

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Performa Energi pada Bangunan di Iklim Tropis

Kota Semarang memiliki iklim tropis basah yang dipengaruhi oleh pergerakan angin muson barat dan muson timur dengan suhu rata-rata sekitar 27°C . Hal ini membuat performa energi pada bangunan di iklim tropis difokuskan pada tantangan suhu udara yang tinggi, kelembapan besar, serta intensitas radiasi matahari yang stabil sepanjang tahun (Putri & Wibowo, 2026). Kondisi ini menjadikan beban pendinginan (*cooling load*) dan pencahayaan buatan sebagai komponen konsumsi energi terbesar, di mana sistem pendingin udara (AC) dapat menyerap 40% hingga 70% dari total energi listrik bangunan (Nasrullah & Hamdy, 2024). Melalui strategi konservasi energi dapat mengurangi konsumsi listrik melalui desain arsitektur yang adaptif terhadap lingkungan sekitar tanpa mengurangi standar kenyamanan termal (Nasrullah & Hamdy, 2024).

Untuk memahami lebih jelas tantangan performa energi pada bangunan di iklim tropis, perlu diuraikan aspek-aspek kunci yang memengaruhi konsumsi energi dan kenyamanan termal. Beberapa parameter utama meliputi selubung bangunan, yang dihitung menggunakan nilai OTTV untuk menilai seberapa besar panas dari luar masuk ke dalam ruang; orientasi bangunan, yang menentukan besarnya paparan radiasi matahari langsung pada fasad; alat peneduh (*shading device*), yang mengontrol penetrasi radiasi matahari; material dan isolasi, yang memengaruhi daya hambat panas; pencahayaan alami, yang mengurangi ketergantungan pada lampu listrik; sistem vegetasi, yang menurunkan suhu permukaan dinding secara alami; dan penghawaan alami, yang membantu sirkulasi udara untuk mencapai kenyamanan termal tanpa energi tambahan. Parameter-parameter tersebut kemudian dirangkum secara sistematis dalam Tabel 2.1, yang menyajikan aspek kajian, penjelasan strategi dan standar utama, serta acuan literatur, sehingga memberikan kerangka yang jelas untuk evaluasi performa energi pada bangunan tropis.

Tabel 2. 1 Aspek Performa Energi pada Bangunan di Iklim Tropis

| Aspek Kajian | Parameter / Penjelasan | Strategi & Standar Utama |
|--------------------------------------|---|---|
| Selubung Bangunan & OTTV | Mengukur besarnya perpindahan panas dari luar ke dalam bangunan melalui dinding dan kaca (SNI 03-6389-2020). | Standar: $\leq 35 \text{ Watt/m}^2$ (SNI 03-6389-2011/2020) atau $\leq 45 \text{ Watt/m}^2$ (SNI lama). |
| Parameter OTTV | Melibatkan koefisien serap dinding (α), transmitansi termal ($U\omega$), rasio jendela-dinding (WWR), koefisien peneduh (SC), dan faktor radiasi matahari (SF). (Satwiko P., 2008) | Elemen Dasar: Konduksi panas dinding masif, konduksi kaca, dan radiasi matahari melalui kaca. (SNI 03-6196-2000) |
| Orientasi Bangunan | Menentukan besarnya paparan radiasi matahari langsung pada fasad bangunan. (Rambe Y. S & Nasution A. M., 2023) | Strategi: Orientasi memanjang Utara-Selatan paling ideal untuk meminimalkan panas pada dinding tinggi di sisi Timur-Barat. (Rambe Y. S & Nasution A. M., 2023) |
| Alat Peneduh (Shading Device) | Mengontrol masuknya radiasi matahari dengan memberikan pembayangan pada bukaan. (Safitri S. H. & Zakiyah A., 2020) | Strategi: Peneduh eksternal (<i>external shading</i>) lebih efektif. <i>Vertical fin</i> sangat baik untuk sisi Timur/Barat, sementara <i>overhang</i> efektif untuk sisi Utara/Selatan. (Safitri S. H. & Zakiyah A., 2020) |
| Material & Isolasi | Pemilihan material yang memiliki daya hambat panas tinggi (<i>U-Value</i> rendah). (Rambe Y. S & Nasution A. M., 2023) | Strategi: Penggunaan kaca <i>Low-E</i> , kaca film, isolasi dinding (seperti <i>bagasse</i> atau tekstil daur ulang), dan cat warna terang/reflektif. (Rambe Y. S & Nasution A. M., 2023) |
| Pencahaya Alami (Daylighting) | Mengurangi beban energi lampu listrik dengan memanfaatkan cahaya matahari tanpa menambah panas berlebih. (Viriezky V et al., 2023) | Strategi: Penggunaan <i>light shelves</i> untuk pemerataan cahaya dan <i>clerestory</i> untuk menjangkau ruang dalam. Dapat mengurangi energi lampu hingga 54%. (Viriezky V et al., 2023) |
| Sistem Vegetasi | Pemanfaatan tanaman pada fasad atau atap untuk mendinginkan suhu | Strategi: <i>Green wall</i> atau <i>vertical garden</i> dapat menurunkan suhu permukaan dinding hingga 20% dan |

| | | |
|-------------------------|--|--|
| Penghawaan Alami | sekitar bangunan. (Yuliani S. Et al., 2025) | mereduksi perolehan panas secara signifikan. . (Yuliani S. Et al., 2025) |
| | Pergantian udara alami untuk mencapai kenyamanan termal tanpa energi tambahan. (Amin A. R. Z., 2017) | Strategi: Ventilasi silang (<i>cross ventilation</i>) dengan bukaan minimal 5% dari luas lantai untuk membuang panas berlebih. (Amin A. R. Z., 2017) |

Berdasarkan aspek-aspek performa energi yang telah diuraikan pada Tabel 2.1, penting untuk melihat bagaimana parameter-parameter tersebut diterapkan pada bangunan nyata di iklim tropis. Tabel 2.2 menyajikan studi kasus performa energi pada berbagai bangunan tropis, termasuk bangunan pendidikan, perkantoran, dan fasilitas publik, yang menyoroti penerapan OTTV, orientasi, material fasad, *shading device*, ventilasi alami, dan strategi pencahayaan alami. Dengan melihat studi kasus ini, dapat dipahami bagaimana setiap aspek performa energi memengaruhi kenyamanan termal dan konsumsi energi, serta bagaimana kombinasi strategi desain pasif dan material dapat menurunkan beban pendinginan. Dengan demikian, Tabel 2.2 berfungsi sebagai ilustrasi empiris dari konsep performa energi yang dijelaskan sebelumnya, sehingga menjadi dasar untuk merancang strategi shading dan evaluasi OTTV pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro.

Tabel 2. 2 Studi Kasus Performa Energi pada Bangunan Iklim Tropis

| Objek Studi Kasus | Fokus Kajian / Parameter | Hasil / Temuan Utama | Kesimpulan & Solusi |
|--|---|--|--|
| Museum Kota Makassar | Nilai OTTV selubung bangunan. | OTTV total mencapai 265,843 Watt/m² , sangat jauh di atas standar SNI (45 Watt/m ²). | Bangunan memiliki banyak jendela besar tanpa alat peneduh yang memadai. Diperlukan intervensi desain pasif dan aktif pada selubung bangunan sisi Utara dan Selatan |
| Gedung Perpustakaan UNS Surakarta | OTTV dan sistem vegetasi (<i>greenery</i>). | OTTV total 38,44 Watt/m² (melebihi batas 35 Watt/m ²), dengan sisi Barat | Dominasi material kaca tanpa peneduh di sisi Barat menyebabkan panas tinggi. Sistem <i>green wall</i> mampu menurunkan suhu |

