

## Simulasi Model Rancangan Facade Bangunan Selimut Ganda untuk Bangunan yang Menerapkan Sistem Pendinginan Aktif Berbasis Iklim Tropis untuk Efisiensi Energi

**Taufik Wibowo, Yudhiarma**

*Jurusan Teknik Arsitektur Politeknik Negeri Pontianak*

*Jalan Ahmad Yani Pontianak, Indonesia 78124*

*Email: sandtafix@gmail.com*

**Abstrak:** Wilayah Indonesia beriklim tropis dan menikmati dua musim yaitu musim hujan dan musim panas. Radiasi matahari berpengaruh terhadap kenyamanan termal internal bangunan. Sehingga untuk menghalangi masuknya radiasi matahari tersebut bangunan dapat dilindungi dengan menggunakan selimut façade bangunan. Selimut façade bangunan merupakan penghalang yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luarnya. Selimut façade bangunan mendirikan sistem yang menciptakan ruang yang nyaman dengan secara aktif menanggapi lingkungan eksternal bangunan, dan secara signifikan mengurangi konsumsi energi bangunan (1). Tujuan dari penelitian ini adalah: untuk mengidentifikasi berbagai masalah desain dan kriterianya untuk aplikasi fisik konsep dan untuk menghasilkan model rancangan facade bangunan selimut ganda yang responsif terhadap lingkungan dan hemat energi terutama dalam konteks iklim tropis di kota Pontianak. Urgensi penelitian ini adalah bahwa kota Pontianak dengan julukan sebagai Kota Khatulistiwa yang berada tepat di garis equator yang beriklim tropis, dengan aktivitas komersial dan pertumbuhan bangunan gedung yang berkembang pesat dapat menggunakan beberapa strategi desain hemat energi seperti facade bangunan selimut ganda ini untuk meningkatkan kinerja energi bangunan yang ada. Signifikansi dari penelitian adalah bahwa merancang bangunan yang hemat energi dan berkelanjutan telah menjadi keharusan dan strategi desain untuk mencapai hal yang sama sebagai kebutuhan saat ini. Penelitian ini berharap dapat menganalisis potensi facade bangunan selimut ganda sebagai strategi desain hemat energi yang mungkin dan jika dapat berhasil diterapkan di iklim tropis di kota Pontianak dan akan menghasilkan sumber desain untuk penerapan fisik dari strategi tersebut. Kontribusi signifikan dari penelitian ini adalah: menguji penerapan konsep di iklim tropis di kota Pontianak; mengidentifikasi masalah yang mempengaruhi atau mempengaruhi fungsi façade bangunan dan kemudian mengusulkan pedoman untuk desain yang efektif, serta menghasilkan berbagai jenis alternatif desain yang unik untuk konteks lingkungan kota Pontianak. Dari pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat memperoleh hasil luaran penelitian berupa sebuah produk tipikal model rancangan façade bangunan selimut ganda (*double skin façade*) yang bisa dipasang sebagai modul dinding facade bangunan.

**Kata kunci:** Iklim tropis, kenyamanan termal, façade bangunan, selimut ganda

Wilayah Indonesia terletak membentang di sepanjang garis khatulistiwa. Berdasarkan sistem klasifikasi iklim Koppen wilayah Indonesia termasuk ke dalam kelompok Daerah beriklim tropis dengan karakteristik hanya mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim panas. Kondisi iklim tropis berpengaruh

terhadap kondisi kenyamanan termal bangunan gedung. Untuk menciptakan kenyamanan termal tersebut tantangan yang dihadapi adalah adanya radiasi matahari yang menembus kedalam bangunan. Sehingga untuk menghalangi masuknya radiasi matahari tersebut bangunan dapat dilindungi dengan

menggunakan façade bangunan. Facade bangunan menjalankan dua fungsi: pertama, merupakan penghalang yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luarnya; dan kedua, menciptakan citra bangunan. Facade bangunan dalam kaitannya dengan penghematan energi dapat didefinisikan sebagai penutup eksterior yang menggunakan energi sesedikit mungkin untuk menjaga lingkungan interior yang nyaman, yang meningkatkan kesehatan dan produktivitas penghuni gedung. Ini berarti bahwa facade bangunan bukan sekadar penghalang antara interior dan eksterior semata sebaliknya, mereka membangun sistem yang menciptakan ruang yang nyaman dengan secara aktif menanggapi lingkungan eksternal bangunan, dan secara signifikan mengurangi konsumsi energi bangunan (Aksamija, 2013).

Façade bangunan memainkan peran penting dalam manajemen perolehan panas matahari, kontrol beban termal, infiltrasi dan eksfiltrasi udara, ventilasi, kontrol kebisingan, kualitas desain dan definisi estetika. Pada desain façade bangunan tradisional menganggap bahwa selimut luar sebagai penghalang antara variabel iklim luar ruangan dan lingkungan interior yang sangat terkontrol. Efisiensi façade bangunan diukur dari kemampuannya untuk melindungi dari lingkungan luar ruangan sehingga sistem AC dapat mendinginkan seefisien mungkin. Pada konsep desain façade bangunan yang lebih baru melihat facade bangunan sebagai filter yang memoderasi antara lingkungan eksternal dan internal.

Desain façade bangunan seharusnya bisa mencapai tujuan yang kritis dan penting untuk konteks tertentu yang sedang dibangunnya. Facade bangunan di iklim tropis akan berbeda dalam desain, kinerja, dan penampilan dari façade bangunan di tempat yang beriklim dingin dan sedang. Tujuan dan kebutuhan desain mereka akan berbeda karena perbedaan

ekstrem dalam kondisi iklim eksternal dan penampilan mereka juga akan bervariasi karena perbedaan bahan dan teknologi konstruksi yang sangat berbeda.

Bangunan kontemporer dan desain façade bangunan di Indonesia masih sangat sedikit perhatian yang ditunjukkan untuk mendesain sesuai dengan iklim, dengan bahan asli, menggunakan strategi desain pasif dan aktif untuk mengurangi konsumsi energi dalam bangunan. Hasilnya adalah energi yang dibutuhkan untuk mendinginkan facade bangunan setinggi rasio lantai bangunan berlapis kaca. Hal ini menyebabkan tekanan pada penggunaan sumber energi secara keseluruhan.

Ada sejumlah strategi yang sedang dikembangkan untuk menggunakan potensi façade bangunan sebagai komponen penghemat energi utama dalam desain bangunan. Tujuan utama façade bangunan di daerah beriklim tropis yang panas harus dapat mengurangi perolehan panas matahari dan memberikan pencahayaan alami. Strategi yang dimaksud seperti menggunakan perangkat peneduh eksternal / internal, teknologi kaca canggih, sistem ventilasi pasif / aktif, dan sistem facade bangunan selimut ganda (*Building Skin Facades*), yang dengannya tujuan ini dapat dicapai. Konsep façade bangunan selimut ganda kini sedang berkembang dan menjadi analog dengan eksplorasi dalam arsitektur transparan dan kaca. Facade bangunan selimut ganda semakin diakui sebagai strategi desain yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dengan penghematan yang diperkirakan besar dalam biaya energi dan siklus hidup.

Permasalahannya adalah bahwa literatur dan data tentang kinerja facade bangunan selimut ganda dalam hal kenyamanan termal, kontrol penghuni, dan efisiensi energi pada iklim tropis seperti di Indonesia masih sangat terbatas. Efisiensi atau efektivitas penggunaan

facade bangunan selimut ganda di daerah beriklim tropis belum banyak diketahui atau terdokumentasikan. Penelitian ini mensimulasikan kinerja facade bangunan selimut ganda untuk bangunan yang menerapkan pendinginan aktif di iklim tropis di Kota Pontianak. Data yang diperoleh akan mengarah pada seperangkat pedoman untuk merancang model tipikal facade bangunan selimut ganda yang mampu mengurangi penggunaan energi (hemat energi) di iklim tropis di Kota Pontianak.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi berbagai masalah desain dan kriterianya untuk aplikasi fisik konsep dan untuk menghasilkan model rancangan facade bangunan selimut ganda yang responsif terhadap lingkungan dan hemat energi terutama dalam konteks iklim tropis di Kota Pontianak.

Dalam penelitian ini adalah bahwa pada iklim tropis di kota Pontianak, facade bangunan selimut ganda ini didefinisikan sebagai 'sepasang lapisan kaca yang dipisahkan oleh koridor udara' dan didesain lebih hemat energi daripada facade bangunan selimut tunggal konvensional. Pertanyaan penelitiannya adalah "Apa sajakah permasalahan desain dan kriterianya untuk aplikasi fisik konsep dan bagaimana model rancangan facade bangunan selimut ganda yang responsif terhadap lingkungan dan hemat energi terutama dalam konteks iklim tropis di Kota Pontianak?"

