

OPTIMALISASI MATERIAL SHADING DALAM PENGENDALIAN KENYAMANAN TERMAL RUANG

S.K.A.Putri^{1*}, N.R.Putri¹, Sumayyah¹

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Corresponding author: salmakamilah3@gmail.com

ABSTRAK: Strategi *sun shading* menjadi hal penting dalam praktik bangunan modern dalam mengendalikan termal. Di lingkungan tropis, penerapan berbagai jenis dan material *shading* dibutuhkan dalam mengatasi masalah masuknya panas berlebih melalui atap, dinding, dan jendela bangunan dengan perangkat penghalang cahaya seperti penutup jendela, tirai, dan pelindung matahari, serta penggunaannya pada arah orientasi bangunan yang berbeda. Masalah ini menjadi semakin kritis dalam lingkungan perkantoran dan perumahan yang sering kali menghadapi tantangan panas berlebihan dengan konsumsi energi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membahas kemampuan beberapa material dan *shading* tersebut dalam mengendalikan termal ruang. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif merujuk pada sumber-sumber literatur dengan penekanan pembahasan pada penggunaan material *shading* bangunan dalam hubungannya dengan kenyamanan termal ruang. *Shading* berperan dalam mengurangi paparan sinar matahari langsung dan menghambat transfer panas ke dalam ruangan dengan mempertimbangkan karakteristik iklim dan lingkungan lokal dalam pemilihan mereka. Integrasi *shading* yang baik dalam desain bangunan diperlukan untuk mencapai keseimbangan optimal antara kenyamanan termal, efisiensi energi, dan penurunan biaya operasional bangunan.

Kata Kunci: *shading*, kenyamanan, termal, panas

ABSTRAK: *Sun shading strategies have become increasingly important in modern building practices for thermal control. In tropical environments, the application of various types and materials of shading is required to address the issue of excessive heat gain through roofs, walls, and building windows, using light-blocking devices such as window covers, curtains, and sunshades, as well as their use in different building orientation. This issue becomes increasingly critical in office and residential environments, which often face challenges of excessive heat and high energy consumption. This journal aims to discuss the effectiveness of several shading materials and techniques in controlling room thermal conditions. Through descriptive research methods and referencing relevant literature sources, it is evident that shading plays a role in reducing direct sunlight exposure and inhibiting heat transfer into indoor spaces while considering the characteristics of the local climate and environment in their selection. Additionally, effective shading integration in building design is essential to achieve an optimal balance between thermal comfort, energy efficiency, and reduced building operational costs.*

Key words: *Shading, thermal, comfort, heat*

PENDAHULUAN

Secara astronomis, Indonesia terletak pada 6°LU - 11°LS dan 95°BT - 141°BT. Posisi tersebut menjadikan Indonesia masuk pada wilayah dengan iklim tropis. Iklim tropis ini menyebabkan Indonesia memiliki suhu udara dan curah hujan yang tinggi, serta sinar matahari yang menyinari sepanjang tahun.

Pada aktivitas sehari-hari baik di luar maupun di dalam bangunan tentunya cahaya matahari merupakan hal yang sangat dibutuhkan. Pencahayaan sepanjang tahun ini juga dapat dioptimalkan dengan merancang bangunan dan ruang yang dapat mengakomodasikan cahaya alami. Disisi lain dikarenakan berasal dari alam, cahaya alami

tidak dapat sepenuhnya dikendalikan, dan bergantung pada cuaca, musim, dan iklim.

Namun tentunya matahari tidak hanya terdiri dari sinar dan Cahaya, namun juga hadir dengan radiasi dan panas. Oleh karena itu penting untuk mendesain bangunan dengan memperhatikan cara meredam panas yang datang. Salah satu strategi dan teknologi yang berkembang saat ini untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *sun shading*. *Sun shading* adalah strategi penting dalam merancang bangunan untuk mengurangi panas yang masuk dari sinar matahari. Menurut Lechner (2001), *Sun shading* merupakan salah satu strategi dan langkah pertama untuk mencapai kenyamanan termal di dalam bangunan. Akan tetapi, untuk mencapai kenyamanan termal di dalam bangunan, perlu mempertimbangkan aspek-aspek lainnya. Beberapa faktor yang dapat

dikendalikan diantaranya material bangunan, teknik insulasi, model bangunan, serta vegetasi yang digunakan. semua aspek diatas ditinjau ulang lalu diperhatikan peluangnya untuk dikombinasikan. dikarenakan beragamanya standar untuk thermal comfort, review ini akan membahas spesifik melalui pendekatan arsitektur tropis yang otomatis membuat batasan wilayah penelitian pada daerah tropis.

