0 m ² /person
7.	Equipment Power Density	0.7 W/m ²
8.	Lighting Power Density	8.0 W/m ²

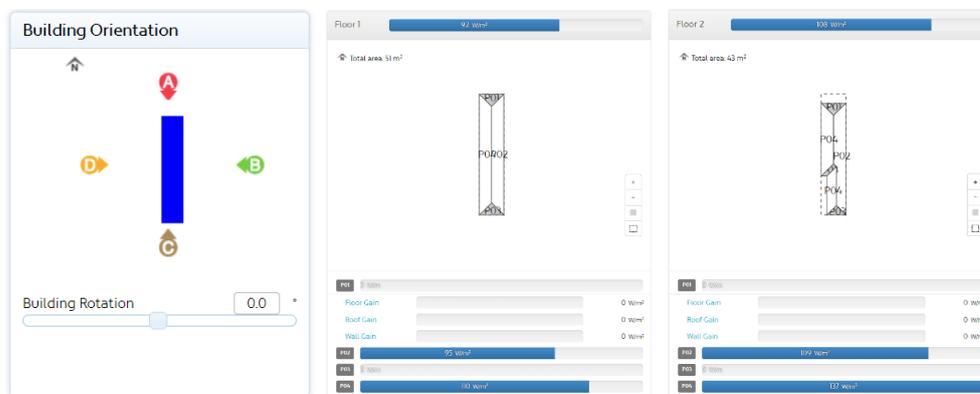
(Sumber: Penulis, 2021)

Data-data pada tabel di atas merupakan data yang dibutuhkan saat proses simulasi. Data tersebut dimasukkan ke *software* Sefaira agar dapat dilakukan proses simulasi. Data *Thermal Transmittance (U-Value)* merupakan transmisi termal pada permukaan elemen bangunan yang terjadi karena perbedaan suhu antara ruang luar dan ruang dalam bangunan (Sidik et al., 2021). Setiap material dan bahan memiliki *U-Value* masing-masing sesuai dengan jenis dan ketebalan bahan. Output dari simulasi ini berupa data jumlah *peak loads* pada masing-masing lantai bangunan. Data *peak loads* ini digunakan untuk menentukan rekomendasi arah orientasi yang paling optimal, semakin rendah nilai *peak loads* yang dihasilkan pada bangunan, maka kinerja termal pada bangunan tersebut juga akan optimal.

Hasil dan Pembahasan

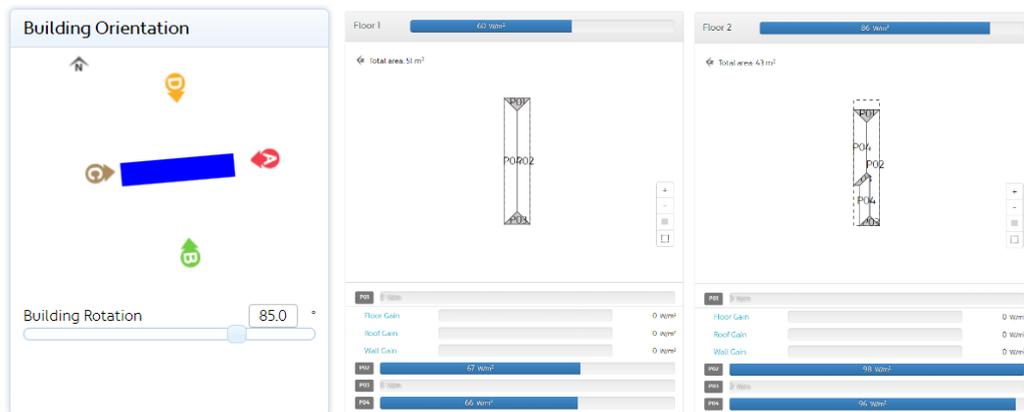
Daerah dengan iklim tropis seperti di Indonesia memiliki banyak faktor yang mempengaruhi kinerja termal bangunan secara langsung. Negara beriklim tropis seperti Indonesia memiliki kelembapan udara serta curah hujan yang cukup tinggi (Simbolon & Nasution, 2017). Faktor alam seperti radiasi matahari, hujan, dan kelembapan harus dipertimbangkan secara matang dalam proses perencanaan sebuah bangunan (Dharmawan & Rachmaniyah, 2016). Radiasi matahari memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap beban pendinginan sebuah bangunan.

Upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan mengolah arah orientasi bangunan agar sisi bangunan tidak terlalu sering terkena radiasi matahari secara langsung sehingga beban pendinginan bangunan tersebut tidak terlalu besar. Oleh karena itu, dilakukanlah sebuah simulasi arah orientasi sebuah bangunan untuk menemukan hasil kinerja termal bangunan yang paling optimal. Pada tahap awal, dilakukan simulasi pada arah orientasi eksisting yaitu memanjang ke arah utara selatan dan menghadap ke arah utara. Tahap selanjutnya dilakukan simulasi berdasarkan rekomendasi arah orientasi bangunan pada iklim tropis.



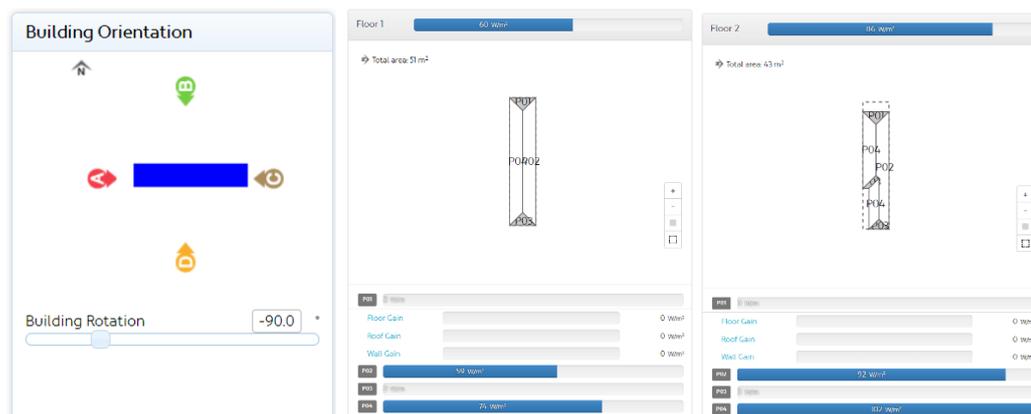
Gambar 6. Simulasi Awal Kondisi Eksisting Bangunan (Sumber : Penulis, 2021)

Pada simulasi tahap pertama, dilakukan simulasi awal dengan pengkondisian arah orientasi eksisting yaitu bangunan memanjang utara selatan dan menghadap ke arah utara. Nilai *peak loads* yang dihasilkan pada lantai 1 secara menyeluruh yaitu 92 W/m^2 , dengan rincian pada *zoning* PO2 dihasilkan 95 W/m^2 dan *zoning* PO4 dihasilkan 110 W/m^2 . Selanjutnya, nilai *peak loads* yang dihasilkan pada lantai 2 secara menyeluruh yaitu 108 W/m^2 , dengan rincian pada *zoning* PO2 dihasilkan 109 W/m^2 dan *zoning* PO4 dihasilkan 137 W/m^2 .



Gambar 7. Simulasi Eksperimen Kinerja Termal Bangunan Pertama (Sumber: Penulis, 2021)

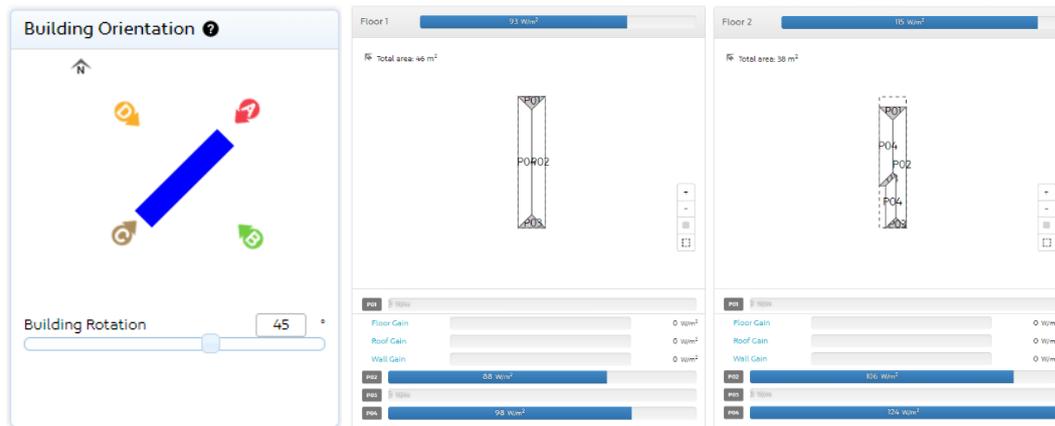
Pada tahap kedua, dilakukan simulasi eksperimen yang pertama yaitu dengan pengkondisian arah orientasi diputar sebesar 85 derajat dari arah utara. Pengkondisian arah orientasi ini merupakan rekomendasi arah orientasi bangunan pada iklim tropis menurut Ken Yeang dalam bukunya yang berjudul “*The Green Skyscraper.*” Dari hasil simulasi tersebut, pada lantai 1 diperoleh nilai *Peak Loads* secara keseluruhan sebesar 60 W/m^2 dengan rincian pada *zoning* PO2 dihasilkan 67 W/m^2 dan *zoning* PO4 dihasilkan 66 W/m^2 . Selanjutnya, pada lantai 2 secara keseluruhan diperoleh nilai *peak loads* sebesar 86 W/m^2 dengan rincian pada *zoning* PO2 dihasilkan 98 W/m^2 dan *zoning* PO4 dihasilkan 96 W/m^2 .



