

Evaluasi Performa Desain Selubung Bangunan Rumah Tinggal

Tinjauan Arsitektur Berkelanjutan dengan Upaya Konservasi Energi melalui Perhitungan OTTV pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal

Rizky Atma Satria¹, Sugini²

¹Mahasiswa, Pendidikan Profesi Arsitek, Universitas Islam Indonesia

²Dosen, Pendidikan Profesi Arsitek, Universitas Islam Indonesia

Abstrak

Permasalahan krisis energi dan pemanasan global adalah hal yang mendesak adanya upaya penghematan energi untuk menghindari dampak yang lebih buruk di masa depan. Salah satu usaha yang bisa dilakukan adalah melalui pengembangan konsep keberlanjutan arsitektur yang tanggap dan sadar akan keterbatasan energi. Upaya konservasi energi dinilai sangat penting karena jika dilihat pada penggunaan energi secara global, sektor bangunan menyerap jumlah energi yang sangat besar yaitu berkisar 50%-70% dari keseluruhan kebutuhan energi dunia. Lima puluh persen penggunaan energi di bangunan dihabiskan untuk menghasilkan kenyamanan termal didalam ruangan. Sehingga diperlukan perhatian khusus terutama saat memulai perancangan bangunan agar bangunan tersebut tidak harus menggunakan penghawaan buatan (AC) demi menciptakan kenyamanan termal ruang. Salah satu aspek yang sangat mempengaruhi tingginya suhu ruang adalah selubung bangunan. Melalui metoda eksperimen dilakukan pengujian OTTV pada hasil rancangan rumah tinggal dari obyek penelitian di Pematang. Dari hasil pengujian ditemukan bahwa hasil OTTV pada keseluruhan orientasi selubung bangunan berada dibawah standar yaitu 19,86 W/m² dari standar SNI 45 W/m². Dalam hal ini berarti selubung rancangan bangunan telah memenuhi kriteria konservasi energi karena tidak perlu menggunakan sistem pengkondisian udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi OTTV yaitu WWR, jenis material, warna bangunan dan teritisan/*shading*.

Kata Kunci: Konservasi Energi, OTTV, Rumah Tinggal, Selimut Bangunan.

Latar Belakang

Penerapan konsep keberlanjutan dalam arsitektur menjadi hal yang paling disarankan pada saat ini, mengingat semakin menipisnya sumber daya alam akibat tidak tepatnya penggunaan energi pada bangunan. Dalam pengertiannya, keberlanjutan arsitektur didefinisikan sebagai upaya mempertahankan sumber daya alam agar mampu bertahan lama atau juga disebut dengan upaya konservasi energi. Namun sebaliknya, kondisi saat ini yang terjadi pada desain bangunan di Indonesia, rata-rata hampir mengesampingkan perlakuan khusus pada desain bukaan serta selubung bangunan untuk memaksimalkan fungsi dan lebih mengutamakan nilai estetika, sehingga ketika bangunan dihuni bangunan tersebut

menggunakan minimal satu unit alat pengkondisian udara (AC) yang aktif hampir 24 jam untuk membantu suhu termal dalam ruangan.

Dari distribusi konsumsi energi bangunan, komponen konsumsi listrik terbesar adalah sistem pendingin yang mencapai 45-50% dari seluruh energi listrik, pencahayaan 10-25% dan elevator hanya 2-10%. Karena itu desain pasif memiliki peran dalam menurunkan beban listrik melalui desain selimut bangunan. Fungsi selimut bangunan adalah sebagai pengkondisi antara kondisi luar dan kondisi dalam bangunan dengan cara menyaring elemen eksternal yang tidak diinginkan sebelum masuk kedalam bangunan. Sehingga proporsi antara jenis material transparan dan masif berdasarkan orientasi, luas permukaan, kemampuan konduksi dan radiasi bangunan harus tepat untuk menghindari panas yang masuk namun tetap optimal dalam menghasilkan penerangan alami kedalam ruang. Perhitungan proporsi dari beberapa hal tersebut dapat diakomodasi dengan perhitungan nilai perpindahan panas atau biasa disebut dengan OTTV atau *Overall Thermal Transfer Value*. Kriteria konservasi energi bangunan jika memenuhi standar OTTV bernilai

Korespondensi: Rizky Atma Satria
Afiliasi : Mahasiswa Pendidikan Profesi Arsitek UII
E-mail : 16515037@students.uii.ac.id
Donor :