| | | | |
|---|--|--|---|
| | | menyumbang panas terbesar (61,65 Watt/m ²). | permukaan hingga 20%, namun sisi Barat tetap butuh intervensi tambahan. |
| Kantor DPRK Lhokseumawe | Simulasi penggantian material kaca. | OTTV awal 43,30 Watt/m² (tidak memenuhi standar). | Setelah disimulasikan menggunakan kaca dengan <i>solar factor</i> lebih kecil (Stopsol Classic Dark Blue), nilai OTTV turun menjadi 34,69 Watt/m² dan memenuhi standar SNI. |
| Srondol Mixed-Use (RS Siloam & Mall) | OTTV Tower (RS) dan Podium (Mall). | Tower RS memiliki OTTV 28,82 Watt/m² , sedangkan Podium Mall memiliki OTTV 55,98 Watt/m² . | Tower memenuhi standar hemat energi (< 35 Watt/m ²), dan Podium juga memenuhi kriteria khusus untuk mal (< 80 Watt/m ²). |
| Swiss-Belinn Hotel Makassar | Efisiensi AC dan kenyamanan termal. | OTTV eksisting 29,45 Watt/m² (memenuhi standar). | Penggunaan <i>window film</i> dan peneduh efektif menghalangi radiasi. Simulasi modifikasi fasad (sirip horizontal/vertikal 4x2,5 m) dapat menurunkan beban pendinginan hingga 16%. |
| Integrated Learning Building (FT UI) | Material isolasi dan jenis kaca. | OTTV awal 31,49 Watt/m² . | Kombinasi isolasi tekstil/kertas daur ulang dan kaca <i>Clear IGU Low-E</i> menurunkan OTTV menjadi 24,89 Watt/m² . Penghematan energi mencapai 1,14%. |
| Gedung Menara Univ. Mercu Buana | Hubungan orientasi bangunan dan WWR. | Nilai OTTV berkisar antara 31,61 hingga 34,74 Watt/m² . | Secara keseluruhan gedung memenuhi kriteria SNI karena desain fasad yang mempertimbangkan rasio jendela. |
| Gedung Perkantoran di Jakarta (Simulasi) | Pengaruh 5 variasi desain <i>shading</i> . | Jenis peneduh paling efektif menurunkan OTTV total adalah <i>vertical fin</i> . | <i>Vertical fin</i> sangat baik untuk sisi Timur, Barat, dan Selatan. Untuk sisi Utara, peneduh jenis <i>eggcrate</i> memberikan hasil terbaik. |

Berdasarkan kajian performa energi pada bangunan di iklim tropis yang telah dibahas, baik dari aspek teori maupun studi kasus, dapat disimpulkan

bahwa beberapa parameter kunci secara konsisten memengaruhi kenyamanan termal dan efisiensi energi. Nilai OTTV menjadi indikator utama dalam menilai besarnya panas yang masuk melalui fasad, sementara orientasi bangunan dan rasio bukaan (*Window-to-Wall Ratio*) menentukan paparan radiasi matahari langsung yang diterima interior. Elemen *sun shading* dan *double skin façade* terbukti efektif menurunkan perolehan panas jika ditempatkan dan dimensi disesuaikan dengan orientasi fasad, sedangkan pemilihan material fasad dan isolasi tambahan berperan penting dalam menghambat transfer panas. Studi kasus yang dirangkum pada Tabel 2.2 menunjukkan bahwa kombinasi strategi ini dapat menurunkan OTTV, mengurangi beban pendinginan, serta meningkatkan kenyamanan termal, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada konteks spesifik bangunan, seperti orientasi, luas bukaan, dan karakter material. Dengan demikian, temuan dari studi kasus ini menegaskan bahwa optimalisasi desain fasad dan strategi *shading* harus mempertimbangkan seluruh parameter performa energi secara terpadu, agar bangunan tropis dapat mencapai keseimbangan antara kenyamanan penghuni dan efisiensi energi.

Hal ini berbeda terhadap objek penelitian ini pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro. Bangunan Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro memang menggunakan sistem *double skin facade*, tetapi ada beberapa parameter yang tidak diterapkan sesuai dengan teori sebelumnya. Bangunan ini berada pada orientasi barat laut, namun sistem *double skin facade* dapat memperoleh performa optimal pada orientasi Utara dan perlu adanya sistem peneduh pada area yang didominasi oleh material kaca. Selain itu, realisasi pembangunan terdapat penurunan spesifikasi jenis kaca yakni dari kaca Stopsol menjadi kaca Panasap. Hal ini dibuktikan pada studi kasus di atas bahwa penggunaan kaca low-e atau dengan nilai solar *factor* lebih rendah dapat menurunkan nilai OTTV.

2.2 Desain Pasif dan Strategi Fasad

Desain pasif merupakan strategi arsitektur utama yang mengutamakan pemanfaatan kondisi iklim lokal untuk meminimalkan ketergantungan pada

energi mekanis atau buatan (Putri & Wibowo, 2026). Strategi ini menempatkan "*heat gain avoidance*" (penghindaran perolehan panas) sebagai pendekatan tingkat pertama dalam proses perancangan bangunan berkelanjutan (Lechner, 2015). Tujuan utama desain pasif adalah untuk menurunkan beban panas secara signifikan, menjaga kenyamanan termal, serta mengoptimalkan distribusi pencahayaan alami demi kesehatan dan produktivitas penghuni (Putri & Wibowo, 2026). Hubungannya dengan iklim tropis lembap, seperti di Indonesia, sangat krusial karena wilayah ini memiliki tantangan berupa suhu udara dan kelembapan yang tinggi, serta intensitas radiasi matahari yang stabil sepanjang tahun (Naufal et al., 2024). Parameter utama dalam desain pasif di wilayah ini mencakup pengendalian radiasi matahari langsung melalui selubung bangunan dan pemanfaatan sirkulasi udara alami untuk mendinginkan ruang interior secara pasif (Putri & Wibowo, 2026).

2.2.1 Elemen Fasad

Fasad bangunan berfungsi sebagai penghalang fisik krusial antara lingkungan internal dan eksternal yang mengontrol pertukaran panas, melindungi dari cuaca, serta mengatur masuknya pencahayaan alami (*daylighting*) dan ventilasi (Rambe et al., 2023). Secara umum, fasad terdiri dari elemen masif seperti dinding padat (bata atau beton) yang menghantarkan panas melalui konduksi, serta elemen transparan seperti jendela kaca yang menyumbangkan panas melalui radiasi dan konduksi (Safitri & Zakiah, 2020). Inovasi fasad seperti *Double Skin Façade* (DSF) menggunakan konstruksi multi-lapis dengan rongga udara untuk meningkatkan insulasi termal dan akustik (Hendrik & Tualaka, 2023). Parameter performa fasad sangat dipengaruhi oleh nilai *U-value* (transmitansi termal material), *SHGC* (*Solar Heat Gain Coefficient*) yang mengukur radiasi panas melalui kaca, serta nilai *absorptance* (daya serap) dan *reflectance* (daya pantul) permukaan luar (Naufal et al., 2024). Selain material, efek orientasi bangunan yang memanjang ke arah Utara-Selatan sangat direkomendasikan untuk meminimalkan paparan panas matahari pada dinding tinggi, sementara rasio bukaan jendela (*Window-to-Wall Ratio*, WWR) harus diatur secara cermat karena peningkatan WWR secara

langsung meningkatkan beban panas dan kebutuhan energi pendinginan (Naufal et al., 2024).

2.2.2 Integrasi Desain Pasif dengan Performa Energi

Implementasi arsitektur berkelanjutan di wilayah tropis lembap menempatkan strategi desain pasif sebagai fondasi utama dalam menekan konsumsi energi, mengingat sektor bangunan menyerap lebih dari 50% energi global terutama untuk kebutuhan beban pendinginan (Yuliani et al., 2025). Pendekatan ini memprioritaskan penghindaran perolehan panas (*heat gain avoidance*) melalui optimalisasi elemen selubung bangunan guna mencapai kenyamanan termal dan visual tanpa ketergantungan berlebih pada sistem mekanikal atau energi buatan (Safitri & Zakiah, 2020). Keberhasilan efisiensi energi bangunan sangat bergantung pada integrasi sinergis antar berbagai parameter desain, mulai dari penentuan orientasi massa yang tepat, pengaturan rasio bukaan jendela (*WWR*), penggunaan peneduh eksternal (*shading device*), hingga pemilihan material dengan transmitansi termal (*U-Value*) yang rendah (Naufal et al., 2024). Seluruh parameter tersebut bekerja secara terpadu untuk membentuk *performance envelope* atau rentang performa energi yang terukur melalui nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV), sesuai dengan ambang batas hemat energi yang ditetapkan dalam standar SNI 03-6389-2020 (Safitri & Zakiah, 2020). Untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai keterkaitan antar elemen tersebut, tabel 2.3 akan menyajikan studi kasus integrasi strategi desain pasif beserta dampaknya terhadap performansi energi bangunan tropis.