Gambar 8. Simulasi Eksperimen Kinerja Termal Bangunan Kedua (Sumber: Penulis, 2021)

Pada tahap ketiga, dilakukan simulasi eksperimen yang kedua yaitu dengan pengkondisian arah orientasi memanjang timur barat sesuai dengan rekomendasi arah bangunan pada iklim tropis (Tyas *et al.*, 2015). Hasil simulasi tersebut menunjukkan nilai *peak loads* pada lantai 1 secara keseluruhan sebesar 60 W/m^2 dengan rincian pada *zoning* PO2 dihasilkan 59 W/m^2 dan *zoning* PO4 dihasilkan 76 W/m^2 . Selanjutnya, pada lantai 2

secara keseluruhan diperoleh nilai peak loads sebesar 86 W/m² dengan rincian pada zoning PO2 dihasilkan 92 W/m² dan zoning PO4 dihasilkan 102 W/m².



Gambar 9. Simulasi Eksperimen Kinerja Termal Bangunan Ketiga (Sumber : Penulis, 2021)

Pada tahap keempat, dilakukan simulasi eksperimen yang ketiga yaitu dengan pengkondisian arah orientasi diputar sebesar 45 derajat dari utara. Dari hasil simulasi ini, diperoleh nilai *peak loads* pada lantai 1 secara keseluruhan sebesar 93 W/m² dengan rincian zoning PO2 dihasilkan 88 W/m² dan zoning PO4 dihasilkan 98 W/m². Selanjutnya, pada lantai 2 diperoleh nilai *peak loads* sebesar 115 W/m² dengan rincian pada zoning PO2 dihasilkan 106 W/m² dan zoning PO4 dihasilkan 124 W/m².

Tabel 2. Perbandingan Nilai *Peak Loads* Berdasarkan Arah Orientasi Bangunan

No.	Model dan Variabel	<i>Peak Loads</i> Lantai 1	<i>Peak Loads</i> Lantai 2
1.	Orientasi Eksisting (Menghadap Utara)	92 W/m ²	108 W/m ²
2.	Orientasi 85° dari Utara	60 W/m ²	86 W/m ²
3.	Orientasi Memanjang Timur-Barat	60 W/m ²	86 W/m ²
4.	Orientasi 45° dari Utara	93 W/m ²	115 W/m ²

(Sumber : Penulis, 2021)

Hasil simulasi dari keempat eksperimen memiliki nilai *peak loads* yang bermacam-macam. Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa orientasi 85° dari utara dan orientasi memanjang timur barat merupakan orientasi yang direkomendasikan pada The Tiing Hotel Resort karena memiliki nilai *peak loads* yang rendah. Pada orientasi tersebut, didapatkan nilai *peak loads* yang rendah dikarenakan bangunan dengan orientasi tersebut tidak terlalu banyak atau sering terpapar radiasi matahari sehingga beban pendinginan pada bangunan dapat diminimalisir. Berbeda pada orientasi memanjang timur barat, orientasi eksisting yang memanjang utara selatan mendapatkan paparan radiasi matahari lebih banyak karena sisi bangunan tersebut langsung menghadap ke matahari yaitu arah timur dan arah barat.

Simpulan

Berdasarkan simulasi eksperimen orientasi bangunan terhadap kinerja termal bangunan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa untuk mencapai sebuah kinerja termal bangunan yang optimal di iklim tropis seperti Indonesia, dibutuhkan perhatian lebih pada faktor-faktor alam yang berpotensi mempengaruhi kinerja termal. Salah satu contoh yaitu radiasi matahari. Pada iklim tropis, radiasi matahari memiliki kontribusi yang sangat besar terhadap kinerja termal bangunan, banyaknya paparan

radiasi matahari yang masuk akan mempengaruhi termal sebuah bangunan. Oleh karena itu, arah orientasi bangunan terhadap radiasi matahari juga sangat berpengaruh dalam proses perancangan. Arah orientasi bangunan terhadap radiasi matahari yang direkomendasikan pada bangunan di iklim tropis yaitu memanjang arah timur barat karena arah orientasi ini merupakan arah orientasi yang tidak mendapatkan radiasi matahari secara berlebih sehingga beban pendinginan atau nilai *peak loads* pada sebuah bangunan dapat diminimalisir.