≤ 45 W/m² (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Jika nilai OTTV berada diatas 45 W/m², maka diperlukan alat pengkondisian udara agar mampu mencapai kenyamanan termal ruang, sehingga berujung pada pemborosan energi listrik yang berarti desain bangunan tidak masuk dalam konsep keberlanjutan arsitektur. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil rancangan rumah tinggal di Pemalang, Jawa Tengah. Selain mengingat bangunan ini terletak di iklim tropis, rancangan ini pada mulanya tidak menggunakan kalkulasi OTTV untuk menentukan material dan komponen lain pada desain selubung bangunannya. Sehingga perlu adanya penelitian yang membuktikan bahwa rancangan tersebut sesuai atau tidak dengan kriteria konservasi energi melalui nilai OTTV.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah apakah hasil rancangan selubung bangunan rumah tinggal dari obyek penelitian telah memenuhi standar OTTV dan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai OTTV dalam hasil rancangan selubung bangunan rumah tinggal tersebut.

Tujuan

- Mengetahui tingkat kesesuaian keberlanjutan arsitektur dalam upaya konservasi energi melalui perhitungan nilai OTTV pada desain selubung bangunan rumah tinggal dari obyek penelitian.
- Mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai OTTV pada elemen selubung bangunan.

Sasaran

Adapun sasaran dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dan mengevaluasi kesesuaian prinsip keberlanjutan arsitektur dalam upaya konservasi energi ditinjau dari perhitungan OTTV desain selubung bangunan rumah tinggal dari obyek penelitian, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai penilaian dan kritik ilmiah terhadap hasil desain serta menjadi acuan pada perancangan bangunan serupa dimasa yang akan datang.

Batasan

Penelitian ini akan mengevaluasi selubung bangunan terhadap nilai OTTV. Nilai OTTV yang memenuhi persyaratan konservasi energi menurut SNI 03-6389-2000 adalah ≤ 45 W/m². Objek yang diteliti adalah selubung

bangunan meliputi material dinding, warna cat, dengan atau tanpa peneduh. Orientasi bangunan yang dipilih adalah empat arah utama yaitu utara, selatan, timur dan barat. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai OTTV di masing-masing orientasi. Nilai SF (factor radiasi matahari) yang digunakan mengacu pada nilai SF yang terdapat pada SNI (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Elemen eksternal non-struktural bangunan seperti bangunan tetangga, vegetasi berupa pohon besar dan tirai pada jendela diabaikan. Material dan warna selubung bangunan sesuai dengan kondisi eksisting perancangan. Objek penelitian ini bertempat di Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah, Indonesia.

State of the Art

Penelitian sebelumnya banyak membahas tentang pengaruh selubung bangunan terhadap konservasi energi, seperti beberapa gedung yang terdapat di Jakarta oleh (Sandra Loekita, 2006), bangunan asrama Putri USU oleh (F & Rejeki Bastanta K, 2010), bangunan gedung Graha Galaxy Surabaya oleh (Gozali, Anastasia Fairanie; Feri, 2013), bangunan Univeritas Negeri Semarang oleh (Prihanto, 2007) dan gedung Komersial Kantor oleh (Dimas, Fitria, & D, 2011). Penelitian-penelitian tersebut membahas tentang bangunan yang sudah terbangun dan terdapat indikasi mengenai penggunaan alat pengkondisian udara (AC) yang dalam hal ini berpengaruh pada hilangnya upaya konservasi energi. Sehingga kebaharuan pada penelitian ini membahas tentang bangunan yang masih dalam perencanaan dan dapat di pertimbangkan mengenai komponen selubung bangunannya apabila nilai OTTV berada diluar standarisasi BSN.

Tinjauan Pustaka

Konservasi Energi

Konservasi merupakan pemanfaatan biosfer oleh manusia yang memberikan keuntungan besar serta dapat diperbaharui bagi generasi-generasi dimasa depan (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 1980). Energi sendiri didefinisikan sebagai tenaga untuk melakukan sesuatu. Sehingga konservasi energi dapat disimpulkan sebagai kegiatan pemanfaatan energi yang efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan untuk menunjang pembangunan nasional. Penggunaan energi yang optimal sesuai kebutuhan sehingga akan menurunkan biaya energi yang dikeluarkan (hemat energi hemat biaya). Pengertian en-