Urgensi penelitian ini adalah bahwa kota Pontianak dengan julukan sebagai Kota Khatulistiwa yang berada tepat di garis equator yang beriklim tropis, dengan aktivitas komersial dan pertumbuhan bangunan gedung yang berkembang pesat dapat menggunakan beberapa strategi desain hemat energi seperti facade bangunan selimut ganda ini untuk meningkatkan kinerja energi bangunan yang ada. Variabel penelitian mencakup jenis facade bangunan (selimut tunggal atau ganda) adalah sebagai variabel bebas dan efisiensi energi

adalah sebagai variabel terikat. Ukuran operasional yang digunakan untuk mengujinya adalah kinerja energi gedung.

Signifikansi dari penelitian adalah bahwa merancang bangunan yang hemat energi dan berkelanjutan telah menjadi keharusan dan strategi desain untuk mencapai hal yang sama sebagai kebutuhan saat ini. Penelitian ini berharap dapat menganalisis potensi facade bangunan selimut ganda sebagai strategi desain hemat energi yang mungkin dan jika dapat berhasil diterapkan di iklim tropis di kota Pontianak dan akan menghasilkan sumber desain untuk penerapan fisik dari strategi tersebut. Kontribusi signifikan dari penelitian ini adalah: menguji penerapan konsep di iklim tropis di kota Pontianak; mengidentifikasi masalah yang mempengaruhi atau mempengaruhi fungsi facade bangunan dan kemudian mengusulkan pedoman untuk desain yang efektif, serta menghasilkan berbagai jenis alternatif desain yang unik untuk konteks lingkungan kota Pontianak

Luaran wajib penelitian terapan ini berupa sebuah produk tipikal model rancangan dinding selimut ganda yang bisa dipasang pada facade bangunan (*double skin facade*).

**Facade Bangunan.** Untuk sebagian besar bangunan, facade mempengaruhi anggaran energi bangunan dan kenyamanan penghuninya lebih dari sistem lainnya. Untuk memberi penghuni lingkungan yang nyaman dan aman, facade harus memenuhi banyak fungsi yang diantaranya adalah menghalangi perolehan panas matahari yang tidak diinginkan, melindungi penghuni dari kebisingan luar dan suhu ekstrim, dan menahan penetrasi udara dan air (Aksamija, 2013)

Facade bangunan menjalankan dua fungsi: pertama, merupakan penghalang yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luarnya; dan kedua, menciptakan citra

bangunan. Facade bangunan dalam kaitannya dengan penghematan energi dapat didefinisikan sebagai penutup eksterior yang menggunakan energi sesedikit mungkin untuk menjaga lingkungan interior yang nyaman, yang meningkatkan kesehatan dan produktivitas penghuni gedung. Ini berarti bahwa facade bangunan bukan sekadar penghalang antara interior dan eksterior; sebaliknya, mereka membangun sistem yang menciptakan ruang

yang nyaman dengan secara aktif menanggapi lingkungan eksternal bangunan, dan secara signifikan mengurangi konsumsi energi bangunan. (Aksamija, 2013)

Berikut adalah tabel 1. Kondisi lingkungan dan sifat elemen facade yang memengaruhi kenyamanan termal, visual, dan akustik.

**Tabel 1. Kondisi lingkungan dan sifat elemen facade yang memengaruhi kenyamanan termal, visual, dan akustik**

Environmental conditions	Thermal comfort	Visual comfort	Acoustic comfort
<b>Outdoor design criteria</b>	Sun and wind obstructions Building dimensions Air temperature range Relative humidity range Wind velocity Solar radiation	Wies and daylight abstractions Building dimensions Latitude and location Time of day External horizontal illuminance Ground reflectivity	Noise obstructions Building dimensions Exterior noise level Exterior noise source
<b>Indoor design criteria</b>	Space dimensions User's activity level User's clothing insulations	Space dimensions Colors of surfaces Working plane location	Space dimensions Absorption coefficients of interior surfaces
<b>Indoor comfort criteria</b>	Air temperature Relative humidity Air velocity Mean radiant temperature	Illuminance level and distribution Glare index	Acceptable interior noise levels
<b>Opaque Facades</b>	Material properties of cladding Amount of insulation Effective heat resistance properties (R-values)	Window-to-wall ratio	Material selections and properties
<b>Glazing</b>	Orientation Number of glass layers Layer thicknesses Heat transfer coefficient (U-value) Visual transmittance Solar heat gain coefficient (SHGC)	Orientations Window properties, size, locations, and shape Glass thickness and color Visual transmittance Reflectance	Number of layers Layer thicknesses Layer density
<b>Frames and supporting structure for glazed facades</b>	Thermal properties of the frames		

Metode dasar untuk merancang facade bangunan berkinerja tinggi meliputi: Mengorientasikan dan mengembangkan geometri dan massa bangunan untuk merespon posisi matahari; Menyediakan pelindung matahari untuk mengontrol beban pendinginan dan meningkatkan kenyamanan termal; Menggunakan ventilasi alami untuk mengurangi beban pendinginan dan meningkatkan kualitas udara; Meminimalkan energi yang digunakan untuk

penerangan buatan dan pendinginan dan pemanasan mekanis dengan mengoptimalkan isolasi dinding luar dan penggunaan pencahayaan alami; Dalam memilih strategi desain, kita perlu mempertimbangkan kondisi zona iklim untuk meminimalkan dampaknya dan mengurangi konsumsi energi.

Facade bangunan mempunyai variasi yang meliputi facade selimut tunggal (*single skin façades*) dan facade selimut ganda (*double*

*skin facades*). Selimut tunggal terdiri dari sistem dinding eksterior tunggal, yang dapat menggunakan garis pertahanan ganda terhadap infiltrasi air dan udara dengan jendela kaca dua atau tiga lapis. Sedangkan facade selimut ganda pada dasarnya berbeda. Mereka terdiri dari sistem dinding kaca eksterior dan interior yang berbeda, dipisahkan oleh rongga udara berventilasi. Rongga menciptakan penyangga termal antara lingkungan interior dan eksterior. Rongga udara dapat diventilasi oleh konveksi alami yang disebabkan oleh udara hangat yang naik secara alami, oleh perangkat mekanis, atau dengan mode hybrid yang menggabungkan keduanya. Pada beberapa desain facade selimut ganda, rongga udara disela secara vertikal atau horizontal (atau keduanya) oleh partisi padat atau berlubang. Pemilihan jenis kaca, lebar dan partisi rongga udara, dan mode ventilasi tergantung pada iklim, orientasi bangunan, dan persyaratan desain.

Facade Selimut Ganda diberi nama dengan cara yang berbeda antara lain: Façade Selimut Ganda (*Double-Skin Façade*); Façade Aktif (biasanya bila ventilasi rongga udara bersifat mekanis) (*Active Façade*); Façade Pasif (biasanya saat ventilasi rongga udara alami) (*Passive Façade*); Façade Ganda (*Double Façade*); Amplop Ganda (Façade) (*Double Envelope (Façade)*); Façade Kaca Berlapis Ganda (*Dual-Layered Glass Façade*); Façade Dinamis (*Dynamic Façade*); Façade Filter Dinding (*Wall-Filter Façade*); Lingkungan Sistem Selimut Kedua (*Environmental Second Skin System*); Façade Hemat Energi (*Energy Saving Façade*); Façade Berventilasi (*Ventilated Façade*); Façade Daun Ganda (*Double- Leaf Façade*); Façade Hemat Energi (*Energy Saving Façade*); Façade Lingkungan (*Environmental Façade*); Façade Multi-Selimut (*Multiple-Skin Façades*); Façade Kaca Cerdas (*Intelligent Glass Façade*); Bagian Depan / Sistem Selimut Kedua (*Second Skin Façade/System*); Jendela Aliran Udara (*Airflow Window*); Jendela Pasokan Udara (*Supply Air Window*); Jendela Knalpot / Façade (*Exhaust Window/Façade*); Dinding Tirai Selimut Ganda (*Double Skin*

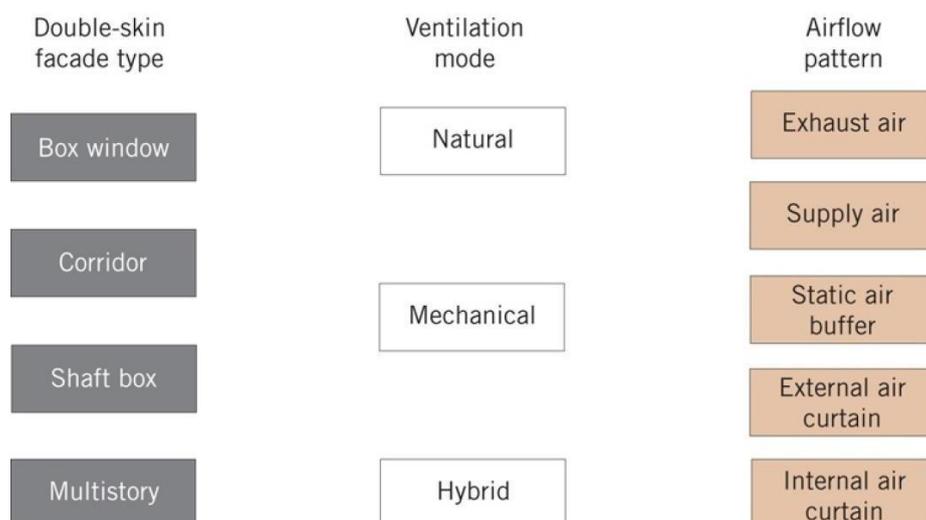
*Curtain Wall*); dan Façade Selimut Kembar (*Twin Skin Façade*).

