

Efektivitas Sistem Double Skin Dalam Menahan Radiasi Matahari Pada Fasad Bangunan

(Effectiveness of Double-Skin System for Solar Control of Building Facades)

Fuad Rizal, Aliviana Demami*

Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Indonesia
Jl Raya Puspipetek, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten 15320

Abstrak

Kualitas kenyamanan termal dalam ruang pada suatu bangunan dipengaruhi banyak aspek, mulai dari skala makro seperti kondisi cuaca dan lingkungan hingga skala mikro seperti orientasi bangunan, letak ruang, dan material bangunan yang digunakan. Suhu udara memiliki peran dominan terhadap kualitas kenyamanan termal dalam ruang. Intensitas suhu udara itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama intensitas radiasi matahari yang diterima oleh bangunan. Radiasi matahari dapat diantisipasi oleh beberapa cara, namun untuk mengetahui cara yang tepat untuk mengantisipasi radiasi matahari tersebut perlu dilakukan kajian terhadap aspek-aspek tersebut diatas. Untuk mengetahui secara pasti tingkat efektivitas dari usulan solusi yang ditawarkan, perlu dilakukan pembuktian melalui rumus ataupun pemanfaatan aplikasi yang tepat terhadap beberapa parameter terkait hingga ditemukan rumusan yang tepat, sesuai dengan situasi, dan kondisi objek penelitian terpilih.

Kata Kunci : Kenyamanan termal, radiasi matahari, suhu udara

Abstract

The quality of thermal comfort in building space is influenced by many aspects, ranging from macro scales such as weather and environment conditions to microscales such as building orientation, spatial location, and building materials used. Air temperature has a dominant role in the quality of thermal comfort in space. The intensity of air temperature itself is influenced by several factors, especially the intensity of solar radiation received by buildings. Solar radiation can be anticipated in several ways, but it is necessary to study the above aspects to know the right way to anticipate solar radiation. To know exactly the level of effectiveness of the proposed solution offered, it is necessary to prove through the formula or the proper application utilization of several related parameters until the right formulation is found and by the situation and conditions of the selected research object.

Keyword : thermal comfort, solar radiation, air temperature

*Penulis Korespondensi. Telp: +62 21 7561092; fax: +62 21 7560542
Alamat E-mail : is_pur@yahoo.com (Is Sulisyati)

1. Pendahuluan

Kenyamanan manusia dalam beraktivitas pada kehidupan sehari-hari sangat dipengaruhi oleh kenyamanan termal. Secara umum manusia tidak dapat melakukan aktivitasnya dengan baik dan optimal bila merasa tidak nyaman, atau kenyamanan termal-nya terganggu, seperti merasa temperaturnya lebih dingin atau lebih panas

dibanding biasanya. Menurut Auliciems dan Szokolay [1], kenyamanan termal dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu temperatur udara, pergerakan angin, kelembaban udara, radiasi, faktor subyektif, seperti metabolisme, pakaian, makanan dan minuman, bentuk tubuh, serta usia dan jenis kelamin. Faktor yang paling dominan pengaruhnya terhadap kenyamanan termal adalah

temperatur udara. Besarnya temperatur udara antara satu lokasi dengan lokasi yang lain dapat berbeda. Hal tersebut umumnya disebabkan oleh beberapa hal, antara lain kondisi alam, lingkungan, kondisi geografis dan kondisi cuaca dari lokasi tersebut yang berbeda antara lokasi satu dengan lokasi lainnya.

Faktor dominan yang mempengaruhi temperatur udara adalah radiasi matahari. Nilai intensitas radiasi matahari ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu energi radiasi absolut, hilangnya energi radiasi saat melalui atmosfer, sudut jatuh radiasi matahari pada bidang yang disinari matahari dan penyebaran radiasi. Semakin luas bidang yang menerima radiasi matahari dan semakin tegak lurus arah radiasi matahari terhadap bidang yang disinarnya, maka akan semakin besar pula peluang meningkatnya temperatur ruang pada bangunan tersebut. Faktor lain yang berpengaruh terhadap kondisi temperatur dalam ruang adalah bentuk, lokasi dan orientasi bangunan tersebut terhadap arah pergerakan matahari. Selain itu, faktor lain yang turut mempengaruhi adalah bentuk, luas dan titik lokasi bukaan pada bidang dinding, kualitas penghawaan dalam ruang dan jenis material yang digunakan pada bidang dinding tersebut. Umumnya, bangunan yang menghadap arah Timur dan Barat cenderung akan menerima intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi dibanding yang menghadap arah Utara dan Selatan. Hal tersebut juga berlaku sama terhadap ruang-ruang yang ada pada bangunan tersebut.