ergi yang dimaksudkan adalah jenis energi yang diperdagangkan. Pengertian energi primer pada dasarnya akan relatif bersamaan dengan perjalanan waktu dan perkembangan teknologi. Untuk saat ini energi primer merupakan energi yang bersumber dari minyak bumi (fossil fuels): batu bara, minyak dan gas alam, serta sumber terbarukan seperti matahari (photovoltaic), tenaga air, panas bumi dan nuklir. Untuk energi yang dibangkitkan dalam tubuh manusia sebagai hasil oksidasi makanan tidak termasuk dalam pengertian energi yang akan dibahas dalam penelitian ini. Selain dibedakan menjadi energi terbarukan (*renewable energy*) dan sumber energi tak terbarukan (*non-renewable energy*) menurut sumber terjadinya. Penyebutan tak terbarukan sebenarnya tidak benar-benar seperti demikian. Namun karena dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk berputarnya siklus energi sampai pada titik awal, energi itu disebut sebagai yang tak terbarukan atau tepatnya yang tak terbarukan dengan segera. Selain tak terbarukan, kesadaran manusia terhadap krisis energi sekalipun datang dengan sangat terlambat, telah mengarahkan manusia untuk mencari sumber energi lain dari alam disekitarnya. Pencarian tersebut mengarah pada sumber energi yang memerlukan waktu perbaharuan lebih singkat dan saat ini tersedia sangat melimpah. Sumber-sumber energi pilihan ini disebut sumber energi terbarukan (Mediastika, 2013).

Selubung Bangunan

Selubung bangunan terdiri dari komponen tak tembus cahaya seperti dinding dan sistem fenestrasi atau komponen tembus cahaya seperti jendela kaca yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luar. Selubung bangunan memberikan proteksi terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak diharapkan seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan dan polusi (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012)

Dalam standar selubung bangunan seperti standar (ASHRAE, 2001) maupun standar SNI, terdapat beberapa istilah yang harus diketahui dalam melakukan perancangan, mengoperasikan, memelihara, memeriksa dan menguji suatu selubung bangunan.

1. Beda temperatur ekuivalen

Beda temperatur yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperature udara luar, sehingga menimbulkan aliran panas total ke dalam bangunan.

2. Faktor radiasi matahari

Laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan

3. Fenestrasi Bukaan atau lubang cahaya di dalam bangunan yang mentransmisikan cahaya termasuk di sini adalah bahan yang tembus cahaya seperti kaca atau plastik, peralatan peneduh luar atau dalam dan system peneduh lainnya.

4. Nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV)

Suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk selubung bangunan pada bangunan yang dikondisikan.

5. Nilai perpindahan termal atap (RTTV)

Nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan penutup atap yang dilengkapi dengan lubang cahaya atap.

6. Kriteria peneduh

Angka perbandingan antara perolehan panas radiasi matahari melalui lubang-lubang cahaya terhadap perolehan kalor radiasi matahari yang melalui kaca bening setebal 3 mm yang tidak terlindung.

7. Selubung bangunan

Adalah elemen bangunan yang melingkupi bangunan seperti dinding dan atap bangunan di mana sebagian besar energi termal berpindah lewat elemen tersebut.

8. Transmittansi termal yang selanjutnya disebut nilai U

Adalah jumlah panas yang mengalir lewat satu satuan luas bagian bangunan, pada kondisi mantap, per satuan waktu, per satuan beda temperatur udara yang terdapat di tiap permukaan bagian bangunan tersebut

Selubung bangunan untuk Indonesia (daerah tropis) mempunyai karakteristik tersendiri (Badan Standardisasi Nasional, 2000) seperti berikut :

- Standar SNI selubung bangunan tahun 2011 berlaku untuk komponen dinding (termasuk jendela) dan atap pada bangunan yang dikondisikan. Bangunan yang dikondisikan umumnya menggunakan Air Conditioning (AC/tata udara), oleh karena itu semakin kecil perpindahan panas kedalam bangunan maka akan memperkecil beban pendingin sehingga akan menghemat energi.

- Berdasarkan SNI tersebut ditetapkan perolehan panas

radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi harga perpindahan panas menyeluruh (OTTV) yaitu 45 Watt/m².

OTTV

Teori OTTV (overall thermal transfer value) (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2000) Merupakan nilai yang diputuskan sebagai standar acuan perancangan pada selimut bangunan yang dikondisikan. Selubung bangunan tersebut didefinisikan sebagai elemen pada bangunan yang menyelimuti bangunan, seperti dinding luar dan atap transparan atau masif, dimana secara maksimal energi termal merambat melalui elemen tersebut. Untuk memberikan proteksi terhadap perolehan panas akibat radiasi matahari ke selubung bangunan, maka ditetapkan nilai OTTV untuk selubung bangunan tidak lebih dari 45 watt/m².