Menurut Belgian Building Research Institute [BBRI], (2002), "Facade aktif adalah facade yang menutupi satu atau beberapa lantai yang dibangun dengan beberapa lapisan selimut. Selimut bisa kencang atau tidak. Pada facade semacam ini, rongga udara yang terletak di antara selimut diberi ventilasi alami atau mekanis. Strategi ventilasi rongga udara dapat bervariasi dengan waktu. Perangkat dan sistem umumnya terintegrasi untuk meningkatkan iklim dalam ruangan dengan teknik aktif atau pasif. Sering kali, sistem seperti itu dikelola dengan cara semi otomatis melalui sistem kontrol."

Harrison dan Boake, (2003) menggambarkan sistem *Double Skin Façade* sebagai "pada dasarnya sepasang" selimut "kaca yang dipisahkan oleh koridor udara. Lapisan utama kaca biasanya merupakan penyekat. Ruang udara di antara lapisan kaca bertindak sebagai isolasi terhadap suhu ekstrim, angin, dan suara. Perangkat peneduh matahari sering kali terletak di antara dua selimut. Semua elemen dapat diatur secara berbeda menjadi jumlah permutasi dan kombinasi membran padat dan diaphanous".

Arons, (2001) mendefinisikan *Double Skin Façade* sebagai "façade yang terdiri dari dua elemen planar berbeda yang memungkinkan udara interior atau eksterior bergerak melalui sistem. Ini kadang-kadang disebut sebagai selimut kembar."

Uuttu, (2001) menggambarkan *Double Skin Façade* sebagai "sepasang selimut kaca yang dipisahkan oleh koridor udara (juga disebut rongga atau ruang tengah) dengan lebar mulai dari 20 cm hingga beberapa meter. Selimut kaca dapat meregang di seluruh atau sebagian struktur. Lapisan kaca utama, biasanya isolasi, berfungsi sebagai bagian dari dinding struktural konvensional atau dinding tirai, sedangkan lapisan tambahan, biasanya kaca tunggal, ditempatkan di depan atau di



**Gambar 1. Klasifikasi facade selimut ganda**

belakang kaca utama. Lapisan tersebut membuat ruang udara di antara keduanya berfungsi untuk keuntungan bangunan terutama sebagai isolasi terhadap suhu dan suara yang ekstrem. "

Saelens, (2002) mendefinisikan facade multi-selimut sebagai "konstruksi selubung, yang terdiri dari dua permukaan transparan yang dipisahkan oleh rongga, yang digunakan sebagai saluran udara. Definisi ini mencakup tiga elemen utama: (1) konstruksi selubung, (2) transparansi permukaan pembatas, dan (3) aliran udara rongga. "

Menurut Claessens dan DeHerde "facade selimut kedua adalah selubung bangunan tambahan yang dipasang di atas facade yang ada. Facade tambahan ini terutama transparan. Ruang baru antara secondskin dan façade asli merupakan buffer zone yang berfungsi untuk mengisolasi bangunan. Ruang penyangga ini juga dapat dipanaskan oleh radiasi matahari, tergantung pada orientasi facade. Untuk sistem berorientasi selatan, udara panas matahari ini digunakan untuk tujuan pemanasan di musim dingin. Itu harus dilepaskan untuk mencegah panas berlebih di periode lain. "

Compagno, (2002) menggambarkan Double Skin Façade sebagai "susunan dengan selimut kaca di depan facade bangunan yang sebenarnya. Perangkat pengatur tenaga surya ditempatkan di rongga antara dua selimut ini,

yang melindunginya dari pengaruh cuaca dan polusi udara, faktor yang sangat penting di gedung bertingkat atau yang terletak di dekat jalan yang sibuk. "

Dari beberapa definisi diatas dapat disimpulkan bahwa Façade Selimut Ganda (*double skin facades*) adalah sistem yang terdiri dari dua lapisan kaca yang ditempatkan sedemikian rupa sehingga udara mengalir di rongga perantara. Ventilasi rongga bisa alami, didukung kipas atau mekanis. Terlepas dari jenis ventilasi di dalam rongga, asal dan tujuan udara dapat berbeda tergantung pada kondisi iklim, penggunaan, lokasi, jam kerja bangunan dan strategi HVAC. Selimut kaca dapat berupa unit kaca tunggal atau ganda dengan jarak dari 20 cm hingga 2 meter. Seringkali, untuk alasan perlindungan dan ekstraksi panas selama periode pendinginan, perangkat peneduh matahari ditempatkan di dalam rongga. Facade selimut ganda diklasifikasikan menurut cara partisi rongga udara (jenis facade), mode ventilasi, dan pola aliran udara, seperti yang terlihat pada Gambar . Ketiga variabel ini dapat digabungkan dengan berbagai cara untuk berbagai kemungkinan desain.

Jenis facade dasar selimut ganda meliputi: **Facade jendela kotak**, yang memiliki sekat

horizontal di tiap lantai, serta sekat vertikal antar jendela. Setiap rongga udara biasanya berventilasi secara alami.

**Facade koridor**, yang memiliki rongga udara horizontal tanpa gangguan untuk setiap lantai, tetapi secara fisik dipartisi di lantai. Ketiga mode ventilasi tersebut dimungkinkan.

**Facade kotak poros**, yang serupa dengan facade koridor, tetapi menggunakan poros vertikal untuk ventilasi alami dengan efek tumpukan. Ventilasi mode hibrid sering digunakan untuk tipe facade ini.

**Facade bertingkat**, yang memiliki rongga udara tanpa gangguan tinggi dan lebar penuh facade. Ketiga mode ventilasi dapat digunakan.

Pemilihan mode ventilasi selimut ganda (alami, mekanis, atau hibrida) harus didasarkan pada lokasi bangunan (mis. Zona iklim). Pendekatan partisi harus didasarkan pada biaya, persyaratan fungsional, dan jumlah lantai. Ventilasi alami rongga udara bekerja paling baik di iklim sedang atau dingin; ventilasi mekanis mungkin diperlukan untuk iklim panas. Sistem hibrida akan sering menggunakan ventilasi alami selama bulan-bulan musim dingin yang lebih dingin dan ventilasi mekanis selama bulan-bulan musim panas, menjadikan mode ini berlaku untuk iklim campuran.

Pola aliran udara yang berbeda bergantung pada lokasi pemasukan dan pembuangan udara. Banyak keputusan desain yang terkait dengan facade selimut ganda bergantung pada pemilihan jenis facade, mode ventilasi, dan pola aliran udara. Misalnya, jenis unit kaca yang digunakan untuk selimut interior dan eksterior sebagian bergantung pada mode ventilasi. Jika facade berventilasi alami, unit insulasi kaca ganda biasanya digunakan untuk selimut bagian dalam sebagai pelindung termal dan unit kaca tunggal untuk selimut eksterior guna

memastikan efek tumpukan terjadi. Ketika ventilasi mekanis digunakan, biasanya yang terjadi adalah sebaliknya: unit isolasi digunakan untuk selimut luar dan kaca tunggal untuk selimut dalam. Saat perangkat peneduh digunakan, mereka biasanya ditempatkan di antara dua selimut untuk membatasi perolehan matahari di dalam rongga.

Facade Selimut Ganda merupakan trend arsitektur yang sebagian besar didorong oleh: keinginan estetika untuk semua facade kaca yang mengarah pada peningkatan transparansi; kebutuhan praktis untuk memperbaiki lingkungan dalam ruangan; perlunya perbaikan akustik pada gedung-gedung yang terletak di daerah yang tercemar kebisingan; pengurangan penggunaan energi selama tahap okupasi sebuah bangunan.

Meskipun konsep Façade Selimut Ganda bukanlah hal baru, namun arsitek dan insinyur cenderung menggunakannya. Karena fungsi tipe facade ini belum diselidiki secara menyeluruh, dalam literatur yang ada, dapat ditemukan laporan yang memprioritaskan tujuan utama sistem ini dengan cara yang berbeda. Konsep Façade Selimut Ganda kompleks dan penggunaan serta fungsinya mempengaruhi parameter bangunan yang berbeda (yang sering berinteraksi satu sama lain, misalnya siang hari, ventilasi alami, kualitas udara dalam ruangan, akustik, kenyamanan termal dan visual, penggunaan energi, lingkungan profil, dll) literatur yang dipelajari berasal dari berbagai bidang.