Tabel 2. 3 Studi Kasus Integrasi Desain Pasif pada Performa Energi

| Strategi Desain Pasif | Parameter / Elemen Utama | Dampak Terhadap Performansi Energi | Standar / Target Acuan |
|----------------------------|--|--|--|
| Optimasi Selubung Bangunan | Nilai OTTV (Overall Thermal Transfer Value). | Menentukan besarnya perolehan panas eksternal; nilai rendah mengurangi beban kerja AC secara signifikan. | $\leq 35 \text{ Watt/m}^2$ (SNI 03-6389-2020). |

| | | | |
|--|---|--|---|
| Orientasi Massa Bangunan | Sumbu memanjang Utara-Selatan. | Meminimalkan paparan radiasi matahari sore yang terik pada fasad Barat dan Timur yang luas. | Meminimalkan Solar Factor (SF) tertinggi di sisi Barat (243 W/m ²). |
| Rasio Jendela-Dinding (WWR) | Window-to-Wall Ratio diferensial. | WWR tinggi pada sisi yang salah meningkatkan beban panas radiasi hingga 70-85% dari total OTTV. | WWR rendah pada sisi Timur-Barat; WWR sedang pada Utara-Selatan. |
| Sistem Peneduhan (Shading) | Vertical fin, horizontal overhang, eggcrate. | Menghalangi radiasi sebelum mencapai kaca; peneduh optimal dapat mengurangi beban pendinginan tahunan sebesar 16% hingga 24,1%. | Vertical fin untuk sisi Timur-Barat; Eggcrate terbaik khusus sisi Utara. |
| Material Isolasi Dinding | Nilai U-Value material (misal: serat tekstil daur ulang, bagasse). | Menurunkan konduksi panas melalui dinding masif; kombinasi isolasi daur ulang dapat menurunkan OTTV hingga 6,6 Watt/m ² . | Semakin rendah konduktivitas termal material, semakin baik performa energinya. |
| Jenis Kaca Fenestrasi | Kaca Low-E, Solar Heat Gain Coefficient (SHGC), dan Visible Transmittance (VT). | Meminimalkan panas radiasi (SHGC rendah) tanpa mengorbankan masuknya cahaya alami (VT tinggi). | Kaca ganda (IGU) atau film low-e sangat disarankan untuk menurunkan U-value kaca jendela. |
| Pencahayaan Alami (Daylighting) | Light shelves, Clerestory, dan sistem dimming aktif. | Mengurangi ketergantungan lampu listrik; integrasi peneduh dan kontrol lampu otomatis dapat mereduksi energi pencahayaan hingga 54%. | Rata-rata intensitas cahaya minimal 350 Lux untuk ruang kerja/kelas. |
| Sistem Vegetasi Fasad | Green wall atau vertical garden. | Mampu menurunkan suhu permukaan dinding luar hingga 20% melalui pembayangan alami dan evaporasi. | Reduksi beban termal selubung bangunan secara keseluruhan. |

| | | | |
|---------------------------------|---|--|---|
| Double Skin Façade (DSF) | Kedalaman rongga udara (celah) dan kulit kedua. | Menciptakan zona penyangga (buffer zone); kedalaman rongga 1 meter dapat menurunkan suhu interior sebesar 3°C. | Paling optimal ditempatkan pada orientasi Utara atau Barat. |
|---------------------------------|---|--|---|

Integrasi desain pasif seperti pada tabel 2.3 berfungsi untuk membentuk *performance envelope* atau rentang performa energi dasar yang efisien. Ketika strategi pasif seperti orientasi, WWR, dan peneduhan sudah dioptimalkan, sistem aktif (otomatisasi AC dan lampu) akan bekerja lebih ringan karena hanya perlu menjaga sirkulasi udara dan kenyamanan pada beban panas yang sudah minimal. Simulasi awal menunjukkan bahwa pengoptimalan parameter desain pasif dapat menekan konsumsi energi harian bangunan hingga mencapai kategori beban sangat rendah (misal: ≤ 25 kWh/hari pada model bangunan kecil).

2.3 Overall Thermal Transfer Value (OTTV)

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) adalah suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan atau menggunakan sistem pendingin (AC) (Naufal et al., 2024). Secara teoritis, nilai ini mengukur besarnya perpindahan panas rata-rata dari lingkungan luar ke dalam ruangan melalui elemen selubung bangunan (Safitri & Zakiah, 2020). Konsep OTTV mencakup tiga elemen dasar perpindahan panas, yaitu radiasi matahari melalui kaca, konduksi panas melalui dinding tidak tembus cahaya (opaque), dan konduksi panas melalui jendela kaca (Naufal et al., 2024). Sebagai standar efisiensi energi di Indonesia, bangunan dikategorikan hemat energi jika nilai OTTV-nya tidak melebihi ambang batas yang ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu sebesar 35 Watt/m² menurut SNI 03-6389-2020.

Penentuan nilai OTTV suatu fasad bangunan sangat bergantung pada berbagai parameter fisik material dan kondisi lingkungan, yang dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$OTTV = \alpha[U_w \times (1 - WWR) \times TDek + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF)]$$

Penjelasan mengenai parameter utama yang memengaruhi perhitungan tersebut akan dijelaskan dalam tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Parameter Perhitungan Nilai OTTV

| Nama Parameter | Penjelasan dan Pengaruhnya |
|--|---|
| Absorbtansi Radiasi Matahari (α) | Koefisien serap radiasi matahari pada permukaan luar dinding masif. Nilainya dipengaruhi oleh warna dan jenis material finishing; warna gelap memiliki nilai α yang lebih tinggi dibandingkan warna terang. |
| Transmitansi Termal Dinding Masif (U_w) | Kemampuan dinding yang tidak tembus cahaya (seperti bata atau beton) untuk menghantarkan panas secara konduksi. Nilai ini ditentukan oleh komposisi lapisan material penyusun dinding. |
| Window-to-Wall Ratio (WWR) | Perbandingan antara luas jendela atau bukaan transparan dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu. Semakin besar WWR , semakin besar pula radiasi panas yang masuk ke dalam bangunan. |
| Beda Temperatur Ekuivalen ($TDek$) | Nilai perbedaan suhu yang dipengaruhi oleh tipe konstruksi, massa, densitas, lokasi, dan orientasi bangunan. Konstruksi yang lebih berat biasanya memiliki nilai $TDek$ yang lebih kecil |
| Shading Coefficient (Koefisien Peneduh) (SC) | Rasio perolehan panas melalui sistem fenestrasi dibandingkan dengan kaca bening standar. Nilai ini merupakan hasil perkalian antara SC material kaca (SC_k) dengan SC efektif dari alat peneduh luar (SC_{ef}). |
| Solar Factor (Faktor Radiasi Matahari) (SF) | Laju rata-rata radiasi matahari yang mengenai permukaan bangunan. Besaran nilai ini sangat bergantung pada arah orientasi mata angin (Utara, Timur, Selatan, Barat, dsb). |
| Transmitansi Termal Fenestrasi (U_f) | Kemampuan material kaca atau bukaan transparan untuk menghantarkan panas secara konduksi. Penggunaan kaca ganda (double glass) atau Low-E dapat memperkecil nilai U_f ini. |
| Beda Temperatur Perencanaan (ΔT) | Selisih suhu antara bagian luar dan bagian dalam bangunan yang ditetapkan dalam perancangan. Sesuai standar SNI, nilai ini biasanya ditetapkan sebesar 5 Kelvin (5 K). |

Berbagai penelitian telah mengaplikasikan OTTV untuk mengevaluasi performa termal bangunan tropis. Suryansyah et al. (2024) menghitung OTTV pada Kantor DPRK Lhokseumawe dan menemukan bahwa nilai eksisting melebihi standar SNI 03-6389-2011, sehingga disarankan intervensi fasad berupa penggantian kaca atau penambahan *shading*. Penelitian Hadini et al., (2023) menunjukkan bahwa penggunaan material fasad seperti kaca Low-E dan insulasi tambahan dapat menurunkan nilai OTTV hingga di bawah ambang batas standar nasional, sekaligus mengurangi beban pendinginan. Hasil-hasil studi ini menegaskan bahwa OTTV bukan hanya alat evaluasi, tetapi juga menjadi dasar rekomendasi desain fasad dan *shading* yang optimal, yang selaras dengan tujuan penelitian ini untuk menghasilkan desain implementatif pada Gedung Fakultas Psikologi UNDIP.