Rumah tinggal utamanya dimanfaatkan sebagai tempat tinggal dan beristirahat oleh penghuninya. Walaupun rumah juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat bekerja dan berusaha, namun kebutuhan untuk tinggal dan istirahat menjadi prioritas utama dari sebuah rumah tinggal. Kualitas kenyamanan penghuni dalam tinggal dan beristirahat serta beraktivitas di dalam rumah dipengaruhi oleh kualitas kenyamanan termal di dalamnya. Untuk mencapai kenyamanan termal pada rumah tinggal, maka perlu dikaji kondisi dan kualitas eksisting dari faktor-faktor yang disampaikan sebelumnya di atas, kemudian dilakukan kajian lebih lanjut terkait hal-hal yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan dari kondisi sebelumnya untuk mencapai kenyamanan termal yang diharapkan. Rumah tinggal yang akan diangkat menjadi objek penelitian adalah rumah sudut yang berlokasi di Pondok Benda, Pamulang, Tangerang Selatan. Tampak depan rumah ini menghadap Utara, namun salah satu sisinya yang memanjang menghadap Barat. Akibatnya sisi terpanjang dari rumah ini yang menghadap Barat menerima radiasi matahari yang cukup tinggi sepanjang tahun. Akibatnya adalah, temperatur ruang yang

berada di sisi tersebut lebih panas hingga malam hari. Dampak dari kondisi tersebut adalah kenyamanan termal yang berkurang dan penggunaan AC yang lebih besar.

2. Teori Dasar Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah suatu keadaan dari pemikiran manusia yang menunjukkan adanya kepuasan dengan lingkungan termal [2]. Kenyamanan dalam kaitannya dengan bangunan dapat didefinisikan sebagai suatu keadaan yang dapat memberikan rasa nyaman dan menyenangkan bagi penghuninya [3]. Zona kenyamanan dapat didefinisikan sebagai suatu zona dimana manusia memiliki kemampuan untuk mereduksi tenaga yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh guna mengadaptasikan dirinya terhadap lingkungan sekitarnya [4]. Ada tiga pemaknaan kenyamanan termal Pertama, pendekatan *thermophysiological* ke dua pendekatan heat balance (keseimbangan panas) dan ketiga adalah pendekatan psikologis [5]. Kenyamanan termal sebagai proses *thermophysiological* menganggap bahwa nyaman dan tidaknya lingkungan termal akan tergantung pada nyala dan matinya signal syarat reseptor termal yang terdapat di kulit dan otak. Kenyamanan termal secara umum dikenal sebagai rasa nyaman terhadap situasi termik dilingkungan sekitar tubuh [6]. Situasi nyaman termis senantiasa dihubungkan dengan situasi klimatik.

Pengaruh Kenyamanan Termal Terhadap Kenyamanan Penghuni

Kenyamanan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni temperatur udara, pergerakan angin, kelembaban udara, radiasi, faktor subyektif, seperti metabolisme, pakaian, makanan dan minuman, bentuk tubuh, serta usia dan jenis kelamin [1]. Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yaitu, temperatur udara, temperatur radiant, kelembaban udara, kecepatan angin, insulasi pakaian, serta aktivitas.

- a. Temperatur udara merupakan salah satu faktor yang paling dominan dalam menyatakan kenyamanan termal suatu lingkungan. Satuan yang dipakai untuk temperatur udara adalah Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Manusia dikatakan nyaman apabila suhu tubuhnya berada sekitar pada suhu 37%. Temperatur udara antara suatu daerah dengan daerah lainnya sangat berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh adanya beberapa faktor, seperti sudut datang sinar matahari, ketinggian suatu wilayah, arah