Strategi desain yang berbeda diperlukan untuk zona iklim yang berbeda. Metode dasar untuk merancang facade bangunan berkinerja tinggi meliputi: Mengorientasikan dan mengembangkan geometri dan massa bangunan untuk merespon posisi matahari; Menyediakan pelindung matahari untuk mengontrol beban pendinginan dan meningkatkan kenyamanan termal; Menggunakan

ventilasi alami untuk mengurangi beban pendinginan dan meningkatkan kualitas udara; Meminimalkan energi yang digunakan untuk penerangan buatan dan pendinginan dan pemanasan mekanis dengan mengoptimalkan isolasi dinding eksterior dan penggunaan pencahayaan alami

Dalam memilih strategi desain, perlu mempertimbangkan kondisi zona iklim untuk meminimalkan dampaknya dan mengurangi konsumsi energi (Aksamija, 2013). Dalam iklim yang didominasi pendinginan, perlindungan dari matahari dan radiasi matahari langsung menjadi lebih penting. Strategi desain untuk façade bangunan berkelanjutan antara lain: Kontrol surya: perlindungan facade dari radiasi matahari langsung melalui metode peneduh sendiri (bentuk bangunan) atau perangkat peneduh; Pengurangan perolehan panas ekster-nal: perlindungan dari perolehan panas mata-hari melalui infiltrasi (dengan menggunakan elemen facade buram yang terisolasi dengan baik) atau konduksi (dengan menggunakan perangkat peneduh); Pendinginan: penggunaan ventilasi alami dimana karakteristik lingkungan dan fungsi bangunan memungkinkan; Siang hari: penggunaan sumber cahaya alami sambil meminimalkan perolehan panas matahari melalui penggunaan perangkat peneduh dan rak lampu.

Dalam beberapa kasus, kondisi iklim lokal, atau iklim mikro, mungkin berbeda dari kondisi umum zona iklim tersebut. Desainer perlu menanggapi karakteristik spesifik dari sebuah lokasi bangunan.

**Pendinginan.** Sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) biasanya mengonsumsi 30-50% energi di bangunan rumah tangga dan komersial (Gruber et al. 2008) dalam (Cheshmehzangi and Butters 2018). Di daerah dengan suhu dan kelembaban tinggi, ventilasi merupakan salah satu alat pendingin utama untuk meningkatkan

kenyamanan termal (Givoni 2011; Dawodu dan Cheshmehzangi 2017) dalam (Cheshmehzangi and Butters 2018). Konsumsi energi yang tinggi, kekurangan sumber energi konvensional dan kenaikan harga energi telah mendorong penilaian ulang AC konvensional, HVAC, dan praktik desain. Ada fokus baru pada teknik desain energi pasif untuk mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kenyamanan termal dan kesehatan sekaligus mengurangi dampak lingkungan (Geetha dan Velraj 2012; Dili dkk. 2011; Dawodu dan Cheshmehzangi 2017) dalam (Cheshmehzangi and Butters 2018). Pandangan desain pasif ini melampaui bangunan dan berkaitan dengan seluruh lingkungan perkotaan dari skala lingkungan (tingkat meso) hingga skala kota (tingkat makro).

Faktor kesejahteraan manusia termasuk kenyamanan fisiologis sebagian bersifat subjektif. Diakui dengan baik bahwa kenyamanan adalah variabel individu dan budaya (Nicol 2004; Kwong et al. 2014) dalam (Cheshmehzangi and Butters 2018). Di daerah tropis, suhu sekitar 29–30°C dianggap cukup nyaman. Diakui juga bahwa penghuni merasa lebih nyaman di ruangan tempat mereka dapat mengontrol suhu dalam ruangan, dibandingkan dengan lingkungan AC otomatis. Ini juga dapat menyebabkan konsumsi energi yang lebih rendah. Tetapi suhu dan kelembaban yang berlebihan menyebabkan ketidaknyamanan dan kesehatan yang buruk, terutama bila dikombinasikan dengan polusi udara kota, dan dalam kasus ekstrim kematian, yang diramalkan akan meningkat di masa depan karena meningkatnya efek UHI (*Urban Heat Inland*) dan pemanasan global.

Baik pemanasan maupun pendinginan ruang melibatkan perbedaan suhu yang kecil: kita perlu menaikkan atau menurunkan suhu lingkungan biasanya hanya 10–30°C. Namun demikian, lebih mudah untuk mentolerir suhu

tinggi daripada mentolerir dingin untuk waktu yang lama. Untuk alasan termodinamika, pemanasan seringkali lebih mudah secara teknis daripada pendinginan. Sumber panas bebas atau hampir bebas yang tersedia di lingkungan relatif banyak; termasuk energi matahari, panas limbah dari industri dan panas bumi (bawah tanah). Dalam iklim dingin, panas bebas yang dihasilkan oleh lampu, peralatan memasak, dan tubuh manusia juga merupakan sumber yang berguna sedangkan peningkatan panas dalam ruangan seperti itu tidak disukai di iklim panas. Sebaliknya, sumber dingin alami yang tersedia jauh lebih terbatas; mereka dapat mencakup udara dingin yang tersedia di malam hari, dan air dingin dari sungai, laut, atau danau.

Kota sebagai lingkungan binaan sendiri merupakan penyebab terjadinya heat island effect, karena bentuknya dan permukaan yang keras yang memerangkap radiasi matahari. Di sinilah vegetasi, danau, atap hijau, permukaan reflektif, dan tindakan pasif lainnya semuanya memberikan efek pendinginan. Kota-kota juga sangat menghambat sarana utama pendinginan alami, angin, karena tata letak yang padat dan hambatan pergerakan udara yang dibentuk oleh bangunan. Namun, masalah inti dengan solusi energi yang dominan saat ini, adalah AC mekanis, bahwa dalam mendinginkan ruang individu, ia membuang limbah panas ke udara kota; sehingga meningkatkan panas kota secara keseluruhan. Karenanya, ada tiga opsi umum (Cheshmehzangi and Butters 2018). Yang pertama adalah 'desain dengan alam' yang menyesuaikan iklim, baik pada tingkat bangunan individu dan tata letak perkotaan; dalam kasus terbaik ini dapat menghilangkan kebutuhan akan pendinginan untuk semua atau sebagian besar tahun. Kedua adalah efisiensi teknologi, mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan oleh peralatan seperti AC untuk memberikan tingkat kenyamanan tertentu. Pilihan ketiga adalah menghilangkan produksi

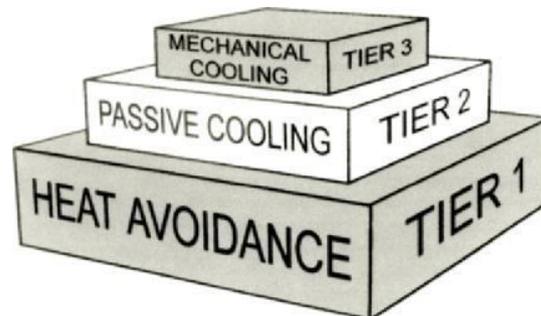
panas yang tidak diinginkan dari pusat kota sama sekali. Solusi ini, yaitu pendinginan distrik pada tingkat makro, satu-satunya cara untuk tidak hanya menghentikan peningkatan panas kota tetapi juga menguranginya. Dapat ditambahkan bahwa hal yang sama berlaku untuk sumber utama panas kota lainnya, yaitu kendaraan; untuk mengurangi ini, seseorang harus menghilangkan sumber panas dari dalam kota, baik dengan mengurangi volume lalu lintas atau dengan menggantinya sejauh mungkin dengan moda transportasi listrik dan non-panas lainnya. Tantangan utamanya bukanlah pada teknis tetapi pada sumber daya, kebijakan dan implementasi.

Untuk mencapai kenyamanan termal di musim panas dengan cara yang lebih berkelanjutan, seseorang harus menggunakan pendekatan desain tiga tingkat (Lechner 2015). Tingkat pertama terdiri dari penghindaran panas. Pada level ini, desainer melakukan segala kemungkinan untuk meminimalkan perolehan panas di dalam gedung. Strategi pada tingkat ini mencakup penggunaan naungan, orientasi, warna, vegetasi, isolasi, cahaya matahari, dan pengendalian sumber panas internal secara tepat.

