

Penerapan *Double Skin Façade* Sebagai Strategi Efisiensi Energi Bangunan di Daerah Beriklim Tropis

Maria L. Hendrik¹⁾, Theodora Murni C. Tualaka²⁾

^{1,2)} Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Abstrak

Desain selubung bangunan memiliki peranan penting dalam menciptakan kenyamanan termal di dalam bangunan, tidak hanya itu, desain selubung yang baik juga dapat memberikan dampak terhadap penggunaan energi di dalam bangunan. Penerapan *Double Skin Fasad* (DSF) saat ini, menjadi salah satu upaya untuk mencapai desain berkelanjutan, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji efisiensi penggunaan DSF terhadap kenyamanan termal dan pengurangan energi bangunan. Tujuan studi ini untuk meninjau penerapan DSF di daerah beriklim tropis terhadap efisiensi energi bangunan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *review* literatur terhadap penelitian-penelitian terkait DSF yang telah dilakukan khususnya di daerah tropis, dengan melihat berbagai parameter yang diuji, untuk melihat kinerja DSF terhadap pengurangan energi di dalam bangunan. Hasilnya menunjukkan DSF yang di desain dengan memperhatikan setiap parameter dengan baik, dapat menurunkan konsumsi energi yang cukup signifikan, hal ini berarti DSF dapat diterapkan pada bangunan-bangunan di daerah tropis untuk tujuan penghematan energi.

Kata-kunci : *Double Skin Fasad*, efisiensi energi, iklim tropis

Abstract

Building envelope design has an important role in creating thermal comfort in buildings, and a good envelope design can impact energy use in buildings. The application of the Double Skin Façade (DSF) is one of the efforts to achieve a sustainable design, various studies have been conducted to examine the efficiency of using DSF on thermal comfort and energy reduction in buildings. The purpose of this study is to review the application of DSF in tropical climates on building energy efficiency. The method used in this study is a literature review of research related to DSF that has been carried out, especially in tropical areas, by looking at the various parameters tested, to see the performance of DSF in reducing energy in buildings. The results show that a DSF that is designed with good attention to each parameter can reduce energy consumption significantly, this means that DSF can be applied to buildings in tropical areas for energy-saving purposes.

Keywords : *Double skin façade, energy efficiency, tropical climate*

Kontak Penulis

Maria Lady Hendrik
Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto Penfui, Kota Kupang, NTT 85111
Telp: 0380-881590 Fax: -
E-mail : maria.lady.hendrik@staf.undana.ac.id

Pendahuluan

Perencanaan dan perancangan konstruksi bangunan saat ini dipengaruhi oleh pertimbangan efisiensi energi, kualitas lingkungan di dalam ruang, serta estetika fasad bangunan (Kim dkk, 2018). Meningkatnya perolehan panas di dalam bangunan akibat pemakaian material kaca pada daerah tropis, dapat menyebabkan konsumsi energi yang tinggi, serta dapat mengakibatkan dampak buruk pada lingkungan terkait dengan emisi gas CO² (Qahtan, 2019). Diketahui, penggunaan material pada selubung bangunan dan komponen konstruksi bangunan mengkonsumsi sebanyak 40% total energi global per tahun, yang terakumulasi mulai dari tahap produksi dan pengadaan material, tahap konstruksi, penggunaan, hingga tahap pembongkaran (Dixit dkk, 2012). Selain itu, energi operasional dari penggunaan listrik serta peralatan mekanikal turut menyumbang konsumsi energi yang besar pada bangunan (Ahmed dkk, 2015).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Karyono, 2015), desain selubung bangunan berperan penting dalam menciptakan kinerja termal bangunan di daerah tropis, sehingga dapat berpotensi meminimalkan penggunaan energi. Senada dengan Karyono, menurut Ahmed, dkk (2016) Double Skin Façade (DSF) apabila dirancang dengan baik, maka dapat meminimalisir penggunaan energi pada bangunan. *Double skin façade*, sebagai kulit kedua bangunan tidak hanya berfungsi sebagai elemen estetika, namun juga dapat menjadi solusi dalam mengurangi beban penggunaan sistem pendinginan udara di daerah beriklim tropis (Barbosa dkk, 2015). Penggunaan DSF saat ini sangat populer, diantara banyaknya metode desain pasif untuk penghematan energi.