Nilai OTTV pada setiap bidang dinding luar bangunan dengan orientasi tertentu dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$OTTV = a \cdot [(U_w \times (1 - WWR))] \times TDEK + (SC \times WWR \times SF) + (U_f \times WWR \times DT)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi OTTV merupakan variabel yang berperan penting dalam penghitungan OTTV. Adapun variabel tersebut akan dijelaskan satu-persatu sebagai berikut.

1. Absorbtansi radiasi matahari

Nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut. Nilai absorbtansi radiasi matahari (α) untuk beberapa jenis permukaan dinding tak tembus cahaya dapat dilihat pada tabel 1.1 dan 1.2

Tabel 1.1 Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tak tembus cahaya

| Cat permukaan dinding luar | a | | |
|----------------------------|------|-------------------|------|
| Hitam merata | 0.95 | Coklat medium | 0.84 |
| Pernis hitam | 0.92 | Pernis hijau | 0.79 |
| Abu-abu tua | 0.91 | Hijau Medium | 0.59 |
| Pernis biru tua | 0.91 | Kuning medium | 0.58 |
| Cat minyak hitam | 0.9 | Hijau/biru medium | 0.57 |
| Coklat tua | 0.88 | Hijau muda | 0.47 |
| Abu-abu/ biru tua | 0.88 | Putih semi kilap | 0.3 |
| Biru/hijau tua | 0.88 | Putih kilap | 0.25 |
| | | Perak | 0.25 |
| | | Pernis putih | 0.21 |

Sumber: SNI 03-6389-2000

Tabel 1.1 Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar

| Bahan dinding luar | a |
|------------------------------------|------|
| Beton berat | 0.91 |
| Bata merah | 0.89 |
| Beton ringan | 0.86 |
| Kayu permukaan halus | 0.78 |
| beton bekas | 0.61 |
| Ubin putih | 0.58 |
| bata kuning tua | 0.56 |
| atap putih | 0.5 |
| Seng putih | 0.26 |
| Bata gelazur putih | 0.25 |
| Lembaran alumunium yang dikilapkan | 0.12 |

Sumber: SNI 03-6389-2000

2. Beda temperatur ekuivalen (Equivalent Temperature Difference = TDEK) beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya. Beda temperatur ekuivalen (TDEK) dipengaruhi oleh :

- Tipe, massa dan densitas konstruksi.
- Intensitas radiasi dan lamanya penyinaran.
- Lokasi dan orientasi bangunan
- Kondisi perancangan.

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, nilai TDEK untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel 1.3.

Tabel 1.3 Beda temperature ekuivalen untuk dinding

| Berat/satuan luas (kg/m ²) | TD _{EK} |
|--|------------------|
| Kurang dari 125 | 15 |
| 126-195 | 12 |
| Lebih dari 195 | 10 |

Sumber: SNI 03-6389-2000

3. Faktor radiasi matahari (Solar Factor = SF) laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. Faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Untuk bidang vertikal pada berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) untuk berbagai orientasi.

| Orientasi | U | TL | T | TG | S | BD | B | BL |
|-----------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
| | 130 | 113 | 112 | 97 | 97 | 176 | 243 | 211 |

Sumber: SNI 03-6389-2000

Rata-rata untuk seluruh orientasi SF = 147

Keterangan :

- U = utara
- TL = timur laut
- T = timur
- TG = tenggara
- S = selatan
- BD = barat daya
- B = barat
- BL = barat laut

4. Fenestrasi

Bukaan pada selubung bangunan. Fenestrasi dapat berlaku sebagai hubungan fisik dan/atau visual ke bagian luar gedung, serta menjadi jalan masuk radiasi matahari. Fenestrasi dapat dibuat tetap atau dibuat dapat dibuka.

5. Koefisien peneduh (Shading Coefficient = SC)

Angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama. Elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut. Koefisien peneduh tiap sistem fenestrasi dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran sc kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi:

$$SC = SCK \times SCEf$$

dimana :

SC = koefisien peneduh sistem fenestrasi.

SCK = koefisien peneduh kaca.

SCEf = koefisien peneduh efektif alat peneduh.