Dengan demikian, pemahaman komponen OTTV dan parameter yang memengaruhinya menjadi sangat penting dalam merancang strategi *shading* yang efektif, mengurangi beban panas, dan meningkatkan kenyamanan *thermal* pada bangunan tropis. Pendekatan OTTV juga menjadi acuan untuk menyusun rekomendasi desain yang dapat diterapkan secara praktis, termasuk modifikasi fasad, elemen *shading*, dan orientasi bangunan.

2.4 Elemen Sun Shading dan Tipe-tipe Shading Device

Elemen *sun shading* merupakan bagian dari strategi desain pasif yang berfungsi mengendalikan radiasi matahari langsung sebelum mencapai bidang bukaan dan permukaan fasad bangunan. Dalam kajian performa energi bangunan, *fixed external shading devices* masih dipandang sebagai elemen arsitektural yang penting karena dapat meningkatkan kinerja energi bangunan melalui perubahan kecil pada parameter desain, seperti orientasi fasad, kedalaman peneduh, jenis bukaan, dan konfigurasi peneduh itu sendiri (Kalfa & Sena, 2021). Pada bangunan beriklim panas, penggunaan *shading* menjadi relevan karena paparan matahari yang tinggi berkontribusi pada peningkatan beban pendinginan dan ketidaknyamanan termal (Alwetaishi et al., 2021).

Secara operasional, *sun shading* dalam penelitian ini didefinisikan sebagai elemen peneduh eksternal yang dipasang pada fasad bangunan untuk mengurangi intensitas radiasi matahari yang masuk melalui fenestrasi. Keberadaan *shading device* berkaitan langsung dengan nilai *shading coefficient* (SC), yaitu salah satu komponen utama dalam perhitungan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV). Berdasarkan SNI 6389:2020, nilai OTTV untuk selubung bangunan tidak boleh melebihi 35 W/m^2 , dan perhitungannya melibatkan variabel absorptansi radiasi matahari, transmitansi termal dinding, rasio jendela terhadap dinding, faktor radiasi matahari, koefisien peneduh, serta transmitansi termal fenestrasi (Badan Standardisasi Nasional, 2020). Dengan demikian, pengendalian radiasi matahari melalui desain *sun shading* memiliki pengaruh langsung terhadap penurunan nilai OTTV.

Berdasarkan karakteristik geometrinya, *shading device* dapat dibedakan menjadi beberapa tipe utama, yaitu peneduh horizontal (*overhang*), peneduh vertikal (*vertical fins*), kombinasi horizontal-vertikal seperti *egg-crate*, serta sistem *louver* atau peneduh dinamis. Dalam studi pada bangunan beriklim panas-lembap, penyediaan *shading* pada fasad timur dan barat cenderung memberikan penghematan energi yang lebih besar karena kedua orientasi tersebut menerima radiasi matahari dengan sudut datang rendah dan intensitas yang tinggi pada pagi serta sore hari (Khin et al., 2016). Pada saat yang sama, berbagai studi menunjukkan bahwa efektivitas *shading* sangat dipengaruhi oleh orientasi, jenis kaca, kedalaman peneduh, dan strategi desain keseluruhan fasad (Kalfa & Sena, 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa desain *sun shading* memiliki pengaruh signifikan terhadap performa energi bangunan. Gupta & Deb (2023) menyatakan bahwa integrasi desain selubung bangunan, termasuk *shading*, WWR, dan jenis kaca, dapat menghasilkan penghematan energi yang signifikan pada bangunan di iklim tropis. Selain itu, (Kusumawati & Setyowati, 2021) mengembangkan pendekatan empiris dalam perhitungan OTTV yang memasukkan parameter *effective shading coefficient*, yang menunjukkan bahwa

dimensi dan konfigurasi *shading* seperti kedalaman *overhang* dan jarak antar *vertical fins* berpengaruh langsung terhadap nilai OTTV. Studi lain oleh Syafutri et al. (2023) menegaskan bahwa perhitungan OTTV berbasis SNI 6389:2020 dapat digunakan sebagai alat evaluasi kuantitatif dalam menilai efektivitas desain fasad, termasuk elemen *shading*, terhadap kinerja termal bangunan.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa *vertical fins* merupakan salah satu tipe *shading device* yang memiliki performa sangat baik, khususnya pada orientasi dengan sudut datang matahari rendah. Alwetaishi et al. (2021) menyatakan bahwa *vertical shading systems* lebih efektif dalam menghasilkan pembayangan pada bangunan di wilayah panas. Temuan ini didukung oleh Yin & Muhieldeen (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan *vertical shading* mampu meningkatkan performa ventilasi alami bangunan, serta oleh Brzezicki (2024) yang menemukan bahwa sistem *vertical fins* dapat meningkatkan kualitas pencahayaan alami dan mengurangi potensi silau (*glare*). Hal ini menunjukkan bahwa *vertical fins* tidak hanya efektif dalam aspek termal, tetapi juga dalam aspek visual dan kualitas lingkungan dalam ruang.

Namun demikian, literatur juga menunjukkan bahwa *vertical fins* tidak selalu menjadi yang paling unggul dalam semua kondisi. Khin et al. (2016) menemukan bahwa pada iklim *hot-humid* Malaysia, *egg-crate shading* menghasilkan penghematan pendinginan tahunan yang lebih tinggi dibandingkan *vertical* dan *horizontal shading*, sedangkan Kalfa & Sena (2021) melaporkan bahwa pada simulasi mereka, *horizontal louvers* merupakan tipe yang paling efektif. Temuan ini menunjukkan bahwa performa *shading* bersifat kontekstual dan sangat dipengaruhi oleh orientasi fasad serta karakter iklim setempat. Karena itu, *vertical fins* lebih tepat diposisikan sebagai solusi yang sangat potensial untuk fasad tertentu, terutama fasad dengan paparan matahari sudut rendah, bukan sebagai solusi universal untuk seluruh orientasi bangunan.

Dalam konteks penelitian ini, Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro yang berorientasi barat laut menerima paparan radiasi matahari

yang cukup tinggi pada periode tertentu, sehingga *vertical fins* menjadi alternatif yang layak untuk diuji lebih lanjut. Secara operasional, variabel bebas dalam penelitian ini adalah desain *sun shading*, yang mencakup tipe, dimensi, dan konfigurasi pemasangan pada fasad; sedangkan variabel terikatnya adalah nilai OTTV yang dihitung berdasarkan parameter SNI 6389:2020. Hubungan antarvariabel tersebut bersifat kausal, yaitu semakin efektif desain *shading* dalam menghalangi radiasi matahari, semakin kecil nilai SC yang digunakan dalam perhitungan OTTV, dan semakin rendah pula nilai OTTV yang dihasilkan.