Karena penghindaran panas biasanya tidak cukup dengan sendirinya untuk menjaga suhu dalam ruangan cukup rendah sepanjang musim panas, strategi tingkat kedua dari pendinginan pasif juga harus digunakan. Dengan beberapa sistem pendingin pasif, suhu sebenarnya diturunkan dan tidak hanya diminimalkan, seperti halnya penghindaran panas. Pendinginan pasif juga mencakup penggunaan gerakan udara untuk menggeser zona nyaman ke suhu yang lebih tinggi. Di banyak iklim, ada kalanya upaya gabungan penghindaran panas dan pendinginan pasif masih belum cukup untuk menjagakenyamanan termal. Untuk alasan ini, peralatan mekanis

tingkat ketiga biasanya diperlukan. Dalam proses desain berkelanjutan, peralatan ini harus mendinginkan hanya apa yang tidak dapat dicapai oleh penghindaran panas dan

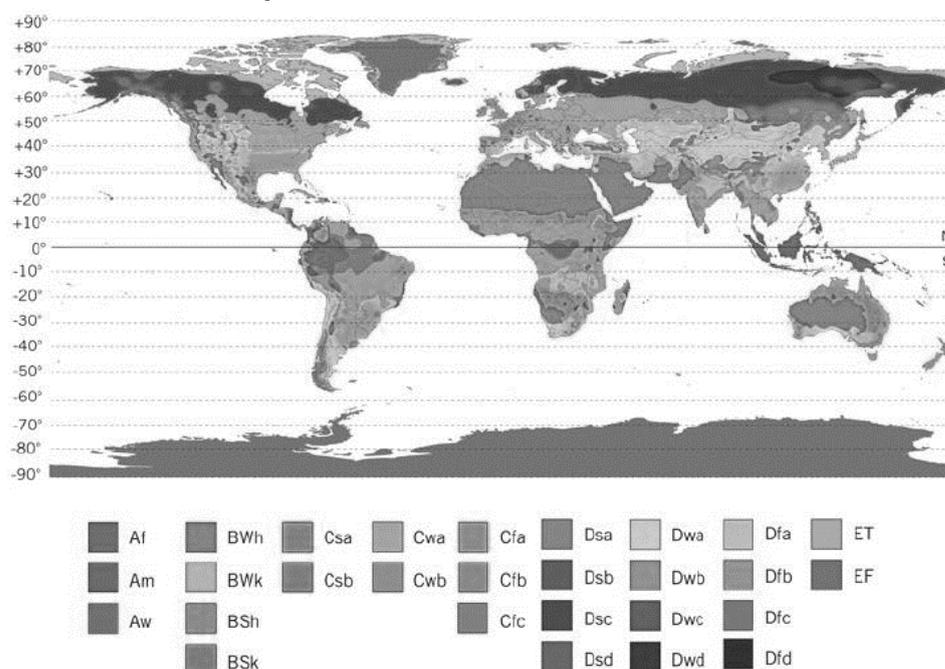
pendinginan pasif. Akibatnya, peralatan mekanis akan menjadi sangat kecil dan hanya menggunakan sedikit energi, sehingga menghemat uang dan lingkungan.



**Gambar 2.** Pendinginan berkelanjutan dicapai dengan pendekatan desain tiga tingkat

**Iklm Tropis.** Sistem Klasifikasi Iklim Koppen adalah salah satu metode pertama untuk mengkategorikan iklim yang berbeda. (Aksamija 2013) Ini terdiri dari lima kelompok iklim utama, yang masing-masing dibagi lagi menjadi satu atau lebih sub kelompok. Lima kelompok utama diberi label dengan huruf A sampai E, dan sub kelompok diberi kode dua dan tiga huruf untuk menunjukkan suhu relatif, curah hujan rata-rata, dan (jika relevan)

vegetasi asli. Seluruh dunia dapat diklasifikasikan menggunakan sistem ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan sistem klasifikasi iklim koppen, Iklim tropis (Tropical climate) berada pada kategori kelompok iklim utama A dan mempunyai 3 sub kelompok yaitu: Tropical rainforest (Af), Tropical Monsoon (Am), dan Tropical wet and dry atau savanah climate (Aw). Lihat Tabel 2.



**Gambar 3.** Sistem Klasifikasi Iklim Koppen

**Tabel 1. Iklim Tropis menurut Sistem**

Group	Subgroup	Characteristics	Regions
<b>A: Tropical climate</b> Nonarid climate throughout the entire year Mean temperature of 64°F (18°C) Warm to hot, and moist, during the entire year	Af: Tropical rainforest	No dry season, average annual rainfall at least 2.4 in. (60 mm)	Typically within 5° – 10° latitude from equator
Af: Tropical rainforest	Am: Tropical monsoon	Short wet season and long dry season, annual precipitation less than 2.4 in. (60 mm)	Most common in southern Asia and west Africa
Am: Tropical monsoon Aw: Tropical wet and dry or savannah climate	Aw: Tropical wet and dry or savannah climate	Distinct dry season, annual rainfall less than 2.4 in. (60 mm)	Most common in central Africa

**Klasifikasi Iklim Koppen.** Maxwell Fry menyatakan bahwa ada empat faktor kunci yang menjadi dasar arsitektur tropis, yaitu: a) Temperatur udara; b) Kelembapan udara; c) Pergerakan udara. Menurut Evans Martin (dalam Nugroho, 2006), daerah dengan karakteristik tropis, panas lembab mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: (a) temperatur udara 20°C- 30°C, (b) kelembapan. udara yang cukup tinggi > 60% dan antara 90% - 100% pada keadaan maksimum, (c) curah hujan yang tinggi rata-rata di atas 1000 mm/th, dan (d) kondisi langit yang rata-rata berawan sekitar 5%.

**Kenyamanan Termal.** Kondisi nyaman secara termal merupakan salah satu dasar kebutuhan fisik/biologis manusia. Proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh manusia mengeluarkan kalor yang harus dilepaskan dari tubuh agar temperatur tubuh tetap terjaga. Faktor yang mempengaruhi pelepasan panas dari tubuh manusia dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu faktor lingkungan, faktor tubuh dan faktor luar yang mempengaruhi. (Szokolay, 2008).

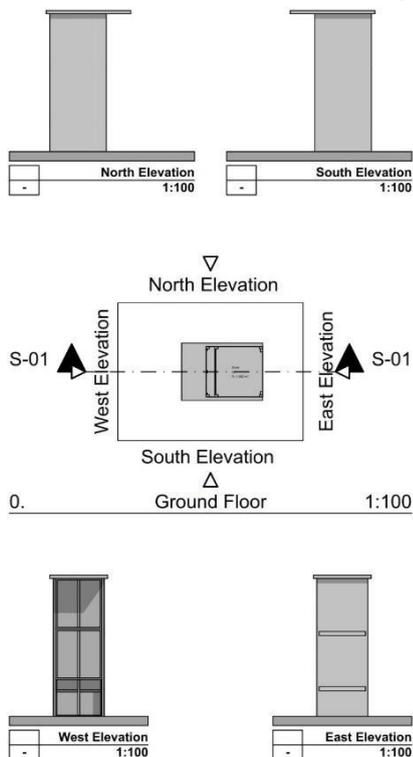
Temperatur udara merupakan faktor paling dominan yang menentukan pelepasan kalor tubuh secara konvektif. Pergerakan udara dapat mempercepat proses konveksi sekaligus proses penguapan dari Selimut dan menghasilkan efek pendinginan. Kelajuan angin sampai dengan 0,5 m/detik masih dirasakan nyaman, sampai dengan 1 m/detik dirasakan

namun siaga, sementara di atas kelajuan tersebut sudah dirasakan tidak nyaman. Namun pada kondisi sangat panas, kelajuan aliran udara sampai dengan 2 m/detik masih dapat diterima (Szokolay, 2008).

Secara umum kondisi termal tropis basah tidak dirasa nyaman. Karena temperatur udara seringkali mendekati temperatur Selimut, pelepasan kalor dari tubuh melalui konveksi atau konduksi menjadi sulit juga. Cara utama untuk mendapatkan kenyamanan termal adalah dengan menurunkan kalor melalui pergerakan udara (Szokolay, 2008).

**Efisiensi Energi.** Mengoptimalkan efisiensi energi dalam sebuah gedung adalah tindakan menghemat biaya untuk mengurangi emisi karbon (Tang, et al. 2016). Sayangnya, tidak ada solusi ajaib dalam hal efisiensi energi di gedung perkantoran di daerah beriklim tropis. Dengan kata lain, tidak ada satupun item yang dapat mengurangi konsumsi energi bangunan hingga 50% atau lebih. Efisiensi energi di gedung perkantoran dalam iklim tropis ini harus ditangani secara holistik dengan menangani setiap peluang yang tersedia. Rincian energi khas di gedung perkantoran adalah untuk AC, penerangan listrik dan untuk daya kecil (peralatan). Selain itu, konsumsi energi AC tidak hanya karena panas dari solar gain di dalam gedung, tetapi juga karena panas dari penerangan listrik, peralatan listrik, konduksi (melalui selimut gedung), penyediaan udara segar di dalam gedung dan hunian

manusia. Masing-masing item ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap energi AC yang digunakan. Kecuali jika AC tidak digunakan sama sekali, tidak mungkin untuk

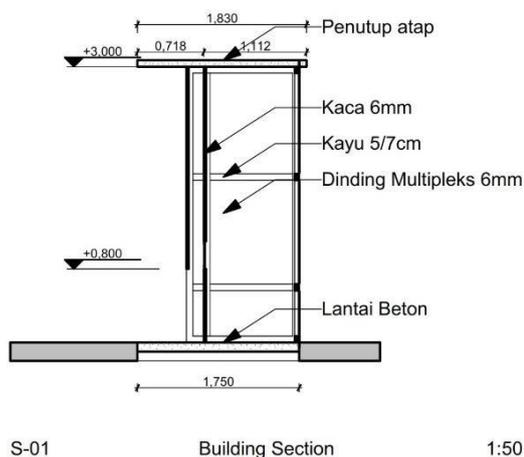


**Gambar 4. Gambar rancangan denah tampak model bangunan**

Karena kemajuan teknologi yang pesat di dalam penerangan listrik, AC, dan ketersediaan energi yang murah mulai pertengahan abad ke-20 dan seterusnya, praktik desain efisiensi energi yang tidak sehat telah merayap ke dalam desain dan pengoperasian bangunan. Saat ini, seseorang dapat dengan mudah mengidentifikasi ratusan, bahkan ribuan, item dalam desain dan konstruksi bangunan yang dapat dibuat lebih baik untuk membantu meningkatkan efisiensi energi dalam bangunan. Banyak produsen dan pemasok produk bangunan yang secara agresif memasarkan bahan bangunan dengan klaim dapat meningkatkan efisiensi energi pada bangunan.