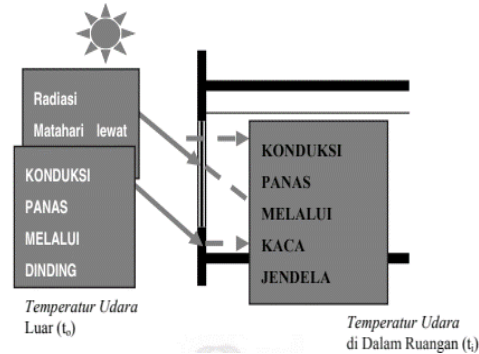
- angin, arus laut, awan, dan waktu penyinaran. Menurut SNI 03-6572-2001 Suhu dingin berada pada $< 20,5^{\circ}\text{C}$, suhu ideal $24,8^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu panas dikategorikan pada $>28^{\circ}\text{C}$.
- Temperatur radiant adalah panas yang berasal dari radiasi objek yang mengeluarkan panas, salah satunya yaitu radiasi matahari.
 - Kelembaban udara merupakan kandungan uap air yang ada di dalam udara, sedangkan kelembaban relatif adalah rasio antara jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air dapat ditampung di udara pada temperatur tertentu. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelembaban udara, yakni radiasi matahari, tekanan udara, ketinggian tempat, angin, kerapatan udara, serta suhu. Berdasarkan SNI 03-6572-2001 kelembaban udara dengan tingkat rendah adalah $< 40\%$, kelembaban udara sedang $40\% - 70\%$, melainkan kelembaban udara tinggi ada pada $> 70\%$
 - Kecepatan angin adalah kecepatan aliran udara yang bergerak secara mendatar atau horizontal pada ketinggian dua meter di atas tanah. Kecepatan angin sangat tergantung pada karakteristik permukaan yang dilaluinya. Menurut SNI 03-6572-2001 kategori kecepatan angin adalah kecepatan rendah $0,2 \text{ m/s} - 0,5 \text{ m/s}$, kecepatan angin sedang $1 \text{ m/s} - 1,5 \text{ m/s}$, sedangkan yang tergolong pada kecepatan angin tinggi $1,5 \text{ m/s} - 2 \text{ m/s}$.

Transmisi Radiasi Panas Matahari Ke Dalam Bangunan

Panas masuk ke dalam bangunan melalui proses konduksi (lewat dinding, atap, jendela kaca) dan radiasi matahari yang ditransmisikan melalui jendela/kaca. Radiasi matahari memancarkan sinar ultraviolet (6%), cahaya tampak (48%) dan sinar infra merah yang memberikan efek panas sangat besar (46%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi matahari adalah penyumbang jumlah panas terbesar yang masuk ke dalam bangunan. Besar radiasi matahari yang ditransmisikan melalui selubung bangunan dipengaruhi oleh fasade bangunan yaitu perbandingan luas kaca dan luas dinding bangunan keseluruhan (wall to wall ratio), serta jenis dan tebal kaca yang digunakan. [7].

Prinsip umum yang digunakan untuk mengurangi transmisi panas yang diterima bangunan adalah dengan menggunakan pelindung matahari pada permukaan fasad bangunan dan penyerapan serta pengisolasian

panas melalui pemilihan material fasad bangunan yang memiliki nilai pantul dan penyerapan panas tertentu serta pemanfaatan prinsip pergeseran waktu (time lag). Pelindung matahari pada bangunan dapat berupa perpanjangan atap (tritisasi) atau berupa penahan panas vertikal yang menempel pada dinding sebagai lapisan dinding kedua (double skin). Sebaiknya terdapat jarak antar dinding utama dan dinding pelindung agar intensitas radiasi panas yang diterima fasad bangunan dapat berkurang.



Gambar 1. Transmisi Radiasi Matahari ke dalam bangunan
Sumber: [7]

Prinsip Pergeseran Waktu (Time Lag) Dari Radiasi Panas Terhadap Beberapa Jenis Material Dinding Bangunan

Saat energi panas jatuh pada permukaan dinding, partikel-partikel pada lapisan pertama akan menyerap sejumlah panas sebelum panas diteruskan kepada lapisan berikutnya. Ini akan menyebabkan efek penundaan, sehingga temperatur puncak dari lingkungan baru dirasakan di dalam ruang beberapa waktu kemudian. Menurut Egan, material bangunan dengan massa yang masif dan berat mempunyai time lag yang besar [8].