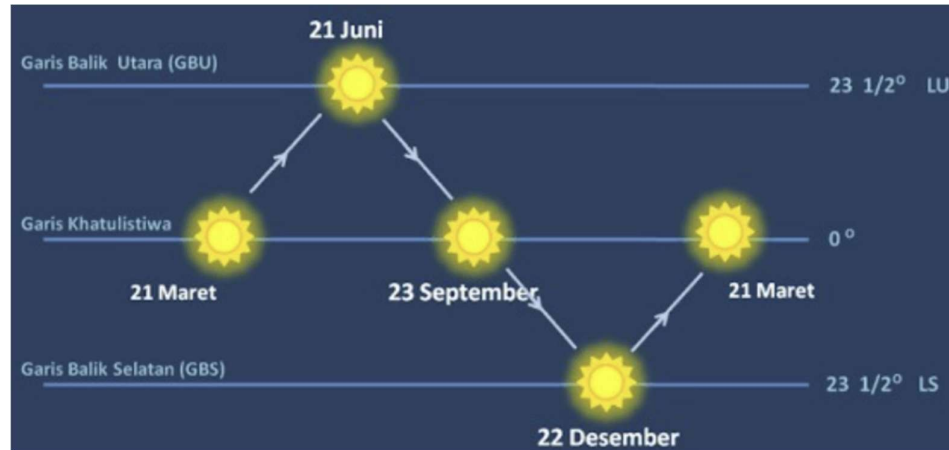
2.5 Lintasan Matahari Tahunan dan Pengaruhnya terhadap Fasad

Bangunan

Pemahaman mengenai lintasan matahari tahunan merupakan dasar penting dalam menentukan orientasi fasad yang paling kritis terhadap penerimaan beban panas. Posisi matahari pada setiap saat ditentukan oleh dua sudut utama, yaitu sudut azimut dan sudut elevasi (*altitude*). Sudut azimut menunjukkan arah horizontal matahari relatif terhadap titik utara, sedangkan sudut elevasi menggambarkan ketinggian matahari di atas horizon. Kedua parameter ini berubah secara periodik sesuai dengan posisi bumi dalam orbitnya mengelilingi matahari, sehingga membentuk pola lintasan matahari yang berbeda pada setiap tanggal dan lokasi geografis (Lechner, 2015).

Di wilayah tropis seperti Indonesia, deklinasi matahari yaitu sudut antara ekuator langit dan bidang ekliptika bergerak antara $+23,5^\circ$ (titik balik matahari Utara/ *summer solstice*, sekitar 21 Juni) dan $-23,5^\circ$ (titik balik matahari Selatan/ *winter solstice*, sekitar 21 Desember) (lihat Gambar 2.1). Pada saat deklinasi positif maksimum, matahari bergerak pada busur yang condong ke utara, sehingga fasad yang menghadap arah barat laut hingga utara menerima paparan sinar matahari langsung dengan sudut datang yang lebih rendah pada sore hari. Sudut datang yang rendah ini menyebabkan radiasi solar

menembus lebih jauh ke dalam ruangan melalui bukaan vertikal dibandingkan saat matahari berada pada elevasi tinggi (Szokolay, 2004).



Gambar 2. 1 Diagram Gerak Semu Tahunan Matahari, Buku Siswa IPA Kelas VII, Kemendikbud RI

Kondisi kritis puncak yang paling membebani fasad barat laut terjadi pada sekitar bulan Juni, yaitu ketika deklinasi matahari berada pada nilai positif tertinggi. Pada periode ini, matahari terbenam pada azimuth yang berada di kuadran barat laut, sehingga fasad yang menghadap ke arah tersebut menerima paparan radiasi langsung dengan durasi yang lebih panjang dan sudut datang yang lebih miring dibandingkan bulan lainnya. Paparan pada sore hari dengan sudut elevasi rendah ini memiliki intensitas yang lebih tinggi dari sudut pandang beban termal fasad vertikal, karena komponen radiasi horizontal (*diffuse*) lebih kecil sementara komponen radiasi langsung (*direct*) lebih besar (ASHRAE, 2017).

Berdasarkan data lintasan matahari untuk Kota Semarang ($-6,99^{\circ}$ LS, $110,42^{\circ}$ BT), fasad yang menghadap barat laut menghadapi kondisi kritis tahunan yang paling berat justru pada periode Juni–Juli, ketika matahari berada di belahan langit utara. Hal ini berbeda dengan asumsi umum bahwa sisi selatan selalu paling kritis di belahan bumi selatan, karena pada periode deklinasi positif, bangunan di garis lintang rendah seperti Semarang justru menerima paparan paling intensif pada sisi barat hingga barat laut menjelang terbenam

(Givoni, 1998). Oleh karena itu, analisis puncak beban termal pada fasad barat laut perlu didasarkan pada tanggal sekitar solstis Juni sebagai kondisi kritis tahunan, yang kemudian dikonfirmasi melalui simulasi *sunpath*.

Pemahaman atas prinsip gerak matahari tahunan ini menjadi landasan dalam menentukan tanggal simulasi, memilih orientasi yang diprioritaskan, serta merancang geometri *sun shading* yang mampu memberikan perlindungan optimal pada periode beban panas tertinggi.

2.6 Studi Preseden

Studi preseden dalam penelitian ini digunakan untuk mengkaji bangunan terbangun yang telah memperoleh sertifikasi bangunan hijau dan memiliki data evaluasi OTTV sebagai dasar perbandingan desain. Melalui studi preseden, penulis dapat mengidentifikasi strategi selubung bangunan yang berhasil menurunkan perolehan panas, khususnya melalui pengaturan bukaan, penggunaan jenis kaca, penerapan *shading device*, dan pengendalian orientasi fasad. Hasil kajian terhadap preseden tersebut kemudian menjadi acuan dalam merumuskan alternatif desain *sun shading* pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro, sehingga rekomendasi yang dihasilkan tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga didukung oleh contoh penerapan pada bangunan yang telah terbukti memenuhi kriteria konservasi energi.

2.6.1 Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR)

Gedung Utama Kementerian PUPR merupakan bangunan terbangun yang memperoleh sertifikasi GREENSHIP Platinum dari *Green Building Council* Indonesia (GBCI) dan ditampilkan sebagai bangunan pemerintah pertama di Indonesia yang berhasil memperoleh sertifikasi bangunan hijau. Bangunan ini menjadi preseden penting karena menunjukkan bahwa kinerja termal selubung bangunan dapat dicapai secara optimal melalui integrasi strategi fasad, material, dan sistem bangunan yang efisien (*Green Building Council* Indonesia [GBCI], 2018).

Berdasarkan laporan GBCI, bangunan ini memiliki nilai OTTV sebesar 28 W/m^2 , sehingga berada di bawah batas maksimum yang dipersyaratkan dalam standar konservasi energi selubung bangunan.

Pencapaian nilai tersebut didukung oleh penggunaan ukuran jendela yang optimal, kaca low-E, insulasi dinding, serta perangkat peneduh reflektif untuk mengendalikan beban panas dan mengoptimalkan pencahayaan alami. Dengan demikian, preseden ini menunjukkan bahwa penurunan OTTV yang signifikan dapat dicapai melalui pengendalian bukaan dan penguatan performa fasad terhadap radiasi matahari.

Secara analitis, preseden ini memperlihatkan bahwa strategi penurunan OTTV tidak hanya bergantung pada pemilihan material kaca, tetapi juga pada kombinasi antara ukuran bukaan, peneduh fasad, dan pengendalian cahaya alami. Untuk konteks penelitian ini, temuan tersebut relevan karena menunjukkan bahwa desain *sun shading* harus diposisikan sebagai bagian dari sistem fasad yang terintegrasi, bukan sebagai elemen tambahan yang berdiri sendiri.



Gambar 2. 2 Gedung Utama Kementerian PUPR

2.6.2 Gedung Auditorium Universitas Brawijaya

Gedung Auditorium Universitas Brawijaya ditampilkan dalam dokumen resmi penilaian kinerja Bangunan Gedung Hijau (BGH) Kementerian PUPR sebagai bangunan yang berada pada kategori peringkat Utama. Dalam dokumen tersebut, bangunan ini disebut bersama beberapa bangunan lain

dalam daftar infrastruktur prasarana strategis yang telah mendapatkan peringkat BGH, dan dijelaskan pada bagian “Mengapa bisa Utama?” sebagai contoh bangunan dengan kinerja termal yang sangat baik (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat [PUPR], 2024).