Dengan banyaknya pilihan yang tersedia di pasar, ini menjadi sangat membingungkan

mengurangi konsumsi energi dalam sebuah gedung hingga 50% atau lebih dengan menanganinya hanya satu item saja.



**Gambar 5. Gambar rancangan potongan model dan bangunan**



**Gambar 6. Rancangan model bangunan untuk pengujian simulasi**

bagi para perancang bangunan. Selain itu, karena kompleksitas efisiensi energi dalam

gedung, pasar mudah menyesatkan dengan memberikan dan/atau menahan informasi. Salah satu contoh sederhana yang sering terdengar di industri adalah 'oversell' untuk mengurangi perolehan panas matahari di gedung. Meskipun benar bahwa pengurangan perolehan matahari dalam sebuah gedung memainkan peran yang sangat penting dalam efisiensi energi gedung, klaim dari pengurangan 50% perolehan matahari di gedung-gedung adalah tidak sama dengan pengurangan 50% konsumsi energi gedung.

Tergantung pada beban pendinginan, sistem pendingin tipikal dapat terdiri dari pendingin, pompa air dingin, pompa air kondensor dan menara pendingin atau hanya unit kompresor berpendingin udara sederhana yang ditempatkan di luar ruangan (seperti dalam sistem pendingin udara unit terpisah). Efisiensi sistem pendingin dapat sangat bervariasi tergantung pada kombinasi peralatan yang dipilih oleh perancang sistem pendingin udara berdasarkan konsep anggaran dan desain yang tersedia. Bahwa efisiensi energi pada bangunan harus diprioritaskan menurut tujuh (7) langkah dasar berikut ini (Tang, et al. 2016): 1) Efisiensi Sistem Chiller; 2) Efisiensi Pencahayaan; 3) Kurangi Beban Daya Kecil; 4) Efisiensi Kipas; 5) Pengendalian Asupan dan Infiltrasi Udara Segar 6). Pengendalian perolehan Panas Matahari; 7) Insulasi Selimut Bangunan.

Sifat facade bangunan hemat energi termasuk diantaranya adalah membiarkan cahaya matahari masuk ke dalam gedung; mencegah panas matahari yang tidak diinginkan memasuki gedung; menyimpan panas di dalam massa dinding; mencegah perpindahan panas melalui peningkatan insulasi; mencegah udara atau kelembaban melewati facade; dan memungkinkan ventilasi alami untuk mendinginkan interior bangunan (Aksamija, 2013). Properti ini sangat

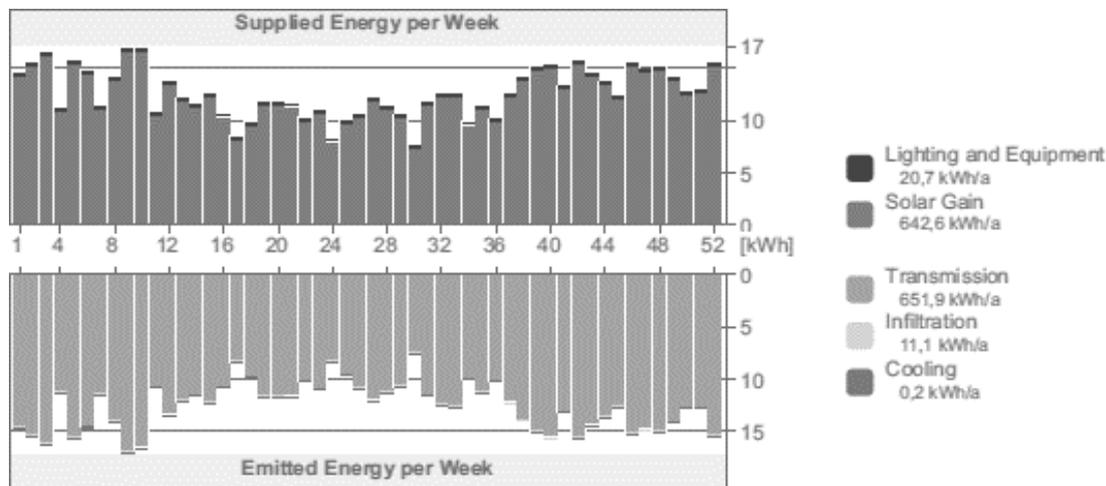
bergantung pada iklim, serta fungsi bangunan, pola hunian, orientasi, dan beban peralatan.

Pada dasarnya ada dua jenis facade bangunan yaitu: facade buram dan facade kaca. Perilaku fisik kedua jenis facade ini berbeda karena komponen, bahan, dan metode konstruksinya berbeda. Facade buram biasanya memiliki massa yang lebih banyak, tingkat insulasi yang lebih besar, dan retensi panas yang lebih baik daripada facade kaca. Sebaliknya, facade kaca biasanya memungkinkan lebih banyak cahaya matahari masuk ke dalam interior, memberikan pemandangan yang lebih baik bagi penghuni, dan mengurangi beban mati pada struktur bangunan daripada facade buram.

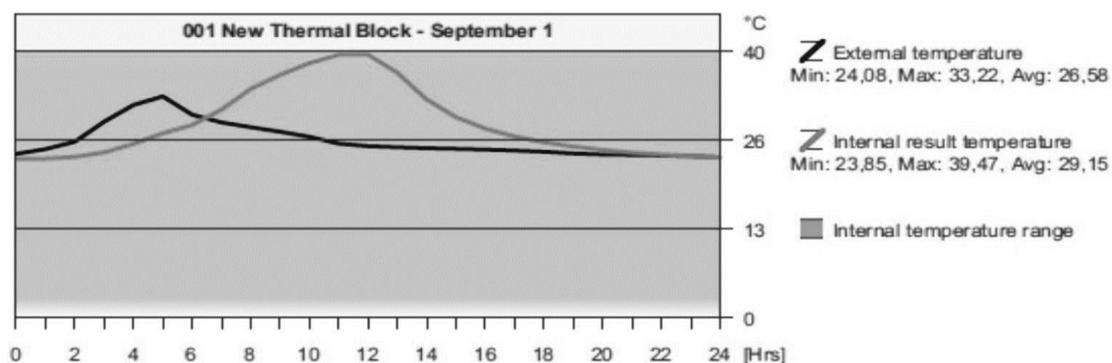
Ada dua elemen dasar dalam desain semua jenis facade hemat energi: orientasi dan fenestrasi. Orientasi bangunan menentukan paparan sinar matahari. Karena sudut bumi relatif terhadap matahari bervariasi sepanjang tahun dan matahari bergerak melintasi langit pada siang hari, paparan matahari pada facade terus berubah. Orientasi bangunan tidak selalu di bawah kendali desainer. Konfigurasi dan orientasi situs, persyaratan kode zonasi atau perencanaan, atau pertimbangan serupa lainnya dapat menentukannya. Karena efek pasif dari orientasi matahari sangat signifikan, maka orientasi facade harus dipertimbangkan pada awal proses desain. Kondisi lingkungan dan radiasi matahari berbeda dan memerlukan respon berbeda untuk facade yang menghadap utara, selatan, timur, dan barat. Misalnya, eksposur utara dan selatan bermanfaat untuk pencahayaan alami, di utara karena cahayanya tidak langsung dan di selatan karena matahari cukup tinggi di musim panas untuk memungkinkan naungan sinar matahari langsung. Biasanya ada keuntungan pencahayaan dalam memaksimalkan eksposur ini. Sebaliknya, karena matahari biasanya rendah di timur dan barat, sesedikit mungkin facade harus

menghadapi paparan ini, untuk mencegah radiasi matahari yang tidak diinginkan. Jika, karena kendala lokasi, desainer tidak punya pilihan selain mengarahkan bangunan ke timur dan barat, sirip vertikal yang dalam pada facade tersebut biasanya dapat menghalangi sebagian

besar sinar matahari pagi dan sore yang rendah. Jika sebuah bangunan dirancang untuk memanfaatkan orientasinya, kondisi tempat tinggal dan kerja yang nyaman di dalam gedung akan dicapai dengan konsumsi energi yang relatif rendah.