Penyaringan sinar matahari (sun shading) Sun shading adalah menggunakan sinar matahari sebagai sumber pencahayaan, bukaan harus diberi penangkal untuk mengontrol silau dan panas (Olgay, NJ, 1957.). Cara ini memanfaatkan kontrol pada posisi dan ukuran dari bukaan bangunan. Bukaan merupakan suatu elemen yang tidak terpisahkan dalam bangunan, khususnya terkait dengan pencahayaan dan penghawaan alami (Handayani, 2010). Pada area tropis seperti Indonesia, letak dan ukuran dari suatu bukaan harus direncanakan dengan baik. Bukaan yang terlalu besar dapat menimbulkan efek silau dan pemanasan ruang akibat radiasi matahari secara langsung. Dalam mengatasi hal tersebut, strategi perancangan sun shading pada bangunan diperlukan.

METODE PENELITIAN

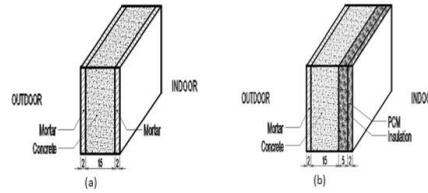
Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif dengan cara membandingkan beberapa material *sun shading* yang biasa diterapkan di area tropis. Data yang diperoleh berasal dari jurnal yang membahas mengenai *shading*. Hasil perbandingan dari berbagai jurnal penelitian kemudian dibuat kesimpulan sehingga didapatkan cara yang lebih efektif untuk menerapkan dan mengkombinasikan berbagai material sun shading.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Shading Material PCM untuk Gedung Perkantoran

Bahan berubah fasa (PCM), isolasi termal, dan sistem penyaringan eksternal, sebagai *sun shading* dapat meningkatkan kenyamanan termal dan mengurangi penggunaan energi pendinginan di gedung kantor yang berada di berbagai iklim tropis pesisir. (Nematchoua et al., 2020)

Material ini secara efektif mengurangi peningkatan suhu dan meminimalkan pemanasan berlebihan, serta menciptakan lingkungan dalam ruang yang lebih nyaman bagi penghuni. Menurut Ahangari dan Maerefat (2019), penerapan material perubahan fasa (PCM) pada dinding, langit-langit, dan lantai merupakan metode yang efektif untuk menghemat energi dan meningkatkan persyaratan kenyamanan lingkungan dalam ruangan dalam kondisi iklim yang berbeda.



Gambar 1. Struktur dinding khas tidak berinsulasi (a) dan (b) berinsulasi + PCM (Sumber: Hashemi et al, 2017)

Penggunaan PCM, isolasi termal, dan sistem penyaringan eksternal secara bersamaan menghasilkan pengurangan yang signifikan dalam penggunaan energi pendinginan. Dengan meminimalkan peningkatan panas dan memaksimalkan kapasitas penyimpanan panas, strategi ini dapat mengurangi ketergantungan pada sistem pendinginan mekanis sehingga dapat menghemat lebih banyak energi dan pengurangan biaya secara signifikan. Teknologi ini juga sangat dianjurkan untuk diterapkan pada lingkungan tropis pesisir karena meskipun kinerja sistem yang ditingkatkan dengan PCM, isolasi, dan penyaringan mungkin bervariasi, namun efektivitas umum dalam meningkatkan kenyamanan termal dan mengurangi penggunaan energi tetap konsisten di berbagai kondisi iklim.

Penggunaan bersama teknologi-teknologi ini mengoptimalkan kinerjanya, menghasilkan kenyamanan termal yang lebih baik dan efisiensi energi yang lebih baik. Studi ini menekankan pentingnya merancang dengan mempertimbangkan karakteristik iklim regional dan pertimbangan desain bangunan. Penyesuaian pemilihan dan penempatan PCM, isolasi, dan penyaringan terhadap iklim tropis pesisir yang spesifik sangat penting untuk memaksimalkan manfaatnya.

Pengaplikasian PCM, isolasi termal, dan shading ini bergerak sejalan dengan tujuan keberlanjutan dalam mengurangi jejak karbon yang terkait dengan konsumsi energi pendinginan. Hal ini tidak hanya bermanfaat bagi penghuni gedung, tetapi juga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim dan mendorong berdirinya bangunan yang bertanggung jawab terhadap efek dan keberlangsungannya terhadap lingkungan.

Bahan berubah fasa, isolasi termal, dan sistem shading eksternal memiliki potensi besar dalam meningkatkan kenyamanan termal dan mengurangi penggunaan energi pendinginan di gedung kantor di berbagai iklim tropis pesisir, dengan tetap mempertimbangkan desain, dan adaptasi regional dalam mencapai peningkatan yang signifikan dalam kenyamanan penghuni dan efisiensi energi bangunan.