Beberapa penelitian terkait sistem DSF telah dilakukan di daerah beriklim tropis, dengan mengkaji berbagai parameter untuk mengetahui kinerja DSF, seperti misalnya: kedalaman rongga udara, komponen material kulit luar, alat peneduh, struktur, serta bukaan rongga. Jurnal ini, bertujuan untuk mengidentifikasi efektifitas penerapan DSF dalam menciptakan kinerja termal yang baik sebagai strategi efisiensi energi di daerah beriklim tropis.

Tinjauan Teori

(1) Pengertian *Double Skin Façade*

Terdapat beberapa pengertian *double skin facade*, yang dikemukakan oleh beberapa ahli: menurut Wong (2008), *double skin facade* merupakan konstruksi multi layer selubung bangunan, yang terdiri dari kulit terluar, rongga, serta kulit bagian dalam bangunan, kulit luar dan dalam bangunan dapat berupa kaca.

Menurut Osterle, dkk (2001), *double skin façade* terdiri dari selubung fasad berlapis, dengan lapisan luar dan

dalam dan berisi ruang penyangga yang berfungsi untuk mengendalikan ventilasi serta perlindungan terhadap matahari.

Sementara itu menurut Ding, dkk (2005). DSF terdiri dari, fasad luar, ruang perantara dan fasad dalam. Pada lapisan fasad luar berfungsi sebagai perlindungan terhadap cuaca, serta meningkatkan insulasi akustik terhadap kebisingan. Sementara itu perangkat berupa tirai yang dapat diatur dipasang pada bagian tengah (ruang perantara) untuk melindungi fasad dalam dari beban pendinginan yang disebabkan oleh insulasi.

Chan dkk, (2009) berpendapat bahwa DSF, merupakan fasad kaca kedap udara atau berventilasi, pada bangunan berlantai satu atau lebih. Lebar rongga antara kulit luar dan dalam berkisar 200 mm hingga lebih dari 2m. DSF dapat meningkatkan insulasi termal, serta menyerap energi panas dari kaca yang terpapar sinar matahari, sehingga dapat mengurangi perolehan panas di dalam bangunan.

Menurut Gracia, dkk (2013), faktor utama terjadinya pergerakan udara di dalam rongga antara fasad luar dan dalam pada DSF yaitu adanya pergerakan angin di sekitar bangunan dan adanya perbedaan tekanan daya apung termal (*thermal buoyancy*) yang terjadi di rongga.

(2) Parameter desain *Double Skin Façade*

(a) Kedalaman rongga udara

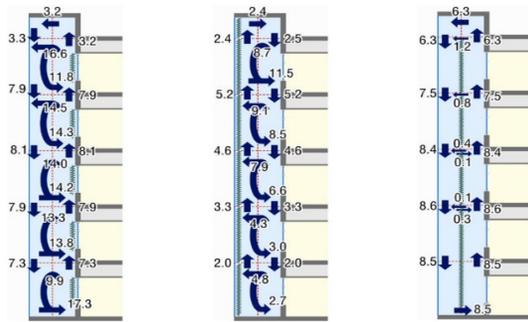
Rongga udara pada desain DSF, apabila didesain dengan baik, maka dapat mereduksi konsumsi energi pada bangunan (Barbosa dan Ip, 2014). Berdasarkan beberapa studi yang telah dilakukan terkait kedalaman rongga udara, didapatkan berbagai variasi kedalaman yang berkisar dari 10 cm hingga 2m. dalam penelitian yang dilakukan oleh Rahmani, dkk (2012) menunjukkan kedalaman rongga udara sebesar 1m dapat menurunkan suhu sebesar 3°.

(b) Alat peneduh

Terdapat beberapa pilihan alat peneduh, yang dapat diletakkan diantara rongga udara, yaitu : *roller shades*, *louvered blinds*, *fixed* dan kontrol manual atau kontrol otomatis (Barbosa dan Ip, 2014b). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gratia dan De Herde (2007), menunjukkan posisi penempatan alat peneduh pada rongga udara akan lebih efektif menurunkan suhu jika diletakkan di tengah rongga (gambar 1).