**Gambar 7. Keseimbangan energi blok termal per minggu**



**Gambar 8. Profil temperatur harian per tanggal 1 September 2021**

Komponen fenestration (jendela, dinding tirai, clerestories, skylight) adalah elemen penting dari desain amplop, baik dari perspektif estetika maupun kinerja. Mereka memungkinkan cahaya alami memasuki ruang interior, tetapi juga memungkinkan perpindahan panas antara bagian luar dan dalam. Elemen fenestration memengaruhi konsumsi energi keseluruhan bangunan, serta kesejahteraan, kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas penghuninya. Saat memilih bahan fenestration, desainer harus mempertimbangkan properti

kaca, seperti nilai-U, SHGC, dan transmisi visual. Desain sistem framing fenestration juga penting. Desain dan konstruksi sistem fenestration yang buruk dapat mengakibatkan angin kencang, silau, kebinangan, kondensasi, dan kehilangan atau perolehan panas yang berlebihan, yang pada akhirnya menyebabkan ketidaknyamanan bagi penghuni gedung dan penggunaan energi yang berlebihan. Produk fenestration yang baru-baru ini dikembangkan menggunakan kemajuan baru dalam teknologi bangunan untuk memungkinkan facade

transparan namun hemat energi. Unit kaca dapat diisolasi menggunakan dua, tiga, atau lebih lapisan kaca. Ruang antara lapisan kaca dapat diisi dengan gas lembam atau insulasi aerogel untuk menurunkan nilai U dari unit. Pelapis frit rendah-e, reflektif, atau keramik dapat diaplikasikan pada kaca untuk mengurangi transmisi perolehan panas matahari. Kaca itu sendiri bisa diwarnai dengan

warna. Film interlayer dalam kaca laminasi juga dapat memberikan naungan. Bingkai aluminium dapat rusak secara termal atau diperbaiki secara termal untuk meningkatkan nilai U unit. Jenis kaca baru terus-menerus diperkenalkan ke pasar untuk memenuhi berbagai persyaratan fungsional, keamanan, dan estetika.

**Tabel 2. Data Geometri**

Geometry Data			Heat Transfer Coefficients		U Value	[W/m <sup>2</sup> K]
Gross floor area:	1.44	m <sup>2</sup>	Floor:	-		
Treated Floor Area:	1.03	m <sup>2</sup>	External:	3.09 – 3.09		
Building Shell Area:	11.31	m <sup>2</sup>	Underground:	-		
Ventilated Volume:	2.78	m <sup>2</sup>	Openings:	3.35 – 3.35		
Glazing Ratio:	25	%				
<b>Internal Temperature</b>			<b>Annual Supplies</b>			
Min. (23:00 Jan. 23):	29.12	°C	Heating:	0.00		kWh
Annual Mean:	21.63	°C	Cooling:	0.21		kWh
Max. (11:00 Jan. 09):	45.34	°C	<b>Peak Loads</b>			
<b>Unmet Load Hours</b>			Heating (01:00 Jan. 01):	0.00		kW
Heating:	0	hrs/a	Cooling (22:00 May. 14):	0.00		kW
Cooling:	0	hrs/a				

Tujuan dari penelitian ini adalah: untuk mengidentifikasi berbagai masalah desain dan kriterianya untuk aplikasi fisik konsep dan untuk menghasilkan model rancangan facade bangunan selimut ganda yang responsif terhadap lingkungan dan hemat energi terutama dalam konteks iklim tropis di kota Pontianak. Manfaat penelitian ini adalah bahwa kota Pontianak dengan julukan sebagai Kota Khatulistiwa yang berada tepat di garis equator yang beriklim tropis, dengan aktivitas komersial dan pertumbuhan bangunan gedung yang berkembang pesat dapat menggunakan beberapa strategi desain hemat energi seperti facade bangunan selimut ganda ini untuk meningkatkan kinerja energi bangunan yang ada.

Bahwa merancang bangunan yang hemat

energi dan berkelanjutan telah menjadi keharusan dan strategi desain untuk mencapai hal yang sama sebagai kebutuhan saat ini. Penelitian ini berharap dapat menganalisis potensi facade bangunan selimut ganda sebagai strategi desain hemat energi yang mungkin dan jika dapat berhasil diterapkan di iklim tropis di kota Pontianak dan akan menghasilkan sumber desain untuk penerapan fisik dari strategi tersebut. Kontribusi dari penelitian ini adalah: menguji penerapan konsep di iklim tropis di kota Pontianak; mengidentifikasi masalah yang mempengaruhi atau mempengaruhi fungsi facade bangunan dan kemudian mengusulkan pedoman untuk desain yang efektif, serta menghasilkan berbagai jenis alternatif desain yang unik untuk konteks lingkungan kota Pontianak.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang akan menggunakan data

pengukuran lapangan untuk menganalisis perpindahan panas yang melalui model rancangan façade bangunan selimut ganda

**Tabel 3. Data pokok hasil simulasi rancangan model bangunan**

Software version: ARCHICAD 23.0.0 3003 INT FULL (4.6.17)

Evaluation Date: 20/09/2021 15:54

PROJECT DATA			
Project Name:	Model penelitian		
Project Location:			
Latitude:	0° 2' 27" S	Altitude:	0 m
Longitude:	109° 18' 53" E	External pressure:	1013,21 hPa
CLIMATE DATA			
Climate Data Source:	Strusoft server		
Location:	0° 2' 27" S, 109° 18' 53" E		
File name:	Strusoft server		
KEY VALUES			
Gross Floor Area:	1,00	m <sup>2</sup>	
Treated Floor Area:	1,00	m <sup>2</sup>	
External Envelope Area	11,00	m <sup>2</sup>	
Ventilated Volume:	2,00	m <sup>3</sup>	
Glazing Ratio:	25,13	%	
Air Leakage:	33,10	ACH	
Outer Heat Capacity:	112,93	J/m <sup>2</sup> K	
U-VALUES			
Building Shell Average:	3.17	W/m <sup>2</sup> K	
Floors:	-	W/m <sup>2</sup> K	
External:	3.09 - 3.09	W/m <sup>2</sup> K	
Underground:	-	W/m <sup>2</sup> K	
Openings:	3.35 - 3.35	W/m <sup>2</sup> K	
DESIGN LOADS			
Heating:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a	
Cooling:	0,21	kWh/m <sup>2</sup> a	
Unmet Heating Hours:	0,00	h	
Unmet Cooling Hours:	0,00	h	
Heating Degree Days	0		
Cooling Degree Days	6507		
ADVISORY MESSAGES			
Warning:	None		
Baseline Building Warning:	None		
SPECIFIC ANNUAL DEMAND			
Net Heating Energy:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a	
Net Cooling Energy:	0,21	kWh/m <sup>2</sup> a	
Total Net Energy:	0,21	kWh/m <sup>2</sup> a	
Energy Consumption:	20,28	kWh/m <sup>2</sup> a	
Fuel Consumption:	20,16	kWh/m <sup>2</sup> a	
Primary Energy:	60,75	kWh/m <sup>2</sup> a	
Fuel Cost:	0,00	GBP/m <sup>2</sup> a	
CO <sub>2</sub> Emission:	4,35	kg/m <sup>2</sup> a	

sehingga diketahui temperatur yang terjadi dipermukaan bagian luar dan bagian dalam bidang selimut façade bangunan.

Selanjutnya dilakukan pengukuran lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang dikehendaki di dalam ruangan.

**Tabel 4. Hasil detail simulasi rancangan model bangunan Monthly Values**

Energy flows All numbers are in [kWh]	MEP System ty Target	Jul	Aug	Sep	Oct	Annual Total [kWh]
Transmission		-45,87	-50,53	-54,60	-64,60	-651,91
Infiltration		-0,78	-0,89	-0,91	-1,08	-11,11
Human heat gain		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Added latent energy		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solar gain		44,70	49,87	54,11	63,76	642,60
<b>Supplied energy</b>		<b>46,46</b>	<b>51,63</b>	<b>55,80</b>	<b>65,52</b>	<b>663,27</b>
<b>Emitted energy</b>		<b>-46,67</b>	<b>-51,43</b>	<b>-55,51</b>	<b>-65,69</b>	<b>-663,23</b>
<b>Difference</b>		<b>-0,22</b>	<b>0,20</b>	<b>0,29</b>	<b>-0,18</b>	<b>0,03</b>
<b>Internal temperature</b>	°C	28,85	29,09	29,46	29,83	
<b>Wet bulb temperature</b>	°C	25,00	24,77	25,17	25,26	
<b>External-internal pressure difference</b>	Pa	-0,13	-0,14	-0,15	-0,18	
<b>Room moisture</b>	g/kg	18,50	18,03	18,53	18,54	
<b>Outdoor moisture</b>	g/kg	18,57	18,03	18,52	18,51	
<b>Room relative moisture</b>	%	77,38	74,78	75,31	73,80	
<b>Added moisture</b>	mg/s	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Sensible cooling load to evaporator</b>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Latent cooling load to evaporator</b>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Latent cooling demand in room air</b>	kWh	0,02	0,01	0,01	0,01	0,21
<b>Sensible cooling demand in room air</b>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cooling fan at outdoor condenser</b>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cooler circulation fan electricity</b>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Prime heat demand</b>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Convective solar radiation</b>	kWh	7,09	7,91	8,58	10,11	101,88
<b>Solar radiation through windows</b>	kWh	37,61	41,96	45,53	53,65	540,72
<b>Solar radiation towards building</b>	kWh	499,09	536,51	527,95	603,95	6584,68
<b>Evaporator cooling</b>	kWh	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00

Model rancangan yang akan digunakan terlebih dahulu di rancang melalui proses merancang dengan mengedepankan aspek performansi. Proses merancang model tersebut diawali dengan menyusun konsep perancangan kemudian membuat sketsa-sketsa sehingga tercipta rancangan awal model untuk penelitian.