Shading Material Tirai dan Pohon untuk Perumahan

Penggunaan shading dapat diterapkan pada Perumahan Tropis seperti di Uganda. Penerapan Sun shading tersebut dapat mengurangi intensitas panas pada temperatur udara terpanas namun hal ini belum dapat mencapai kenyamanan termal yang diinginkan (Hashemi, 2017). Strategi *shading* yang dapat diterapkan meliputi berbagai macam penggunaan tirai, atap, jendela yang

menggantung, beranda, dan pohon. Bangunan dengan dinding bata dan atap besi merupakan konstruksi yang paling umum digunakan di Uganda. Strategi shading ini juga menjadi yang paling efektif selama periode terpanas. Kondisi kenyamanan termal mengalami peningkatan ketika menggunakan sistem *shading* ini

Penggunaan tirai terbuka dan tanpa pohon menyebabkan risiko panas berlebih ekstrem berkurang sebesar 47,6%. Risiko panas berlebih juga berkurang secara signifikan dengan menggunakan metode lainnya. Kinerja serupa dicapai ketika atap dan jendela yang menjorok dipertimbangkan secara bersama. Secara keseluruhan, kenyamanan termal terbaik tercapai ketika pohon, veranda, dan tirai diaplikasikan secara bersama. Menurut hasil penelitian ini, meskipun *shading* meningkatkan kondisi kenyamanan termal, namun pengaplikasian satu shading strategi saja kurang efektif karena itu, bermacam shading harus digunakan bersama dengan strategi lain untuk memenuhi kriteria kenyamanan termal.

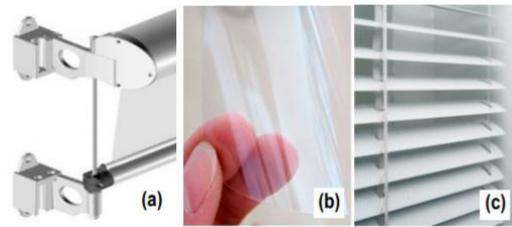
Kondisi paling efektif dicapai ketika tirai dipadukan dengan jendela dan atap menggantung. Pada kondisi ini, radiasi matahari yang ditransmisikan mengalami penurunan dari 57,06 W (kasus tanpa ada *shading*) menjadi 13,42 W yang berarti pengurangan sekitar 76% (menurut). Secara keseluruhan, pengamatan ini mengungkapkan bahwa shading sangat efektif dalam mengurangi perolehan panas matahari melalui jendela. Namun, karena ukuran jendela pada bangunan studi kasus relatif kecil dan panas matahari jauh lebih tinggi penguatan melalui elemen bangunan lain seperti atap, shading jendela/overhang tidak memberikan arti erarti dalam perbedaan hal perolehan panas matahari total dan kenyamanan termal. Ketinggian matahari tinggi di tempat pengamatan juga menjadikan tanaman tidak begitu efektif untuk menjadi sebuah shading, kecuali jika ditanam sangat dekat dengan bangunan, Namun, efek iklim mikro dari tanaman dan pepohonan dapat memperbaiki kondisi tersebut.

Strategi shading ini paling efektif selama periode terpanas dan dapat mengurangi risiko panas berlebih hingga 52% (Hashemi, 2017). Orientasi bangunan utara-selatan dengan arah utama bukaan pada sisi utara direkomendasikan sebagai tata letak/orientasi bangunan yang paling tepat untuk mengurangi risiko panas berlebih dan ketidaknyamanan termal di iklim tropis. Apalagi bukaan besar menghadap ke timur dan barat dinding harus dihindari untuk meminimalkan perolehan panas matahari yang berlebihan.

Shading blinds dan film pada Gedung Kaca

Integrasi perangkat shading device dalam gedung kaca yang sudah ada memainkan peran penting dalam meningkatkan kenyamanan termal. Shading device ini meliputi (a) tirai gulung eksternal (External roller blinds), (b) film kontrol surya (Solar control film), (c) Internal venetian blinds. Shading device tersebut secara efektif mengurangi pemanasan matahari, mengurangi silau, dan membantu menjaga suhu dalam ruangan agar tetap

optimal. Hal ini menghasilkan lingkungan dalam ruangan yang lebih nyaman dan produktif bagi penggunanya, terutama di daerah dengan paparan sinar matahari yang intens.



Gambar 2. Contoh shading devices yang digunakan pada pengamatan. (a) External roller blinds, (b) Solar control film, (c) Internal venetian blinds (Sumber: Evola et al, 2017)

Shading device juga secara signifikan berkontribusi pada peningkatan kenyamanan visual dalam gedung kaca. Dengan meminimalkan silau dan mengendalikan jumlah cahaya alami yang masuk ke ruangan yang menciptakan ruangan yang menyenangkan secara visual dan fungsional. Efisiensi energi dari penggunaan shading device juga berperan dalam mengurangi beban pendinginan dan konsumsi energi pada gedung kaca. Dengan mengurangi ketergantungan pada sistem pendinginan mekanis, penggunaan shading juga membantu mengurangi biaya energi dan dampak lingkungan secara berkelanjutan.

Studi ini menekankan pentingnya sistem shading yang dirancang dengan baik yang mempertimbangkan orientasi bangunan, kondisi iklim lokal, dan preferensi penghuni. Desain dan penempatan shading device yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan efektivitasnya dalam meningkatkan kenyamanan termal dan visual. Namun, tidak semua shading device menunjukkan efektivitas yang sama. Seperti contohnya, tirai internal dalam hal kenyamanan jauh lebih rendah dibandingkan tirai eksternal. Kemudian, matahari bagian luar film kontrol bekerja dengan baik pada semua orientasi. Namun di sisi lain, tirai eksternal (roller) sangat efektif ketika digunakan pada fasad kaca yang menghadap ke selatan, sedangkan kinerjanya lebih buruk daripada film kontrol surya jika diletakkan pada fasad kaca yang menghadap ke barat fasad.