(c) Properti kaca fasad terluar

Kaca merupakan material utama pada fasad terluar DSF. Radiasi matahari yang mengenai permukaan fasad, sebagian dipantulkan, sebagian diserap, dan sebagian disebarkan melalui permukaan fasad. Radiasi matahari



Gambar 1. Variasi alat pembayangan, (a) diletakkan dekat kulit bangunan bagian dalam, (b) diletakkan dekat kulit bangunan bagian luar, (c) diletakkan di tengah rongga. Sumber: Gratia, dan De Herde, 2007

yang menembus kulit bangunan, kemudian diserap oleh kulit bagian dalam bangunan dan menghangatkan ruangan (Gratia and De Herde, 2007). Dalam pemilihan properti kaca dengan transfer panas yang berbeda, maka perlu dipertimbangkan beberapa hal, yaitu penggunaan kaca eksternal dengan transmittan rendah dan serapan tinggi, yang dikombinasikan dengan panel internal kaca beremisivitas rendah dapat menyebabkan pengurangan perolehan panas matahari di dalam ruangan (Barbosa dan Ip, 2014). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Perez-Grande dkk (2005), penerapan material pada lapisan dalam dengan daya serap tinggi dan kaca transmittan sebesar 0,4 pada lapisan luar, menghasilkan laju aliran udara tertinggi pada rongga. Sementara itu Chan, dkk (2009) menemukan bahwa penggunaan kombinasi kaca bening tunggal pada panel dalam, dan kaca ganda reflektif pada panel luar, menghasilkan kinerja termal yang lebih baik (lihat gambar 2).

(d) Struktur

Klasifikasi DSF berdasarkan struktur, dikemukakan oleh Osterle, dkk (2001); terdapat 4 tipe DSF, yaitu:

1) Tipe box window

Tipe ini berupa DSF yang dipasang pada area bukaan jendela di lantai tertentu, dengan bukaan bagian dalam

yang dapat dibuka tutup baik secara vertikal atau horizontal.

2) Tipe shaft

Tipe ini berupa DSF yang dipasang pada area bukaan jendela secara vertikal menerus pada keseluruhan lantai bangunan.

3) Tipe Koridor

Tipe ini dipasang pada area bukaan secara horizontal dan menerus. Pada tipe ini mendapat perlakuan pada bukaan udara lapisan luar ditempatkan didekat lantai dan plafon.

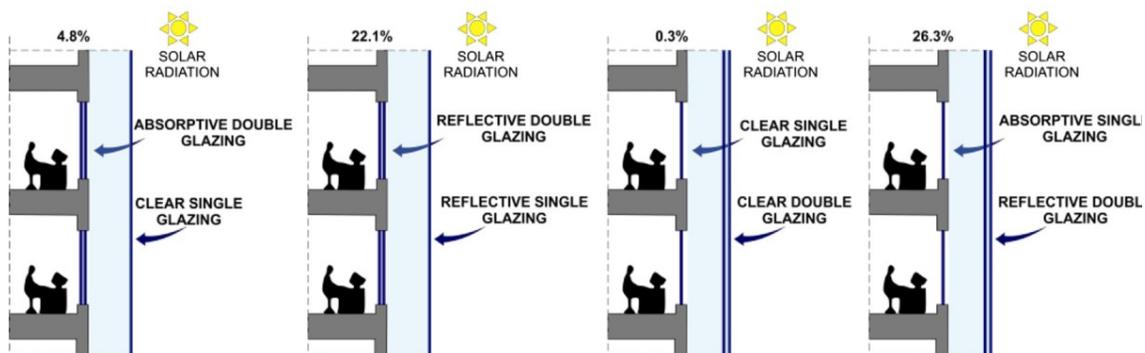
Berdasarkan sistem penerapannya, DSF terbagi menjadi 3 macam sistem (Boake, 2003), yaitu:

a) Buffer system

Merupakan sistem isolasi untuk mempertahankan cahaya matahari didalam bangunan serta meningkatkan sistem insulasi dan sistem suara pada dinding. Sistem ini menggunakan dua kaca tunggal dengan jarak 250 – 900 mm, tertutup dan memungkinkan udara segar masuk kedalam gedung melalui sistem control tambahan, baik itu melalui sistem HVAC terpisah atau jendela tipe kotak yang memotong melalui DSF secara menyeluruh, pada sistem ini shading device dapat dimasukkan ke dalam rongga (lihat gambar 3).