Tabel 1. Nilai Pergeseran Waktu (Time Lag) Material Dinding

| Bahan | Ketebalan (cm) | Time Lag (jam) |
|-----------|----------------|----------------|
| Batu Alam | 20 | 5,5 |
| | 30 | 8,0 |
| | 40 | 10,5 |
| | 60 | 15,5 |
| Beton | 5 | 1,1 |
| | 10 | 2,5 |
| | 15 | 3,8 |
| | 20 | 5,1 |
| | 30 | 7,8 |
| | 40 | 10,2 |
| Batu Bata | 10 | 2,3 |
| | 20 | 5,5 |
| | 30 | 8,5 |

| | | |
|------|------|------|
| | 40 | 12,0 |
| | 1,25 | 0,17 |
| Kayu | 2,5 | 0,45 |
| | 5 | 1,3 |

Sumber: [9] [10]

Standar Zona Nyaman Untuk Daerah Tropis Khususnya Di Indonesia

Zona nyaman (Comfort Zone) adalah suatu daerah dalam *bioclimatic chart* yang menunjang kondisi komposisi udara nyaman secara termal. Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal berada pada taraf sebagai berikut: 1. Temperatur (T) pada nilai antara $24^{\circ}\text{C} < T < \text{RH} < 60\%$ 3. Aliran udara (WH) pada nilai antara $0,6 \text{ m/s} < \text{WH} < 1,5 \text{ m/s}$. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal individu manusia, yaitu tingkat kelembaban udara, kecepatan pergerakan udara, radiasi permukaan yang panas, termasuk aktivitas orang didalamnya dan lain sebagainya [11]. Temperatur udara kering sangat besar dampaknya terhadap jumlah kalor yang dilepas melalui penguapan dan melalui konveksi. Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis terbagi menjadi tiga yaitu temperatur sejuk nyaman $20,5^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$ 2, temperatur nyaman optimal $22,8^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$ 3 dan temperatur hangat nyaman $26^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$. Untuk kelembaban (RH) yang masih dalam batas atas toleransi terdapat pada nilai 40 % - 70 %, dan kecepatan angin pada nilai antara 0,4 - 1,5 m/s. Temperatur efektif diartikan sebagai indeks lingkungan yang menggabungkan temperatur dan kelembaban udara menjadi satu indeks yang mempunyai arti bahwa pada temperatur tersebut respon termal dari orang pada kondisi tersebut adalah sama, meskipun mempunyai temperatur dan kelembaban yang berbeda, tetapi keduanya harus mempunyai kecepatan udara yang sama. Teori-teori tersebut diatas akan dijadikan rujukan untuk melakukan analisis terhadap penerapan prinsip-prinsip arsitektur tropis yaitu mengantisipasi radiasi panas matahari pada fasad bangunan elemen desain rancangan bangunan secara pasif melalui pembuatan peneduh pada fasad bangunan dan penentuan materialnya dengan penerapan prinsip time-lag.

3. Metodologi

Jenis Data

Data-data dalam penelitian ini diambil berdasarkan variabel-variabel yang telah ditetapkan. Data tersebut secara umum diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

a. Data primer

Data primer berupa data yang didapatkan dari hasil studi lapangan yaitu: observasi dan pengukuran serta dokumentasi. Data primer meliputi: data lokasi, orientasi bangunan, dan

data bangunan.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang berupa literatur ataupun data kepustakaan berupa buku-buku, jurnal, artikel, ataupun hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan penelitian. Data ini digunakan untuk menelaah referensi-referensi yang berhubungan, sehingga data ini dapat bermanfaat untuk menguji dan menganalisis dan juga memprediksikan hasil atau jawaban dari permasalahan penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan terlibat langsung ke lapangan dengan melakukan pengamatan, wawancara kepada narasumber, mengumpulkan dokumen-dokumen di lapangan dengan menggunakan alat-alat, misalnya kamera dan juga alat tulis.

Analisa Data

Dalam melakukan penelitian ini metode yang digunakan yaitu kualitatif deskriptif. Metode kualitatif deskriptif digunakan untuk melakukan kajian awal yang bertujuan untuk mendapatkan informasi dan solusi awal mengenai rumusan bentuk pelindung matahari berikut jenis materialnya yang tepat untuk mengantisipasi radiasi panas sesuai dengan kondisi cuaca, bentuk dan kondisi objek bangunan terpilih serta lingkungannya.

a. Lokasi dan Kondisi Eksisting Objek Penelitian

Rumah sudut yang dijadikan objek penelitian terletak di dalam perumahan Grand Akasia Residence, di daerah Pondok Benda, Pamulang, Tangerang Selatan. Rumah terdiri dari 2 (dua) lantai dan memiliki fasad yang menghadap Utara dan Barat. Sisi fasad yang menghadap Utara adalah tampak muka, sedangkan sisi fasad yang menghadap Barat adalah tampak samping. Koordinat dari rumah tersebut adalah $6^{\circ}20'55.3''\text{S } 106^{\circ}42'45.0''\text{E}$.