Ruangan Semi Outdoor

Bangunan di iklim tropis yang beriklim lembab, baik itu kontemporer maupun vernakular, sering kali menyertakan ruang semi-outdoor (SOS) sebagai fitur arsitektural yang menjadi perantara antara ruang luar dan ruang dalam dan memberikan perlindungan terhadap hujan. Namun, memasukkannya ke dalam bangunan tinggi di lingkungan yang sangat padat dan lingkungan beriklim tropis seperti Singapura berpotensi memiliki juga manfaat lingkungan, sosial, dan finansial seperti: mengurangi efek pulau panas perkotaan dan polutan udara dimana penghijauan dimasukkan

mengkompensasi kurangnya area hijau di kota, dengan meningkatkan vegetasi meningkatkan permeabilitas angin dengan mendorong bangunan porositas menciptakan peningkatan nilai real estat menyediakan jasa ekosistem dan interaksi manusia-alam yang lebih besar dalam sebuah komunitas mendorong batas-batas desain pasif dan mengurangi penggunaan energi dalam bangunan dan mempromosikan ruang publik baru publik baru untuk interaksi sosial dan rekreasi dengan iklim mikro yang sesuai untuk aktivitas manusia sebagai pengganti ruang ber-AC dalam ruangan ruang

Strategi desain pasif selalu menjadi pendekatan utama untuk mencapai kenyamanan dalam bangunan seperti ventilasi alami, termal massa, insulasi termal, dan kontrol radiasi matahari (A. Kamal, M., Greig, N., Alhomid, A., Al-Jafari, 2000). Hal ini dapat dicapai dengan Integrasi kontrol dalam penggunaan jendela serta ventilasi malam secara signifikan yang tentu dapat meningkatkan kenyamanan termal penghuni. Secara arsitektural maka bangunan harus dirancang sesuai dengan kondisi iklim mikro agar dapat bekerja dengan efisiensi energi yang baik Shading adalah strategi pasif yang terkenal untuk efisiensi bangunan dan dapat memiliki pengaruh yang signifikan pada kenyamanan termal dan konsumsi energi. Shading device sejauh ini telah telah diteliti di banyak wilayah di seluruh dunia.

Sistem perkacaan biasanya bertanggung jawab atas sejumlah besar kehilangan dan perolehan panas dalam bangunan karena secara termal sangat besar lemah. Oleh karena itu, dampaknya terhadap jumlah beban energi sangat besar. Kontribusi kaca terhadap jumlah total panas bisa mencapai setinggi 25%; Selain itu, dalam kasus beban pendinginan; itu persentasenya sangat tinggi. Selanjutnya, salah satu yang paling aspek penting dari jendela adalah menyediakan ventilasi alami; Namun, untuk mengontrol dampak dari sistem kaca, panas transmisi, perolehan matahari, dan penghubung termal harus diselidiki secara mendalam. Dalam hal penelitian sebelumnya dalam kaitannya dengan rasio kaca-ke-dinding, memodifikasi ketebalan jendela, lebih besar lebih besar daripada memodifikasi ketebalan dinding luar. Selain itu, dalam, para peneliti menyoroti bahwa bahkan orientasi memiliki dampak besar pada konsumsi panas, yang terhubung ke jumlah yang terpapar, ditransmisikan, dan ditransfer oleh kaca sistem. Akibatnya, di daerah yang hangat dan panas, jendela di semua arah harus dijaga sekecil mungkin untuk memenuhi optimal rasio sehubungan dengan memungkinkan cahaya alami untuk mengakses ruang.

Orientasi Fasad

Perangkat peneduh yang menggantung ditemukan sebagai jenis perangkat peneduh yang paling banyak diteliti di daerah panas daerah panas karena membantu mengendalikan sinar matahari langsung pada fasad yang berorientasi ke selatan. (Cheng CL, 2013) menyelidiki dampak dari overhang di iklim panas di Taiwan, karya tersebut menyoroti bahwa ada tiga variabel yang mempengaruhi rasio kinerja peneduh kedalaman peneduh

terhadap tinggi jendela, rasio lebar dan tinggi bukaan dan menghadap azimuth karena yang terakhir ini terkait dengan lokasi bangunan. Hal ini mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Sheng di Hongkong yang dimana penelitian tersebut memperkenalkan pemanfaatan bayangan horisontal dan menemukan bahwa panjang, jumlah dan sudut kemiringan sangat penting untuk mengontrol radiasi matahari. Penggunaan perangkat peneduh yang menjorok di musim panas Siprus membantu mengurangi permintaan energi sebesar 50% dan meningkatkan tingkat kenyamanan termal sebesar 20%. Penggunaan overhang adalah tersebar luas di daerah panas dan musim panas / hangat dan itu mengamati bahwa hal itu membantu mengurangi konsumsi energi secara signifikan. Jenis peneduh lainnya seperti horizontal, vertikal dan peti telur juga digunakan di daerah panas. Penelitian (Ali AAM, 2013) yang yang dilakukan di negara Mesir, menyoroti penggunaan pembayangan horizontal. Karena posisi musim panas yang tinggi di selatan menghadap fasad, penelitian tersebut merekomendasikan bahwa pembayangan horizontal adalah direkomendasikan untuk diterapkan pada zona-zona yang menghadap ini.