b) Extract Air System

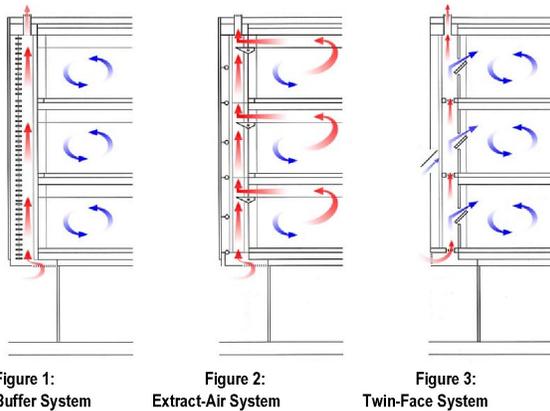
Extract Air System terdiri dari lapisan kaca tunggal kedua yang ditempatkan di bagian dalam fasad utama kaca ganda (unit panel termal), ruang udara di antara dua lapisan kaca menjadi bagian dari sistem HVAC. Pada sistem ini cenderung tidak mengurangi kebutuhan energi, karena udara segar harus selalu di suplai secara mekanis. Jarak antara lapisan kaca berkisar dari 150 – 900mm, dan shading device dapat diletakkan di dalam rongga tersebut. Sistem ini untuk kondisi yang tidak memungkinkan ventilasi alami, misalnya pada lokasi dengan tingkat kebisingan tinggi, angin atau asap (gambar 3).



Gambar 2. Kinerja DSF pada berbagai variasi properti kaca oleh Chan dkk. Sumber: Barbosa, 2014

c) *Twin face system*

Sistem ini terdiri dari dinding tirai konvensional, atau dinding termal kulit bangunan berkaca tunggal. Lapisan kaca terluar dapat berupa kaca pengaman, kaca laminasi, atau kaca insulasi. Ruang interior pada sistem ini harus berjarak minimal 500 – 600 mm, dengan perangkat peneduh didalamnya. Kulit terluar berfungsi untuk melindungi perangkat peneduh (*shading device*) dari cuaca, sementara itu kulit bagian dalam berfungsi sebagai insulasi untuk meminimalkan kehilangan panas (lihat gambar 3).



Gambar 3. Tiga macam sistem penerapan DSF

Metode

Metode yang digunakan pada studi ini yaitu review literatur terhadap studi – studi DSF yang telah dilakukan sebelumnya di daerah tropis. Tujuan dari studi ini untuk membahas penerapan parameter desain DSF terhadap efisiensi penggunaan energi pada bangunan di daerah beriklim tropis. Penelitian – penelitian terdahulu yang di kaji yaitu, hasil studi yang dilakukan baik itu melalui eksperimen, atau hasil simulasi dengan menggunakan software. Parameter DSF yang dikaji pada review ini yaitu kedalaman rongga, material kaca, bukaan rongga bawah, posisi jendela, *shading device*, serta penggunaan sistem DSF seperti *buffer system*, *extract air system*, dan *twin face system*.

Hasil dan Pembahasan

Penerapan material kaca dan ukuran celah udara, pada studi yang dilakukan oleh (Rahmani dkk, 2012) menunjukkan bahwa desain DSF yang baik menunjukkan kinerja yang lebih dibandingkan fasad tunggal. Studi ini dilakukan dengan metode simulasi software FloVENT terhadap model bangunan kantor 10 lantai. Hasilnya menunjukkan, DSF dengan kedalaman celah udara sebesar 1m dapat menurunkan suhu sebesar 3° lebih dingin dibandingkan fasad tunggal. Sementara itu penggunaan material kaca anti matahari dapat menurunkan suhu hingga 2°. Dengan penurunan suhu

yang cukup signifikan, maka dapat berdampak pada penghematan energi didalam bangunan.

Aliran udara pada rongga DSF, umumnya terjadi karena adanya dorongan daya apung termal yang diinduksi oleh matahari, dan variasi tekanan yang dihasilkan dari efek aliran udara disekitar bangunan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Barbosa (2015) di Kota Rio de Janeiro menunjukkan penggunaan alat peneduh (*shading device*) di dalam rongga merupakan parameter yang paling berpengaruh dalam menciptakan kinerja termal, disusul oleh parameter kedalaman rongga. Penelitian ini dilakukan dengan metode modeling dan simulasi software IESVE, menunjukan optimalisasi model dapat mencapai 70% jam kerja dengan kenyamanan termal yang sesuai. Ini berarti, dapat meningkatkan efisiensi energi lebih baik lagi.

Selanjutnya Dewi, dkk (2020) melakukan studi DSF dengan sistem *Buffer* di Jakarta, dengan metode observasi dan pengukuran langsung pada objek bangunan. Dari hasil penelitian yang dilakukan, menunjukkan bahwa penggunaan DSF dapat diterapkan pada bangunan yang berada di daerah tropis. Sistem ini mampu menurunkan suhu dan menghemat penggunaan energi bangunan.