Bangunan ini memiliki OTTV sebesar $18,68 \text{ W/m}^2$ dan RTTV sebesar $8,37 \text{ W/m}^2$, sehingga nilai perpindahan panas ke dalam bangunan dinyatakan sangat kecil. Pada dokumen yang sama, faktor yang ditekankan sebagai penyebab kinerja baik tersebut adalah rasio luasan ventilasi sebesar 5,9%, didukung oleh *exhaust fan* dan *roof ventilator*, serta pemisahan pengelompokan lampu berdasarkan area yang terkena cahaya alami dengan bantuan sensor *photoelectric*. Dengan demikian, preseden ini memperlihatkan bahwa OTTV rendah dapat dicapai melalui kombinasi pengendalian bukaan, penghawaan, dan pengaturan pencahayaan berbasis kebutuhan ruang.

Berdasarkan informasi resmi yang tersedia, preseden ini lebih menonjolkan strategi ventilasi dan kontrol pencahayaan dibandingkan rincian material kaca atau sistem *shading*. Karena itu, analisis preseden ini penting bagi penelitian karena menunjukkan bahwa kinerja termal bangunan tidak hanya ditentukan oleh fasad kaca, tetapi juga oleh bagaimana bukaan dan sistem pendukung bangunan diatur untuk menjaga transfer panas tetap rendah.



Gambar 2. 3 Gedung Auditorium Universitas Brawijaya

2.6.3 DUSASPUN Gunung Putri

DUSASPUN Gunung Putri merupakan bangunan perkantoran empat lantai yang memperoleh sertifikasi GREENSHIP *New Building Platinum*. Dalam laporan GBCI, bangunan ini digambarkan sebagai kantor yang memprioritaskan kesehatan dan kenyamanan penghuni sekaligus menekan biaya operasional, dan pada saat itu memperoleh poin tertinggi untuk bangunan baru dalam sistem GREENSHIP (*Green Building Council* Indonesia [GBCI], 2018).

Nilai OTTV bangunan ini tercatat sebesar 31 W/m², sehingga masih berada di bawah ambang batas konservasi energi. Pencapaian tersebut didukung oleh optimalisasi ukuran jendela, penggunaan kaca low-E, dan insulasi dinding untuk mengurangi beban pendingin. Selain itu, kinerja energi bangunan juga diperkuat oleh sistem VRF yang efisien, penggunaan lampu hemat energi, serta sensor pencahayaan alami yang membantu menyesuaikan kebutuhan penerangan buatan terhadap kondisi cahaya siang hari.

Dari preseden ini dapat disimpulkan bahwa OTTV yang rendah dicapai bukan hanya melalui satu elemen fasad, melainkan melalui sinergi antara selubung bangunan, sistem pencahayaan, dan sistem tata udara. Dengan demikian, bangunan ini relevan sebagai acuan karena memperlihatkan bahwa kontrol terhadap ukuran bukaan dan kualitas material fasad berpengaruh langsung terhadap performa termal bangunan.



Gambar 2. 4 DUSASPUN Gunung Putri

Berdasarkan hasil kajian studi preseden pada beberapa bangunan yang telah tersertifikasi bangunan hijau, dapat disimpulkan bahwa pencapaian nilai OTTV yang rendah dipengaruhi oleh penerapan strategi desain selubung bangunan yang terintegrasi, meliputi pengendalian proporsi bukaan, pemilihan material kaca berperforma tinggi, serta penerapan elemen peneduh yang responsif terhadap kondisi iklim. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian perpindahan panas tidak hanya bergantung pada satu parameter, melainkan pada sinergi antara berbagai elemen desain pasif yang bekerja secara simultan.

2.7 Literature Review

Studi literatur dalam penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk memperkuat landasan teoritis serta mendukung analisis terhadap variabel-variabel yang berkaitan dengan kinerja termal selubung bangunan. Melalui kajian terhadap berbagai sumber ilmiah, baik berupa jurnal nasional terakreditasi maupun jurnal internasional bereputasi, penelitian ini berupaya mengidentifikasi konsep, metode, serta temuan empiris yang relevan dengan optimalisasi desain *sun shading* dalam menurunkan nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) pada bangunan di iklim tropis.

Kajian literatur difokuskan pada beberapa aspek utama, yaitu konsep dasar OTTV sebagai parameter evaluasi performa termal selubung bangunan, prinsip desain pasif dalam pengendalian radiasi matahari, karakteristik material selubung bangunan, serta efektivitas berbagai tipe *shading device* dalam mereduksi beban panas. Selain itu, studi ini juga mencakup hasil penelitian terdahulu yang mengkaji hubungan antara orientasi bangunan, *window-to-wall ratio* (WWR), jenis kaca, serta konfigurasi *sun shading* terhadap nilai OTTV.

Dengan mengkaji berbagai literatur tersebut, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kinerja termal bangunan, sehingga dapat dirumuskan pendekatan desain yang lebih optimal dan kontekstual. Hasil dari studi literatur ini selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan variabel penelitian, metode analisis, serta pengembangan alternatif desain *sun shading* pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro.

Untuk memperkuat landasan teoritis penelitian, dilakukan kajian terhadap berbagai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik performa selubung bangunan, *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV), kenyamanan termal, penghawaan alami, strategi desain pasif, dan arsitektur berkelanjutan. Ringkasan hasil studi literatur disajikan dalam Tabel 2.5, 2.6, dan 2.7.

Tabel 2. 5 Studi Literatur Performa Selubung Bangunan dan OTTV

| Performa Selubung Bangunan dan OTTV | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|--|
| No | Nama Author | Kategori Referensi | Judul | Tujuan Penelitian | Metode | Hasil |
| 1 | (Kusumawati & Setyowati, 2021) | Jurnal Internasional (Sustainability) | <i>Practical-Empirical Modeling on Envelope Design towards Sustainability in Tropical Architecture</i> | Memperkenalkan persamaan sederhana sebagai formula empiris untuk menghitung SF, SCeff, dan OTTV pada tahap awal desain. | Analisis regresi menggunakan 300 unit model fasad arsitektural. | Menghasilkan formula praktis yang memudahkan desainer non-ahli dalam menentukan arah desain bangunan hemat energi. |
| 2 | (Syafutri et al., 2023) | Jurnal Internasional (IJASTE) | <i>Developing The Building Envelope Thermal Transfer Value Calculator Based on BIM-VPL Framework</i> | Mengembangkan kalkulator OTTV otomatis berdasarkan SNI 6389:2020 menggunakan framework BIM-VPL. | Pengembangan formula dan 11 script menggunakan Autodesk Revit 2019 dan Autodesk Dynamo 2.2. | Terciptanya alat hitung semi-otomatis yang meningkatkan efektivitas proses evaluasi selubung bangunan dan mengurangi risiko <i>human error</i> . |
| 3 | (Khin et al., 2016) | Jurnal Internasional (IJSBE) | <i>Potential of shading devices and glazing configurations on cooling energy savings for high-rise office</i> | Menyelidiki potensi tiga jenis alat peneduh terhadap penghematan energi pendinginan pada | Simulasi termal bangunan menggunakan software IES (VE) pada 20 model simulasi gedung kantor. | Penggunaan peneduh pada kaca <i>low-e</i> menghemat energi 1,0%–3,4%. Jika diterapkan di seluruh sisi, |