Sistem Tembok Hijau

VGS atau vertical greenery system sebagai sebuah konsep telah ada selama beberapa dekade, sementara ide tembok hijau sudah ada sejak zaman Babilonia kuno. Salah satu dari Tujuh Keajaiban Dunia Kuno, Taman Gantung Babilonia, adalah yang pertama tembok hijau pertama yang tercatat. Raja Nebukadnezar merancang taman-taman tersebut untuk menghibur istrinya yang rindu akan rumah. Pembatas hijau tersebut meliputi teras berkebuh yang ditinggikan satu sama lain, diletakkan di atas kolom yang tampak seperti yang kokoh, dan tanah untuk memungkinkan penanaman pohon. Berdasarkan Berdasarkan laporan sejarawan Yunani kuno, Taman Gantung Babilonia berukuran sekitar 400 × 400 kaki panjangnya dan 80 kaki tingginya. VGS dapat didefinisikan sebagai menanam tanaman pada permukaan vertikal atau permukaan bangunan atau menggunakan struktur vertikal yang melekat pada dinding bangunan. Struktur seperti itu bisa buatan manusia atau alami dan dapat dipasang di bangunan seperti dinding interior, patung bio, atau partisi. Untuk eksterior, VGS dapat memanjat balkon, pagar, atau penutup dinding. VGS juga merupakan pelengkap yang baik untuk sistem atap hijau, karena menawarkan rasio dinding-ke-atap yang lebih tinggi dengan luas permukaan yang lebih besar untuk menumbuhkan tanaman (C.Y. Cheng, K.K. Cheung, L.M. Chu, 2010)

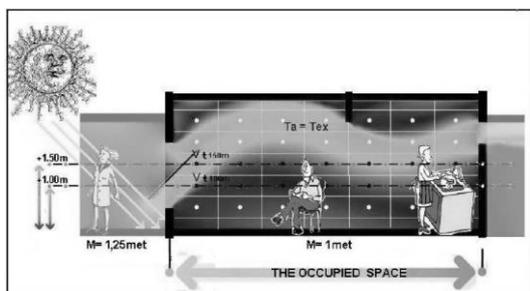
VGS menawarkan keuntungan lingkungan, ekonomi, dan sosial bagi lingkungan binaan. Penghijauan perkotaan tidak hanya diakui karena signifikansi estetika dan peningkatannya, namun juga menyediakan ruang untuk acara-acara sosial dan pemulihan mental. untuk melestarikan kesejahteraan penduduk perkotaan. Selain itu, penghijauan perkotaan membantu mendukung lingkungan dengan memperkenalkan ekosistem yang

menguntungkan di lanskap perkotaan dan bertindak sebagai sistem penyaringan air. Menurut Ö. Timur, E. Karaca, 2021, taman vertikal dapat memberikan manfaat ekonomi dan ekologi yang bervariasi berdasarkan tipologi bangunan, inovasi dinding hijau, variasi tanaman, dan pilihan media tanaman.

Penghijauan berkontribusi besar terhadap efisiensi energi di kota-kota dengan meningkatkan kapasitas isolasi termal untuk mengatur suhu eksternal. VGS dapat menjebak lapisan udara di dalam massa tanaman dan membatasi pergerakan panas melalui massa vegetasi yang tebal untuk mengurangi penetrasi panas melalui dinding. Meningkatkan jumlah vegetasi di daerah perkotaan merupakan salah satu strategi untuk menurunkan suhu udara, (R. Fernández-Cañero, L.P. Urrestarazu, A. Franco Salas, 2012). VGS dapat menjadi metode yang efektif untuk mengurangi energi di daerah beriklim hangat dan sedang selama periode pendinginan, dengan pengurangan sebesar 5%-50%. Pengurangan yang paling umum berkisar antara 20% dan 30% untuk orientasi fasad barat (G. Pérez, J. Coma, I., 2014).

Elemen Desain Arsitektur dan *Secondary Skin*

Optimalisasi elemen desain arsitektur di wilayah tropis lembab dengan pendekatan kenyamanan termal dapat dilakukan dengan berfokus pada metode perubahan model bangunan (E. Prianto et al, 2003). Berbagai model ini melibatkan variasi yang berbeda seperti 4 model yang menerapkan variasi balkon dan dimensi, 17 model dengan variasi tipe dan lokasi inlet, 11 model menggabungkan antara jendela pivot dan pemisah yang dimodifikasi, 7 model dengan variasi tinggi plafon, 7 model dengan plafon miring 45°, 7 partisi dengan kisi kisi datar, 7 partisi dengan kisi kisi miring, serta 7 model dengan lantai dapur yang dinaikkan 0,4 m.