Studi DSF juga dilakukan oleh (Hay and Ostertag, 2018), dengan menggunakan *high performance green hybrid fiber-reinforced concrete* (HP-G-HyFRC) dan penilaian siklus hidup parsial pada proses pelaksanaan dan energi operasional. Dari hasil penelitian ini, menunjukkan penggunaan HP-G-HyFRC dapat mengurangi energi operasional bangunan dan emisi gas CO₂ sebesar 9,2 % per tahun.

Penggunaan alat peneduh didalam rongga dapat meningkatkan kemampuan DSF di daerah tropis, penggunaan DSF tanpa alat peneduh memungkinkan DSF tidak akan berkinerja dengan baik di daerah tropis. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Khirdzir dan Taib (2020) mengemukakan bahwa alat peneduh dengan sistem pasif atau aktif dapat mengurangi panas silau yang masuk ke dalam bangunan. Menurut (Khairdzir and Taib, n.d.) property DSF tertentu dapat berfungsi dengan baik di daerah beriklim tropis, dengan pertimbangan desain yang harus diperhatikan. Parameter desain DSF ditentukan oleh kedalaman rongga, alat peneduh, material kulit luar, material kaca, struktur dan bukaan rongga.

Tabel 1. Hasil kajian studi DSF berdasarkan parameter

No	Penulis	Lokasi	Parameter	Metode	Hasil
1	Rahmani, dkk (2012)	Malaysia	Ukuran Rongga udara	Simulasi CFD	Rongga udara memiliki peran penting dalam mengurangi perolehan panas dalam bangunan, meningkatkan ukuran rongga udara hingga 1 meter dapat mengurangi perolehan panas. Sehingga dapat mengurangi beban penggunaan listrik pada sistem pendinginan.
2	Barbosa, 2015	Rio de Janeiro	Kedalaman rongga, bukaan dasar rongga, dan posisi jendela	Simulasi model software IESVE	Desain DSF memenuhi kenyamanan termal di dalam bangunan, serta memiliki dampak yang signifikan terhadap konsumsi energi.
3	Barbosa, 2015	Brazil	Konfigurasi desain, orientasi DSF	Simulasi model	Orientasi utara merupakan orientasi terbaik untuk mencapai kenyamanan termal, serta berdampak pada efisiensi penggunaan energi
4	Dewi, dkk (2020)	Jakarta	Buffer sistem	Observasi, pengukuran	Penggunaan DSF dapat berpengaruh terhadap efisiensi energi, dan menurunkan suhu sebesar 0.7%
5	Khairdzir, Norhazwani dan Taib Nooriati (2020)	Malaysia	Kedalaman rongga, alat peneduh, material kaca kulit terluar, structure, bukaan rongga,	Analisis qualitative, dan studi kasus bangunan	Penggunaan DSF di daerah tropis dapat berfungsi dengan baik apabila di desain sesuai pertimbangan dan penentuan parameter desain yang sesuai.
6	Kurniansyah Rifki, dkk (2019)	Surabaya	Rongga udara jarak 30, 60, 90, 120	Simulasi Autodesk Ecotect Analysis 2011	Penggunaan <i>double skin fasad</i> dapat menurunkan konsumsi energi pada bangunan, dan mereduksi paparan radiasi matahari.
7	Qahtan (2019)	Malaysia	Orientasi	Observasi lapangan, dan pengukuran	Penerapan DSF di daerah Tropis lebih efektif, apabila diintegrasikan dengan penggunaan <i>Low-e film</i> , agar dapat mengurangi perolehan panas di dalam bangunan.

Qahtan (2019) melakukan penelitian dengan metode observasi lapangan dan pengumpulan data analisis termal terhadap DSF yang terpapar radiasi matahari langsung selama musim panas. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa DSF efektif dalam mengendalikan terjadinya perolehan panas akibat variasi suhu di dalam dan luar ruangan, namun DSF tidak cukup efektif untuk melindungi ruangan dari paparan radiasi matahari langsung di daerah tropis. Dengan mengintegrasikan penggunaan low-e film pada kaca selubung luar DSF maka dapat mengurangi perolehan panas, serta mendinginkan rongga udara.