Gambar 2. Peta Lokasi

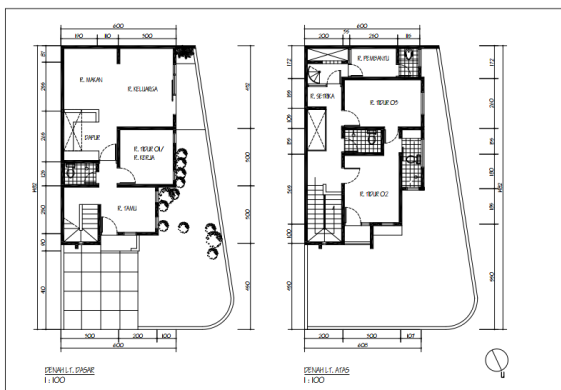
Sumber: Google Map dan Google Earth



Gambar 3. Tampak Depan Rumah Sudut (hadap Utara)
Sumber: Google Map dan Google Earth



Gambar 4. Tampak Samping Rumah Sudut (Hadap Barat)
Sumber: Google Map dan Google Earth



Gambar 5. Denah Rumah Sudut
Sumber: [12]

Berdasarkan gambar denah diatas, maka sebagian besar ruang dalam rumah ini menerima radiasi panas matahari dari arah Barat, yaitu:

- a. Lantai Dasar
 - 1) Ruang Tamu
 - 2) Ruang Tidur 1/ Ruang Kerja
 - 3) Ruang Keluarga
- b. Lantai Atas
 - 1) Ruang Tidur 2

- 2) Kamar Mandi Ruang Tidur 2
- 3) Ruang Tidur 3
- 4) Kamar Mandi Ruang Pembantu.

Ruang-ruang tersebut diatas menerima radiasi matahari sejak pukul 12.00 hingga matahari terbenam. Intensitas radiasi yang diterima cukup tinggi sehingga berdampak pada meningkatnya temperatur dalam ruang-ruang tersebut sejak pukul 14.00 hingga pukul 21.00. Selain meningkatnya temperatur, kondisi negatif lain yang dirasakan pengguna ruang adalah gangguan silau, terutama pada ruang tidur 1, ruang keluarga dan ruang tidur 3. Temperatur dalam ruang-ruang tersebut berkisar antara 27°C hingga 31°C. Cenderung lebih tinggi dari temperatur luar ruang sebagaimana terlihat dalam tabel Iklim Kota Tangerang Selatan dibawah ini.

Tabel 2. Iklim Kota Tangerang Selatan Tahun 2020

| Bulan | Rata-rata Suhu (Celcius) | Rata-rata Kelembaban (%) | Rata-rata Kecepatan Angin (m/sec) | rata-rata tekanan udara (mb) |
|-----------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 2020 | 2020 | 2020 | 2020 | 2020 |
| Januari | 27.31 | 85.94 | 2.70 | 2.70 |
| Februari | 27.07 | 86.56 | 3.00 | 3.00 |
| Maret | 27.79 | 83.28 | 2.40 | 2.40 |
| April | 28.19 | 82.01 | 2.20 | 2.20 |
| Mei | 28.57 | 79.79 | 2.30 | 2.30 |
| Juni | 28.69 | 75.59 | 2.10 | 2.10 |
| Juli | 28.29 | 73.21 | 2.00 | 2.00 |
| Agustus | 28.33 | 73.52 | 2.40 | 2.40 |
| September | 28.60 | 73.73 | 2.30 | 2.30 |
| Oktober | 27.96 | 78.83 | 2.10 | 2.10 |
| November | 28.15 | 79.84 | 2.30 | 2.30 |
| Desember | 27.12 | 81.49 | 3.10 | 3.10 |
| Rata-rata | 28.01 | 79.48 | 2.41 | 2.41 |

Sumber: [13]