Daftar Pustaka

Abdullah, A., & Cross, B. (2014). *Whole Building Energy Analysis: A Comparative Study of Different Simulation Tools and Applications in Architectural Design*.

Amelia, K. P. (2013). Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal Pada Perumahan di Bandung Objek Studi: Rumah Sudut, Tipe Camry, Blok D dan Blok E, Grand Sharon Residence. *Berkala Ilmiah Narasi Arsitektur*, 1(1).

Archdaily. (2020). *The Tiing Hotel / Nic Brunsdon + MANGUNING*. <https://www.archdaily.com/953836/the-tiing-hotel-nic-brunsdon-plus-manguning>

Bahri, M. S., & Agung Murti Nugroho. (2018). Kinerja Termal Selubung Bangunan pada Gedung Kuliah Universitas Multimedia Nusantara Serpong. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 6(3).

Dharmawan, V., & Rachmaniyah, N. (2016). Adaptasi Iklim pada Hunian Rumah Tinggal yang Menghadap Matahari. *Simposium Nasional RAPI XV*, 265–270.

Mokrzecka, M. (2018). Influence of building shape and orientation on heating demand: Simulations for student dormitories in temperate climate conditions. *E3S Web of Conferences*, 44. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400117>

Nabilah, A., Devita, H. P., Halen, Y. Van, & Jurizat, A. (2021). Energy Efficiency in Church Building Based on Sefaira Energy Use Intensity Standard. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012013>

Pandu, A. Z. A. D., & Purwanto, L. (2021). Komparasi Perpindahan Panas (Heat Transfer) Materia Dinding Dengan Simulasi Therm. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 5(1), 77–81. https://gaia.lbl.gov/software/window/THERM7_7_10

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>

Rosenlund, H. (2000). Climatic Design of Buildings using Passive Techniques. *Building Issues*, 10(1).

Saud, M. I., & Heldiansyah, J. C. (2014). Optimalisasi Kinerja Termal Selubung Bangunan pada Desain Kampus Baru Program Studi Arsitektur UNLAM. *LANTING Journal of Architecture*, 3(1), 14–24.

Shrivastava, V. B., & Khan, M. A. (2015). Energy Efficiency and Occupant Comfort Levels in a Nearly Zero Energy Building and Green Building. *Journal of Basic and Applied Engineering Research*, 2(18), 1574–1577.

- <http://www.krishisanskriti.org/Publication.html>
- Sibyan, H., & Asnawi, M. F. (2018). Metode Simulasi dalam Optimalisasi Kinerja Termal Rumah Vernakular di Daerah Dataran Rendah. *Jurnal PPKM*, 3, 267–280.
- Sidik, A. F., Paramita, B., & Busono, T. (2021). The Comparison of Energy Usage of Modular Housing using Sefaira®. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012019>
- Simbolon, H., & Nasution, I. N. (2017). Desain Rumah Tinggal yang Ramah Lingkungan untuk Iklim Tropis. *Jurnal Education Building*, 3(1), 46–59.
- Telis, C. F., Winandari, M. I. R., & Tundono, S. (2017). Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Suhu Termal di Unit Rusunawa Tambora. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 3(2), 51–55.
- Tri Maulida, L., & Subiyantoro, H. (2020). Pengelolaan Ruang Hemat Energi Bangunan Resort Kawasan Pesisir. *WIDYASTANA Jurnal Mahasiswa Arsitektur*, 1(2), 165–173.
- Tyas, W. I., Nabilah, F., Puspita, A., & Syafitri, S. I. (2015). Orientasi Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal pada Rumah Susun Leuwigajah Cimahi. *Jurnal Reka Karsa*, 3(1), 1–12.
- Vidiyanti, C. (2015). Kajian Retrofit Bangunan Sebagai Upaya Mereduksi Konsumsi Energi Operasional. *Vitruvian Jurnal Arsitektur, Bangunan, & Lingkungan*, 5(1), 1–9. <http://www.superiod.net/2013/11/physical-map-with-key/physical-world-map-with-key/>
- 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>
- Yeang, K. (1999). *The Green Skyscraper, The Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings*. Prestel.
- Yuuwono, A. B. (2007). *Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kemampuan Menahan Panas pada Rumah Tinggal di Perumahan Wonorejo Surakarta*.