Selanjutnya Kurniansyah, dkk (2019) melakukan studi DSF dengan mengukur perbandingan jarak rongga udara 30, 60, 90, 120 pada DSF tipe koridor. Studi ini dilakukan pada apartemen di Surabaya dengan menggunakan metode simulasi *software Autodesk ecotect analysis 2011*. Hasil penelitian ini menunjukkan jarak rongga udara 120 cm lebih efektif terhadap paparan radiasi matahari, serta efektif menurunkan konsumsi energi selama setahun sebesar 81.697 kwh untuk energi pendinginan, dan penurunan konsumsi energi sebesar 745.148 kwh untuk elektrikal.

Tabel 1. menunjukkan rangkuman hasil studi yang dilakukan oleh beberapa peneliti, di daerah tropis dengan lokasi yang berbeda, berdasarkan parameter DSF yang di

ukur, dengan metode yang berbeda. Sebagian besar menunjukkan hasil yang cukup signifikan dalam pemanfaatan DSF untuk efisiensi energi di daerah beriklim tropis.

Penutup

Studi ini mereview berbagai penelitian dengan mengkaji parameter DSF yang berpengaruh terhadap efisiensi energi bangunan. Hasilnya menunjukkan parameter DSF memiliki pengaruh yang cukup besar dalam efisiensi energi di daerah beriklim tropis. Berdasarkan hasil review di atas, maka dapat disimpulkan beberapa hal terkait penggunaan DSF pada bangunan di daerah tropis, yaitu:

- (1) Penentuan kedalaman rongga udara berperan penting dalam mereduksi penggunaan energi, kedalaman rongga udara sebesar 1m dapat mengurangi perolehan panas, sehingga dapat menurunkan penggunaan beban energi listrik oleh penggunaan AC.
- (2) Orientasi Utara merupakan orientasi terbaik untuk dapat mencapai kenyamanan termal dan berdampak pada efisiensi energi.
- (3) Penerapan DSF dengan desain yang tepat, serta penentuan parameter desain yang sesuai dapat mereduksi paparan sinar/radiasi matahari.

- (4) Dengan mengintegrasikan DSF dan *Low-e film*, maka dapat mengurangi perolehan panas di dalam bangunan, dan lebih menghemat energi.

Daftar Pustaka

- Ahmed, M.M.S., Abel-Rahman, A.K., Ali, A.H.H., Suzuki, M., (2015). Double Skin Façade: The State of Art on Building Energy Efficiency. *J. Clean Energy Technol.* 4, 84–89. <https://doi.org/10.7763/JOCET.2016.V4.258>
- Barbosa, S., Ip, K., (2014). Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 40, 1019–1029. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.192>
- Barbosa, S., Ip, K., Southall, R., (2015). Thermal comfort in naturally ventilated buildings with double skin façade under tropical climate conditions: The influence of key design parameters. *Energy Build.* 109, 397–406. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.029>
- Chan, A.L.S., Chow, T.T., Fong, K.F., Lin, Z., (2009). Investigation on energy performance of double skin façade in Hong Kong. *Energy Build.* 41, 1135–1142. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.05.012>
- Dixit, M.K., Fernández-Solis, J.L., Lavy, S., Culp, C.H., (2012). Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 3730–3743. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.021>
- Gratia, E., De Herde, A., (2007). The most efficient position of shading devices in a double-skin facade. *Energy Build.* 39, 364–373. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.09.001>
- Hay, R., Ostertag, C.P., (2018). Life cycle assessment (LCA) of double-skin façade (DSF) system with fiber-reinforced concrete for sustainable and energy-efficient buildings in the tropics. *Build. Environ.* 142, 327–341. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.024>
- Karyono, T.H., (2015). Building Design and Indoor Temperature Performance in the Humid Tropical Climate of Indonesia 1.
- Khairdzir, N., Taib, N., (2020). Properties and Design of Double Skin Facade in the Tropics.
- Kim, D., Cox, S.J., Cho, H., Yoon, J., (2018). Comparative investigation on building energy performance of double skin façade (DSF) with interior or exterior slat blinds. *J. Build. Eng.* 20, 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.08.012>
- Qahtan, A.M., (2019). Thermal performance of a double-skin façade exposed to direct solar radiation in the tropical climate of Malaysia: A case study. *Case Stud. Therm. Eng.* 14, 100419. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100419>
- Rahmani, B., Kandar, M.Z., Rahmani, P., (2012). How Double Skin Façade's Air-Gap Sizes Effect on Lowering Solar Heat Gain in Tropical Climate