Gambar 3. Ilustrasi Model bangunan. S. Barbosa et al, 2015)

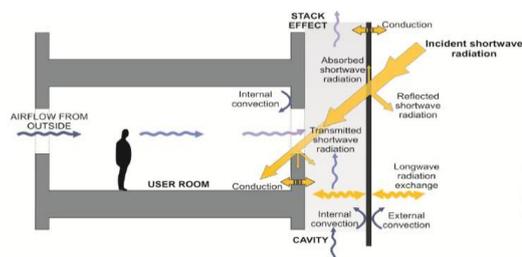
Hasil studi ini membuktikan bahwa jenis dan lokasi jendela, konfigurasi balkon, dan pembagian internal dapat mengatur pola aliran udara dalam ruangan dan meningkatkan kenyamanan termal dalam ruangan. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam tahap desain untuk mendapatkan kenyamanan di iklim tropis lembab adalah penggunaan balkon untuk meningkatkan kecepatan udara dan meningkatkan tingkat kenyamanan dalam ruangan saat aktivitas berdiri (1,25 m), sedangkan untuk aktivitas duduk kondisi lingkungan sedikit dingin terasa lebih baik. Perubahan ketinggian plafon pada

balkon dan pembesaran dimensi bukaan pada fasad tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kenyamanan dalam ruangan.

Penggunaan jendela pivot 45° berpengaruh lebih besar terhadap kecepatan udara dan dalam meningkatkan kenyamanan termal ketimbang jendela pivot 30°. Pada iklim tropis lembab, jendela pivot dengan posisi ke atas penerapannya lebih baik dibandingkan posisi jendela lainnya. Kenyamanan dapat diperoleh dengan penggunaan jendela pivot menghadap posisi bawah dengan sudut $j > 45^\circ$.

Kondisi nyaman untuk aktivitas setinggi 1,25 m terdapat pada semua model dengan berbagai sudut buta, sedangkan pada aktivitas setinggi 1 m dapat menggunakan sudut buta 60–90°. Jendela Louver pada ketinggian plafon dan lantai dengan sudut 45° mencapai tahap nyaman dalam aktivitas setinggi 1 - 1,25 m. Tambahan pemisah untuk model dengan jendela dapat berputar ke bawah ($j \frac{1}{4} 45^\circ$) terbukti menurunkan kecepatan udara dalam ruangan dan menyebabkan kondisi tidak nyaman (juga akibat tinggi lantai dapur yang naik). Sebaliknya, untuk jendela berputar dengan posisi ke atas ($j \frac{1}{4} 45^\circ$), tambahan pemisah (jenis partisi dan lantai dapur yang ditinggikan) dapat meningkatkan tingkat kenyamanan dikarenakan peningkatan kecepatan udara pada aktivitas 1,25 m.

Potensi penerapan fasad kulit ganda (*Secondary skin*) (DSF) pada gedung perkantoran berventilasi alami di iklim tropis dengan model sebuah gedung perkantoran yang terletak di Rio de Janeiro dengan desain utama DSF mampu memaksimalkan tingkat kenyamanan tahunan yang dapat diterima di ruang yang ditempati ditetapkan.



Gambar 4. Cara kerja *Secondary skin* façade (S. Barbosa, et al, 2015)

Bangunan berventilasi alami menggunakan DSF disuplai dengan udara luar melewati bukaan pada fasad lalu ruang dengan penghuni sebelum akhirnya memasuki rongga. Kemudian udara dipanaskan oleh hasil konduksi sinar matahari, dan naik keatas yang membuat penurunan tekanan udara yang lalu menarik udara dari ruangan yang berdekatan dan membentuk aliran udara konvektif yang berkelanjutan.

Parameter yang paling berpengaruh terhadap kinerja termal bangunan secara keseluruhan adalah penerapan perangkat peneduh di dalam rongga, diikuti dengan lebar rongga dan sudut rongga dengan lapisan luar yang miring. Alternatif lain adalah dengan cara 'posisi bawah tertutup' dan 'posisi jendela' telah meningkatkan kenyamanan termal pada lantai tertentu sekaligus menambah ketinggian rongga sebanyak satu setengah lantai di atas

atap bangunan terbukti efektif dalam mengatasi aliran balik yang mengakibatkan peningkatan kenyamanan termal pada lantai. Hasil dari model yang dioptimalkan menunjukkan bahwa penggabungan DSF mampu mencapai 70% jam kerja dalam tingkat kenyamanan yang dapat diterima. Meskipun gedung perkantoran masih memerlukan sarana pendinginan lain selama periode puncak musim panas, penerapan DSF, yang berpotensi sebagai bagian dari strategi ventilasi mode campuran, akan berdampak signifikan terhadap konsumsi energi berkelanjutan.