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan teori dan prinsip perancangan bangunan tropis secara pasif, maka cara mengantisipasi radiasi matahari berlebih pada ruang-ruang yang menghadap Barat dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Membuat pelindung matahari. Pelindung matahari untuk mengantisipasi radiasi matahari pada ruang-ruang di lantai dasar dapat berbentuk atap kanopi pada tiap ruang yang terekspos radiasi matahari dan memanfaatkan vegetasi yang ditanam pada area hijau di sepanjang bagian luar kavling yang berbatasan langsung dengan dinding pagar rumah sudut tersebut. Agar lebih optimal sambil menunggu vegetasi tumbuh tinggi hingga optimal menahan radiasi matahari, maka dapat pula memanfaatkan pelindung yang berupa tirai yang dapat dibuka dan ditutup sesuai kebutuhan. Tirai tersebut dapat dipasang pada rangka atap kanopi yang diusulkan untuk dibuat. Pelindung matahari untuk

ruang-ruang pada lantai atas dapat berupa penambahan partisi atau dinding baru di luar dinding utama sebagai secondary skin merujuk pada prinsip double skin.

- 2) Pemilihan material yang digunakan untuk pembuatan secondary skin pada lantai atas, akan merujuk pada prinsip time-lag. Berdasarkan tabel time-lag diatas, maka secara umum nilai time-lag dari tiap material tidak terpaut jauh. Namun jika mengacu pertimbangan kemudahan pengerjaan dan sistem konstruksi yang akan digunakan, maka material yang menjadi pertimbangan utama adalah kayu. Namun demikian efektivitas material kayu tersebut dalam menahan radiasi matahari akan dipengaruhi pula oleh desain dan bentuk dari secondary skin yang akan dibuat.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa efektivitas pelindung matahari atau secondary skin tidak hanya dipengaruhi oleh jenis material dan nilai time-lag dari material tersebut, namun dipengaruhi pula oleh desain, bentuk, sistem konstruksi dan penyelesaian final (finishing) dari material pelindung matahari ataupun secondary skin tersebut. Mengingat banyaknya material baru yang diciptakan dunia industri bangunan dan konstruksi, maka perlu dilakukan penelusuran lebih lanjut terhadap material-material baru tersebut sekaligus mencari informasi spesifikasi teknisnya sebagai pertimbangan alternatif material hingga ditemukannya material yang dirasa paling tepat dalam mengantisipasi radiasi matahari sekaligus mendukung pencapaian kualitas kenyamanan termal pada rumah sudut tersebut. Lebih lanjut perlu dicari rumus perhitungan dan metode pembuktian yang tepat baik secara manual atau secara komputasi ataupun kombinasi keduanya untuk mengetahui sejauh mana efektivitas implementasi solusi awal tersebut diatas secara detail.

Daftar Pustaka

- [1] A. Auliciems and S. Szokolay, Thermal Comfort, PLEA International University of Queensland, 2007.
- [2] M. Nugroho, "A Preliminary Study of Thermal Environment in Malaysia's Terraced House," Journal and Economic Engineering, 2011.
- [3] T. H. Karyono, Arsitektur Tropis, Jakarta: Erlangga, 2016.
- [4] V. Olgyay, Design with Climate : Bioclimatic Approach to, Princenton University Prees, 1963.
- [5] Sugini, Kenyaman Termal Ruang (Konsep Penerapan pada Desain), Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014.
- [6] Sangkertadi, Kenyaman Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab, Bandung: Alfabeta, 2013.
- [7] B. Talorosha, "Menciptakan Kenyamanan Thermal dalam Bangunan," Jurnal Sistem Teknik Industri, vol. 6, p. 148, 2005.
- [8] B. Yuumono, Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kemampuan Menahan Panas Pada Rumah Tinggal di Perumahan Wonorejo Surakarta, Semarang: Universitas Diponegoro, 2007.
- [9] D. M. Egan, Concept in Thermal Comfort, London Prentiss Hall International, 1975.
- [10] G. Lippsmeier, Bangunan Tropis, Jakarta: Erlangga, 1997.
- [11] SNI 03-6572-2001, Tata Cara Perencanaan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung, 2001.
- [12] F. Rizal, Gambar Kerja Rumah Tinggal, 2022.
- [13] BPS Kota Tangsel, "Badan Pusat Statistik Kota Tangerang Selatan," 2021. [Online]. Available: <https://tangerangkota.bps.go.id/subject/151/iklim.html#subjekViewTab3>.