Dalam penelitian ini beberapa langkah kegiatan penelitian ditempuh. Langkah 1, kegiatan persiapan menyusun perangkat instrumen penelitian, menentukan lokasi penelitian yang lahannya cukup luas dan lapang serta aman untuk menempatkan perangkat penelitian berupa konstruksi model bangunan berukuran panjang 1m x lebar 1m x tinggi 3m.

lantainya berupa beton perkerasan, dindingnya berupa dinding massif dan dinding kaca transparan serta dinding selimut ganda dengan over hang sejauh 0,5m.

Langkah 2. Kegiatan mengumpulkan data literatur dan mengidentifikasi permasalahan terkait iklim tropis, evaluasi kinerja energi (efisiensi energi), varian model façade untuk input desain dalam menciptakan alternatif orientasi dan fenestrasi façade bangunan selimut ganda yang berkinerja tinggi.

Langkah 3. Menentukan parameter desain dan material untuk proses desain guna mendapatkan bentuk model rancangan dinding selimut ganda. Parameter desainnya antara lain bentuk dan ukuran model, orientasi perletakan,

fenestrasi cahaya matahari, material transparan,

Langkah 4. Implementasi graphis teknis model rancangan façade bangunan selimut ganda.

Langkah 5. Menguji dan membuat simpulan optimasi model desain fisik melalui

dan material insulasi.

simulasi komputasi evaluasi energy dengan menggunakan software. Dan membangun prototipe konstruksi model bangunan berskala 1:1 di lokasi penelitian untuk dilakukan pengujian lapangan.

**Tabel 5. Detail input data bagian 1**

Thermal Block:	001 New Thermal Block										
Operation Profile:	Unconditioned										
Gross Floor Area:	1.44 m <sup>2</sup>										
Thermal Block Volume:	2.78 m <sup>2</sup>										
<b>STRUCTURES</b>											
	Orientation	Category	Name	Complexity	Type	Area (m <sup>2</sup> )	Thickness / Lenght (mm)	U-value [W/m <sup>2</sup> K]	Infiltration [l/sm <sup>2</sup> ]	Solar absorptance [%]	
	South	External	100 Batako Double Plane	Straight	Wall	2.55	100.00	3.09	1.10	85.00	
	East	External	100 Batako Double Plane	Straight	Wall	2.94	100.00	3.09	1.10	85.00	
	North	External	100 Batako Double Plane	Straight	Wall	2.55	100.00	3.09	1.10	85.00	
<b>OPENINGS</b>											
	Orientation	Type	Glazed Area (m <sup>2</sup> )	Gazing U-value [W/m <sup>2</sup> K]	TST %	DST %	Opaque Area [m <sup>2</sup> ]	Perimeter [mm]	Opaque U-value [W/m <sup>2</sup> K]	Perimeter Psi Value [W/mK]	
	West	Window	2,84	2.80	82.00	69.00	0.43	11685.00		0.18	
<b>BUILDING SYSTEMS</b>											
	System Type	System Name									
	Cooling	Window AC unit									
<b>ZONES ASSIGNED</b>											
	Zone ID	Zone Name	Zone Category								
	11	Sone	GROSS AREA								

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pelaksanaan penelitian ini sampai dengan laporan kemajuan ini disusun telah diperoleh capaian pelaksanaan penelitian hingga langkah 5, dimana telah ditentukan 8 alternatif model rancangan dan telah dilakukan simulasi komputasi evaluasi energi dengan menggunakan software energy evaluation yang terintegrasi dalam software archicad versi 23. (data hasil simulasi terlampir).

Berikut ini data hasil pengujian simulasi dengan menggunakan software ARCHICAD 23.0.0 3003 INTFULL (4.6.17). berlisensi dari tahun 2019 terhadap rancangan model bangunan yang dipilih.

Terkait dengan hasil luaran penelitian yang mencakup luaran wajib dari penelitian ini yaitu berupasebuah produk tipikal model rancangan façade bangunan selimut ganda

(*double skin façade*) yang bisa dipasang sebagai modul dinding facade bangunan. Berikut ini model rancangan yang dibuat pada skala 1:1 dengan mengikuti rancangan model hasil simulasi.

## SIMPULAN

Kegiatan penelitian ini telah mencapai perolehan hasil simulasi terhadap model rancangan untuk façade bangunan selimut ganda untuk sebuah model bangunan yang menerapkan sistim pendinginan aktif berbasis iklim tropis di kota Pontianak. Akan tetapi untuk hasil penerapan konstruksi model rancanganfaçade bangunan berskala 1:1 belum mencapai hasil yang diharapkan disebabkan faktor kondisi cuaca yang mengalami fluktuatif antara cerah dan hujan. Normalnya diharapkan Kondisi kondisi cuaca bisa selalu cerah sepanjang hari pada saat dilakukan pengujian

model rancangan façade bangunan tersebut. sehingga penelitian ini akan terus dilanjutkan guna pengambilan data pada kondisi cuaca cerah sepanjang hari.

Dari hasil simulasi terhadap model rancangan untuk façade bangunan selimut ganda untuk sebuah model bangunan yang

menerapkan sistim pendinginan aktif berbasis iklim tropis di kota Pontianak diketahui adanya solar gain sebesar 642,6 kWh/a. Terjadi transmisi panas sebesar 651,9 kWh/a. Terjadi infiltrasi panas sebesar 11,1 kWh/a. Dan terjadi pendinginan sebesar 0,2 kWh/a.

**Tabel 6. Detail input data bagian 2**

<b>Thermal Block:</b>	<b>001 New Thermal Block</b>											
Operation Profile:	Unconditioned											
Gross Floor Area:	1.44 m <sup>2</sup>											
Thermal Block Volume:	2.78 m <sup>3</sup>											
<b>STRUCTURES</b>												
<b>Orientation</b>	<b>Category</b>	<b>Name</b>	<b>Complexity</b>	<b>Type</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Thickness / Lenght (mm)</b>	<b>Renovation Status</b>					
South	External	100 Batako Double Plane	Straight	Wall	2.55	100.00	New					
East	External	100 Batako Double Plane	Straight	Wall	2.94	100.00	New					
North	External	100 Batako Double Plane	Straight	Wall	2.55	100.00	New					
<b>OPENINGS</b>			<b>Orientation</b>	<b>Type</b>	<b>Glazed Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Gazing U-value [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>TST %</b>	<b>DST %</b>	<b>Opaque Area [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Total Area [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Overall U-value [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>Infiltration [l/sm]</b>
West	Window	2,84	2.80	82.00	69.00	0.43	3.27	3.35	1.43			
<b>BUILDING SYSTEMS</b>			<b>System Type</b>	<b>System Name</b>								
Cooling	Window AC unit											
<b>ZONES ASSIGNED</b>			<b>Zone ID</b>	<b>Zone Name</b>	<b>Zone Category</b>							
11	Sone	GROSS AREA										



**Gambar 9. Foto konstruksi model bangunan skala 1: 1 dilihat dari sisi barat**

Dari hal tersebut diatas dapat

disimpulkan bahwa sinar matahari melalui transmisi dan infiltrasi menghasilkan energi panas yang besar dan mempengaruhi temperatur internal bangunan dimana temperatur internal bisa meningkat lebih tinggi dari temperatur eksternal. Sehingga meningkatkan beban pendinginan aktif.

Oleh karena itu untuk mengurangi beban pendinginan dapat diupayakan dengan rancangan termal blok dengan menggunakan elemen façade bangunan berlapis/ ganda.

## DAFTAR PUSTAKA

Aksamija, Ajla. (2013). *Sustainable facades: design methods for high-performance building envelopes*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Cheshmehzangi, Ali, and Chris Butters. (2018). *Designing Cooler Cities: Energy, Cooling and Urban Form: The Asian Perspective*. Singapore: Springer Nature.
- Lechner, Norbert. (2015). *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects, Fourth Edition*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Szokolay, Steven V. (2008). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design, 2nd ed.,.* Oxford: Architectural Press Elsevier.
- Tang, CK, Nic Chin, Yeow Tow Guan, and Siwanand Misara. (2016). *Building Energy Efficiency Technical Guideline for Active Design*. Kuala Lumpur: The Building Sector Energy Efficiency Project (BSEEP).