Penerapan secondary skin juga dibahas pada penelitian Elisabeth Gratia, André De Herde, 2003 berjudul "Is day natural ventilation still possible in office buildings with a double-skin facade?". Materi utama dari jurnal ini adalah membuktikan apakah ventilasi alami masih dapat digunakan pada bangunan berfasad berlapis ganda. Fasad berlapis ganda sendiri memiliki beberapa keuntungan, antara lain berupa peningkatan insulasi suara dan kenyamanan pengguna yang lebih baik, terutama pada tempat beriklim sedang. Hal ini juga dapat mengurangi kecepatan angin dan kebisingan masuk ke dalam bangunan, lapisan kedua ditempatkan di depan fasad bangunan bagian dalam. Ruang di antara fasad digunakan untuk menempatkan perangkat pelindung sinar matahari yang dioptimalkan secara energi di luar gedung, namun terlindung dengan baik dari pengaruh angin dan cuaca. Namun terdapat risiko panas berlebih pada fasad ganda di musim panas dan telah jelas terlihat, walaupun begitu beberapa pihak meyakini hal ini dapat diminimalkan dengan bukaan yang berukuran cukup, perangkat peneduh (shading device) yang ditempatkan dengan baik, dan ruang di antara fasad yang dioptimalkan. Metode yang digunakan dalam penelitiannya adalah dengan memilih gedung yang memiliki tingkat isolasi termal yang tinggi, yang kemudian dengan bantuan program termal TAS disimulasikan. Simulasi mencakup berbagai penerapan secondary skin pada bangunan.

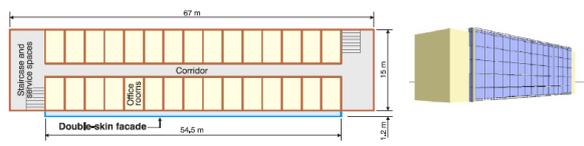
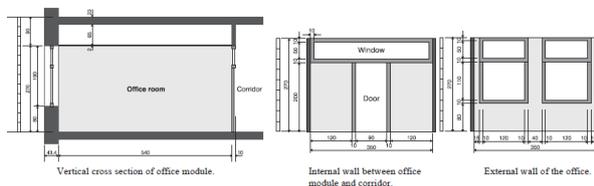


Fig. 1. View of the office building studied.



Gambar 5. Bangunan yang diuji (Sumber: Evola et al, 2017)

Dari hasil analisa penelitian, bila bangunan berorientasi pasha selatan, temperaturnya akan meningkat drastis karena radiasi sinar matahari. Dalam simulasi, perangkat peneduh dianggap telah ditarik ke bawah. sehingga, hal ini masih meningkatkan efek ruang matahari karena sebagian radiasi matahari diserap ke dalam.

Pada bangunan berdinding ganda bagian selatan, saat matahari bersinar terik, sulit untuk menerapkan strategi penghawaan alami pada siang hari. Memang, ventilasi lintas hari dengan ekstraksi melalui double-skin dan merupakan fungsi orientasi angin dan perlindungan angin bangunan. Bukaan double-skin down juga berdampak pada arah busur udara. Arah busur udara dapat diterapkan bila angin berlawanan dan double-skin berada di muka angin dengan bukaan atas double-skin. Sebaliknya, aliran udara dapat terjadi ke arah yang tidak diinginkan (terutama pada tingkat atas) dan udara panas dari dinding ganda dapat masuk ke dalam kantor-kantor. Dalam kasus-kasus seperti ini, tingkat atas secara parsial terkontaminasi oleh udara yang masuk dari tingkat bawah dan beban pendinginan menjadi signifikan. Jika ventilasi alami tidak mungkin dilakukan, dibutuhkan penyediaan udara mekanis di kantor-kantor sebelah dinding ganda, yang akan meningkatkan biaya listrik untuk sirkulasi udara.

Sebaliknya, pada bangunan dengan double-skin di bagian utara, sirkulasi udara silang akan menjadi kurang efektif karena suhu di dalam double-skin akan lebih mendekati suhu di luar, sehingga arah aliran udara akan kurang signifikan. Sirkulasi udara silang ini kurang efektif dibandingkan dengan ventilasi satu sisi untuk tingkat ventilasi yang sama. Namun, hal ini mengimplikasikan ukuran bukaan 15-20 kali lebih kecil untuk tingkat ventilasi yang sama. Untuk mencapai tingkat ventilasi sebanyak 4 vol/jam, ukuran bukaan harus disesuaikan dengan efek stack (perbedaan tinggi) dan orientasi serta kecepatan angin. Karena banyaknya konfigurasi double-skin, kemungkinan pengaturan, dan kompleksitas fenomena aerodinamika yang terlibat dalam saluran double-skin, desain fasad dinding ganda harus menjadi subjek studi yang mendalam.