| | | | | | | |
|---|-----------------------|---|--|---|---|--|
| 4 | (Kalfa & Sena, 2021) | Jurnal Internasional (Jobe) | <i>buildings in hot-humid climates</i> <i>The effects of shading devices on office building energy performance in Mediterranean climate regions</i> | berbagai orientasi dan konfigurasi kaca. Melakukan evaluasi komprehensif terhadap berbagai skenario alat peneduh luar tetap untuk efisiensi energi kantor. | Simulasi energi dinamis dengan DesignBuilder pada 1485 skenario parameter desain. | penghematan mencapai 5,0%–9,9%. Skenario terbaik mengurangi konsumsi energi pendinginan hingga 49% (kaca performa tinggi) dan konsumsi energi tahunan hingga 70%. |
| 5 | (Naufal et al., 2024) | Jurnal Nasional (Universitas Muslim Indonesia) | Analisis OTTV sebagai Pendekatan Arsitektur Hemat Energi pada Selubung Museum Kota Makassar | Menghitung nilai OTTV museum untuk menilai tingkat kenyamanan dan efisiensi energi. | Metode kuantitatif dengan penghitungan rumus OTTV sesuai standar literatur. | Nilai OTTV museum mencapai 265,84 W/m ² , jauh di atas ambang batas standar, sehingga memerlukan intervensi pada bukaan jendela. |
| 6 | (Hidayat, 2022) | Jurnal Nasional (Metrik Serial Teknologi dan Sains) | Studi Overall Thermal Transfer Value (OTTV) di Gedung Kampus Universitas | Mengevaluasi nilai OTTV dan upaya konservasi energi pada gedung universitas. | Perhitungan kuantitatif berdasarkan parameter SNI 03-6389-2000. | Nilai OTTV sangat dipengaruhi oleh orientasi dan besaran WWR; semakin kecil WWR, semakin kecil pula beban panas yang masuk. |

| | | | | | | |
|----|--------------------------|---|---|--|--|---|
| 7 | (Hadini et al., 2023) | Jurnal Nasional (ARTEKS) | <i>Heat gain reduction and cooling energy minimization through building envelope material</i> | Mengurangi beban panas dan meminimalkan energi pendinginan melalui intervensi material selubung. | Simulasi performa bangunan pada Gedung Integrated Learning (ILB) FTUI. | Intervensi pada material kaca dan insulasi dinding efektif mengurangi total <i>heat gain</i> secara signifikan. |
| 8 | (Safitri & Zakiah, 2020) | Seminar Nasional (Sustainability in Architecture) | Pengaruh Desain Shading Bangunan Terhadap Nilai OTTV Melalui Studi Preseden | Mencari desain <i>shading</i> paling efektif untuk menurunkan nilai OTTV di Indonesia. | Simulasi menggunakan EnergyPlus 8.4 dan SketchUp Legacy OpenStudio pada 5 model preseden. | Jenis <i>shading vertical fin</i> adalah yang paling optimal dalam menurunkan nilai OTTV total dibandingkan jenis lainnya. |
| 9 | (Yuliani et al., 2025) | Jurnal Internasional (SSRG-IJCE) | Energy-Efficient Design of Building Envelopes for Multi-Story Buildings in Tropical Climates | Menginvestigasi performa termal selubung gedung bertingkat menggunakan parameter OTTV. | Perhitungan kuantitatif OTTV pada fasad Barat Gedung Perpustakaan UNS Surakarta. | Optimalisasi WWR dan material kaca menurunkan nilai OTTV dari 56,66 W/m ² menjadi 32,48 W/m ² (memenuhi standar SNI). |
| 10 | (Setiani et al., 2000) | Jurnal (Arsir) | PERHITUNGAN OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE (OTTV) PADA SELUBUNG BANGUNAN (Studi | Mengevaluasi apakah desain selubung bangunan (podium dan menara) memenuhi kriteria hemat energi | Pendekatan kuantitatif melalui perhitungan teknis nilai OTTV pada setiap orientasi dinding bangunan. | Bangunan Rumah Sakit Siloam (Tower) dan area perbelanjaan (Podium) dinyatakan telah memenuhi kriteria bangunan hemat energi |

| | | | | | | |
|----|---------------------------|---------------|---|--|--|--|
| 11 | (Suryansyah et al., 2024) | Jurnal (JITU) | Kasus: Podium dan Tower Rumah Sakit Siloam pada Proyek Spondol Mixed-Use Development) Perhitungan OTTV (Overall Thermal Transfer Value) Pada Kantor DPRK Lhokseumawe | sesuai standar SNI 03-6389-2000. Menganalisis nilai OTTV pada gedung perkantoran untuk memastikan kepatuhan terhadap standar efisiensi energi SNI 03-6389-2020. | Perhitungan nilai perpindahan termal total pada dinding luar bangunan berdasarkan orientasi fasad. | karena nilai OTTV berada di bawah ambang batas yang ditentukan. Nilai OTTV awal (43,30 W/m ²) melebihi standar SNI. Dengan simulasi penggantian material kaca dengan <i>solar factor</i> yang lebih rendah, nilai OTTV turun menjadi 34,69 W/m ² (memenuhi standar). |
|----|---------------------------|---------------|---|--|--|--|

Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara performa selubung bangunan, nilai OTTV, dan strategi pengendalian panas melalui fasad. Hasil kajian pada tabel tersebut menegaskan bahwa nilai OTTV sangat dipengaruhi oleh orientasi bangunan, proporsi bukaan atau *window-to-wall ratio* (WWR), karakteristik material kaca, serta penerapan elemen peneduh. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan material berperforma termal lebih baik dan sistem peneduh yang tepat mampu menurunkan beban panas bangunan secara signifikan. Dengan demikian, tabel ini memperkuat dasar bahwa optimalisasi fasad,

khususnya melalui pengendalian bukaan dan *sun shading*, merupakan strategi penting dalam meningkatkan efisiensi energi bangunan di iklim tropis.

Tabel 2. 6 Studi Literatur Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami

| Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami | | | | | | |
|--|--------------------------|---|---|---|---|--|
| No | Nama Author | Kategori Referensi | Judul | Tujuan Penelitian | Metode | Hasil |
| 1 | (Yin & Muhieldeen, 2024) | Jurnal Internasional (Results in Engineering) | <i>Impact of vertical shading designs on the cross-ventilation performance of a high-rise office building</i> | Menilai efektivitas peneduh vertikal terhadap laju ventilasi silang (<i>cross-ventilation</i>) di dalam ruang kantor berfurnitur. | Analisis numerik dengan <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD) yang divalidasi dengan pengukuran lapangan. | Peneduh vertikal dapat meningkatkan laju ventilasi sebesar 12,04% dan mengurangi area zona mati (<i>dead zone</i>) sebesar 31,47%. |
| 2 | (Brzezicki, 2024) | Jurnal Internasional (Buildings) | <i>Daylight Comfort Performance of a Vertical Fin Shading System</i> | Mengevaluasi performa sistem peneduh sirip vertikal terhadap kenyamanan pencahayaan alami dan pencegahan silau (<i>glare</i>). | Pemodelan menggunakan Rhino/Ladybug 1.6.0 dan pengujian eksperimental pada prototipe. | Sudut sirip optimal sebesar 40° efektif menjaga pencahayaan di bawah 3000 lux untuk mencegah silau dan meningkatkan kenyamanan visual. |

| | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|---|--|---|---|
| 3 | (Nasrullah & Hamdy, 2024) | Jurnal Internasional (ETASR) | <i>Air Conditioning Energy Efficiency and Thermal Comfort in Hotel Buildings in Hot and Humid Tropical Climates</i> | <i>Efficiency and Thermal Comfort in Hotel Buildings in Hot and Humid Tropical Climates</i> Menguji efisiensi konsumsi energi AC terhadap tipe unit hunian dan kenyamanan termal. | Kuantitatif melalui observasi dan eksperimen di hotel kawasan pesisir Makassar. | Efisiensi AC dan kenyamanan termal sangat bergantung pada manajemen beban pendinginan sesuai tipe ruang. |
| 4 | (Rachmad & Amin, 2017) | Jurnal Nasional (Jurnal Arsir) | Studi Penghawaan Alami pada Bangunan Sekolah Dasar di Pinggiran Sungai Musi Palembang | Mengkaji pola sirkulasi udara alami pada bangunan sekolah di lingkungan perairan. | Observasi lapangan dan analisis pola serta kecepatan aliran udara. | Bukaan ventilasi yang luas dan lokasi di dekat sungai sangat mendukung tercapainya kenyamanan termal alami. |
| 5 | (L. H. Sari et al., 2018) | Prosiding (IOP Conference Series) | <i>A review of spatial comfort in shophouse in humid tropics</i> | Meninjau performa termal dan kenyamanan spasial pada tipologi ruko di iklim tropis lembap. | Pengukuran lapangan terhadap suhu dan kelembaban relatif selama 1-3 hari serta survei pengguna. | Desain atap, pemilihan warna, dan material sangat memengaruhi suhu dalam ruangan. Diperlukan strategi ventilasi yang efektif untuk membuang panas |

| | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|--|--|--|--|
| 6 | (Iqbal et al., 2024) | Jurnal (Nature) | Kenyamanan Termal pada Bangunan Berventilasi Alami di Iklim Tropis | Mengkaji pengaruh suhu, kelembaban, dan kecepatan angin terhadap kenyamanan termal pada bangunan dengan ventilasi alami satu sisi. | Pengukuran cuaca internal dan eksternal selama 21 hari serta survei persepsi menggunakan skala TSV (<i>Thermal Sensation Vote</i>) dan TCV (<i>Thermal Comfort Vote</i>) terhadap 138 responden. | dan kelembapan berlebih. Suhu ruangan sangat dipengaruhi aliran angin; terdapat korelasi kuat ($R=0,90$) antara kelembaban luar dan suhu dalam. Mayoritas responden (90,58%) menginginkan kondisi yang lebih sejuk karena merasa tidak nyaman. |
|---|----------------------|-----------------|--|--|--|--|

Aspek kenyamanan termal dan penghawaan alami memiliki keterkaitan yang erat dengan desain fasad dan strategi bukaan bangunan. Hasil-hasil penelitian pada tabel tersebut menunjukkan bahwa ventilasi silang, orientasi bangunan, serta pengaturan bukaan sangat berpengaruh terhadap kestabilan suhu ruang dan kenyamanan penghuni. Di samping itu, beberapa studi juga menegaskan bahwa elemen peneduh tidak hanya berfungsi menurunkan panas matahari, tetapi juga dapat menjaga kualitas pencahayaan alami dan memperbaiki kenyamanan visual di dalam ruang. Dengan demikian, tabel ini menegaskan bahwa perancangan fasad yang baik harus mempertimbangkan keseimbangan antara pengendalian panas, pencahayaan alami, dan penghawaan alami secara simultan.

Tabel 2. 7 Studi Literatur Strategi Desain Pasif dan Arsitektur Berkelanjutan

| Strategi Desain Pasif dan Arsitektur Berkelanjutan | | | | | | |
|--|---------------------------|------------------------------|---|--|--|---|
| No | Nama Author | Kategori Referensi | Judul | Tujuan Penelitian | Metode | Hasil |
| 1 | (Gupta & Deb, 2023) | Jurnal Internasional (RSER) | <i>Envelope design for low-energy buildings in the tropics: A review</i> | Meninjau dampak variabel desain selubung (termal, optik, fisik, geometri) terhadap performa energi di tropis. | Analisis korelasi dan tinjauan literatur komprehensif terhadap berbagai variabel desain. | Insulasi selubung memiliki dampak terbesar. Kombinasi variabel desain selubung dan ventilasi yang tepat dapat menghemat 35%–60% energi tahunan. |
| 2 | (Alwetaishi et al., 2021) | Jurnal Internasional (ASEJ) | <i>An investigation of shading devices in a hot region: A case study in a school building</i> | Menyelidiki jenis peneduh optimal untuk mengurangi beban panas matahari dan meningkatkan kenyamanan termal di sekolah. | Penggunaan kamera thermal imaging dan simulasi performa bangunan dengan software TAS EDSL. | Sistem peneduh vertikal ditemukan paling efisien untuk wilayah beriklim panas dalam mengurangi suhu udara dalam ruang. |
| 3 | (Rambe et al., 2023) | Jurnal Nasional (TERRACOTTA) | Pengaruh Desain Overhang terhadap Efisiensi Energi dan | Menganalisis pengaruh <i>overhang</i> atap terhadap pembayangan dan kenyamanan termal. | Deskriptif kualitatif melalui analisis data hasil rancangan bangunan. | Orientasi massa bangunan Utara-Selatan dan penggunaan <i>overhang</i> serta roster |

| | | | | | | |
|---|---------------------------|------------------------------|---|--|---|--|
| 4 | (Putri & Wibowo, 2026) | Jurnal Nasional (KOLABORASI) | Kenyamanan Termal pada Bangunan Seni Simulasi Desain Pasif sebagai Tahap Pra-Otomatisasi dalam Evaluasi Performa Energi Bangunan Tropis | Mengevaluasi peran simulasi energi tahap awal sebagai proses optimasi desain pasif. | Simulasi menggunakan Sefaira dengan variabel orientasi, WWR, dan peneduh. | efektif menjaga suhu dan sirkulasi udara. Ditemukan kombinasi parameter pasif yang meminimalkan penggunaan energi sebelum sistem otomatisasi diterapkan. |
| 5 | (Hendrik & Tualaka, 2023) | Jurnal Nasional (Gewang) | Penerapan Double Skin Façade Sebagai Strategi Efisiensi Energi Bangunan di Daerah Beriklim Tropis | Meninjau penerapan DSF di daerah tropis terhadap efisiensi energi bangunan. | Studi literatur (<i>review</i>) terhadap parameter uji kinerja DSF. | Desain DSF yang memperhatikan parameter material dan celah udara dapat menurunkan konsumsi energi secara signifikan di iklim tropis. |
| 6 | (Viriezky, 2023) | Jurnal (JSACE) | <i>Lighting Energy Reduction by Optimizing Daylight while Maintaining Cooling Load in Tropical Educational Building, Depok, Indonesia</i> | Mengurangi konsumsi energi pencahayaan melalui optimalisasi cahaya alami tanpa meningkatkan beban pendinginan ruangan. | Simulasi menggunakan <i>software</i> DIALux dengan menguji intervensi <i>light shelves</i> , jendela atas (<i>clerestories</i>), dan material kaca. | Kombinasi strategi pasif (<i>light shelves</i>) dan sistem kontrol aktif (<i>dimming</i>) mampu mengurangi energi pencahayaan secara signifikan 7sambil tetap menjaga nilai OTTV tetap rendah. |

| | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|--|---|--|---|
| 7 | (Permatasari, n.d.) | Jurnal (Filosofi) | Strategi Penerapan Prinsip Arsitektur Bioklimatik Pada Iklim Tropis Terhadap Kenyamanan Termal Dan Efisiensi Energi Bangunan | Menjelaskan strategi desain bioklimatik yang responsif terhadap kondisi iklim lokal tropis. | Analisis literatur sistematis (<i>Systematic Literature Analysis</i>) mengenai teori dan penerapan arsitektur bioklimatik. | Strategi seperti orientasi bangunan, penempatan <i>core</i> , bukaan jendela, dan alat peneduh pasif terbukti meningkatkan kenyamanan termal serta mengurangi ketergantungan pada sistem mekanis. |
| 8 | (Lechner, 2015) | Buku | <i>Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects</i> | Menyediakan panduan komprehensif mengenai metode desain berkelanjutan yang berfokus pada pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan. | Sintesis kualitatif terhadap prinsip-prinsip fisika bangunan dan strategi desain arsitektur. | Desain harus merespons siklus termal tahunan, bukan hanya siklus matahari. Penekanan diberikan pada strategi pasif (orientasi, peneduh, ventilasi alami) untuk efisiensi energi maksimal. |

Strategi desain pasif merupakan pendekatan yang sangat relevan dalam perancangan bangunan beriklim tropis karena mampu meningkatkan kenyamanan termal sekaligus menekan ketergantungan terhadap sistem mekanis. Hasil studi pada tabel tersebut menunjukkan bahwa orientasi bangunan, penempatan bukaan, penggunaan *overhang*, *double skin façade*, hingga optimalisasi material dan pencahayaan alami terbukti berkontribusi dalam mengurangi konsumsi energi bangunan. Selain itu, beberapa penelitian juga

menunjukkan bahwa simulasi desain pada tahap awal sangat penting untuk menemukan kombinasi parameter pasif yang paling efektif sebelum bangunan dibangun atau diredesain. Dengan demikian, tabel ini memperkuat arah penelitian bahwa desain *sun shading* harus diposisikan sebagai bagian dari strategi desain pasif yang terintegrasi untuk mencapai bangunan yang lebih hemat energi dan nyaman secara termal.