KESIMPULAN

Strategi dan jenis penyaring cahaya (shading device) memang beragam, dari jurnal yang telah dibahas dapat diperoleh kesimpulan bahwa berbagai jenis sistem penyaring cahaya dapat dikombinasikan dan digunakan bersama untuk memperoleh tingkat kenyamanan termal yang diinginkan dengan efektif. Disisi lain, banyaknya cara yang dapat diterapkan bisa saja saling menghilangkan fungsi satu sama lain atau malah menggagalkan fungsi lainnya. Contohnya adalah pada penggunaan secondary skin, dapat mengurangi kemampuan ventilasi udara pada bangunan. Sedangkan untuk pengubahan bentuk model bangunan, kurang menguntungkan dikarenakan harus dilakukan pada awal pembangunan atau dihancurkan lalu dibangun ulang menyesuaikan dengan keadaan yang nantinya bisa saja terus berubah. Adapun pula cara penambahan ruang semi outdoor sebagai fitur arsitektur tidak hanya berperan dalam perlindungan dari matahari, namun juga memberikan perlindungan dari hujan yang didukung dengan desain pasif, seperti ventilasi alami, termal massa, insulasi termal, dan kontrol radiasi matahari. Hal ini juga

dapat didukung dengan konsep tembok hijau yang dibuktikan telah memberikan manfaat dengan membantu dalam pemulihan lingkungan dengan efektivitas konsep ini dalam mengurangi konsumsi energi tergantung pada berbagai faktor, seperti jenis bangunan, inovasi dinding hijau, variasi tanaman, dan media tanaman yang digunakan.

Penting untuk mempertimbangkan orientasi bangunan terhadap tipe penyaring cahaya yang paling optimal bagi kasus tertentu. Contohnya seperti penempatan kaca film dan tirai luar atau dalam yang keefektifitasannya akan berbeda tergantung orientasi bangunan. Selain itu, sistem penyaring cahaya memang terbukti efektif dalam mencapai kenyamanan termal, namun pada lingkungan yang sangat panas seperti contoh kasus di Uganda, walaupun penggunaan shading tidak semata-merta membantu tercapainya kenyamanan termal pada bangunan, namun sistem tersebut tetap memberikan pengaruh dalam penurunan suhu panas pada bangunan. Oleh sebab itu penggunaan shading device sangatlah dibutuhkan, dan optimalisasi tiap materialnya bisa dicapai dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti orientasi bangunan, cara mengkombinasikan materialnya dan tipe bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arman Hashemi, Narguess Khatami. (2017). Effects of Solar Shading on Thermal Comfort in Low-income Tropical Housing, *Energy Procedia*, Volume 111. Pages 235-244. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.025>.
- Elisabeth Gratia, André De Herde. (2004). Is day natural ventilation still possible in office buildings with a double-skin façade?, *Building and Environment*. Volume 39. Issue 4. Pages 399-409. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2003.10.006>.
- E. Prianto, P. Depecker. (2002). Characteristic of air flow as the effect of balcony, opening design and internal division on indoor velocity, *Energy and Building* 34 (4) 401–409.
- E. Prianto, P. Depecker. (2003) Optimization of architectural design elements in tropical humid region with thermal comfort approach, *Energy and Building* 35. 273–280.
- Evola G, Federica Gullo, Luigi Marletta. (2017) The role of shading devices to improve thermal and visual comfort in existing glazed buildings, *Energy Procedia*. Volume 134. Pages 346-355. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.543>.
- Juan Gamero-Salinas, Nirmal Kishnani, Aurora Monge-Barrio, Jesús López-Fidalgo, Ana Sánchez-Ostiz. (2021). Evaluation of thermal comfort and building form attributes in different semi-outdoor environments in a high-density tropical setting, *Building and Environment*, Volume 205.
- Modeste Kameni Nematchoua, Jean Christophe Vanona Noelson, Ismael Saadi, Herves Kenfack, Aro-Zo F.R. Andrianaharinjaka, Dominique Fomouo Ngoumdoum, Jao Barahimo Sela, Sigrid Reiter. (2020). Application of phase change materials, thermal insulation, and external shading for thermal comfort improvement and cooling energy demand reduction in an office building under different coastal tropical climates, *Solar Energy*. Volume 207. Pages 458-470. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.06.110>
- Mamdooh Alwetaishi, Hanan Al-Khatiri, Omrane Benjeddou, Amal Shamseldin, Mishal Alsehli, Saleh Alghamdi, Raid Shrahily. (2021). An investigation of shading devices in a hot region: A case study in a school building, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 12. Issue 3.
- Nur Dinie Afiqah, Mohammad Shuhaimi, Suzaini Mohamed Zaid, Masoud Esfandiari, Eric Lou, Norhayati Mahyuddin. (2022). The impact of vertical greenery system on building thermal performance in tropical climates, *Journal of Building Engineering*. Volume 45.
- S. Barbosa, K. Ip, R. Southall. (2015). Thermal comfort in naturally ventilated buildings with double skin facade under tropical climate conditions: the influence of key design parameters, *Energy and Buildings*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.029>