Angka koefisien peneduh kaca didasarkan atas nilai yang dicantumkan oleh pabrik pembuatnya, yang ditentukan berdasarkan sudut datang 450 terhadap garis nor-

mal. berdasarkan data pabrik pembuat adalah SCK = 0,5. Pengaruh tirai dan atau korden di dalam bangunan gedung, khususnya untuk perhitungan OTTV, tidak termasuk yang diperhitungkan.

6. Luas permukaan selubung bangunan

Luas permukaan selubung bangunan terutama pada pemahaman WWR (*Wall to Window Ratio*) sangat berperan dalam penghitungan OTTV karena berkaitan dengan besarnya luas paparan radiasi panas yang diterima pada bangunan.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Sebagai langkah permulaan dilakukan dengan penelusuran berbagai studi literatur terkait dengan hal yang akan diteliti, yaitu mengenai perhitungan OTTV selubung bangunan. Kasus yang diambil adalah desain bangunan rumah tinggal di Pematang yang difungsikan sebagai rumah tinggal pribadi dan akan dilihat melalui temuan analisa kemudian diidentifikasi apakah telah memenuhi persyaratan bangunan konservasi energi melalui nilai OTTV (nilai perpindahan termal menyeluruh) pada selubung bangunan.

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari 2 kategori yang telah dijelaskan sebelumnya yang terdiri atas beberapa kriteria dan tolak ukur sebagai berikut :

OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*)

Kategori ini mencakup aspek makro dan mikro yang perlu dipertimbangkan agar suatu bangunan yang akan dibangun memperoleh nilai perpindahan termal sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Adapun kriteria di antaranya berupa dinding utara, dinding selatan, dinding timur dan dinding barat.

Dari empat kriteria diatas memiliki persamaan tolak ukur sebagai berikut :

- Absorbtansi radiasi matahari (α)
- Transmittansi termal atap/dinding tak tembus cahaya (W/m².K)
- Luas atap/dinding yang tidak tembus cahaya (m²)
- Beda temperature ekuivalen (K)
- Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi
- Faktor radiasi matahari (W/m²)

- Beda temperature perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam
- Rasio dinding dengan bukaan (WWR)
- Faktor radiasi sinar matahari (SF)
- Nilai transmitansi termal sistem fenestrasi (Uf)
- Nilai OTTV tidak boleh lebih dari 45 W/m²

RTTV (Roof Thermal Transfer Value)

Adapun kriteria dalam kategori ini adalah selubung bangunan berupa atap.

Dari kriteria tersebut memiliki tolok ukur sebagai berikut:

- Luas *Skylight* (As)
- Luas Atap (Ar)
- Nilai Ur dan ΔT
- Nilai SC (koefisien peneduh)
- Nilai SF (faktor radiasi matahari atap).
- Nilai RTTV yang tidak boleh lebih dari 45 W/m²

Metodologi Sampling

Penelitian ini berupa penelitian kasus, berupa hasil rancangan bangunan rumah tinggal obyek penelitian, untuk dievaluasi terkait penerapan kriteria bangunan hemat energi. Dengan demikian, sampel dalam penelitian ini adalah keseluruhan data dan kejadian yang terkait dengan hasil rancangan bangunan rumah tinggal yang akan diperoleh melalui konsep rancangan, gambar kerja, spesifikasi teknis dan data penunjang lainnya.

Metodologi Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Data primer, berupa data-data terkait hasil rancangan dari studi kasus, meliputi laporan perancangan yang didalamnya menjelaskan konsep, analisis dan pertimbangan desain: gambar kerja dan spesifikasi material yang digunakan pada selubung bangunan.
2. Data sekunder, merupakan pengumpulan data secara tidak langsung yang berkaitan dengan objek penelitian. Sumber diperoleh dari buku, dokumen, dinas terkait dan sumber referensi lainnya yang berkaitan dengan fungsi aktifitas pada objek penelitian.

Cara perhitungan OTTV ini menggunakan metode perhitungan yang diterbitkan oleh (Green Building Council

Indonesia (GBCI), 2014) dengan nilai-nilai yang tetap mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

1. Perpindahan kalor melalui konduksi oleh material yang masif (Qw)

$$Q_w = \alpha \times U_w \times A_w \times T_{Dek} / A_i$$

- Nilai absorptansi panas atau α merupakan nilai penyerapan termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan ditentukan oleh warna bahan tersebut. Apabila diketahui nilai α bahan dan nilai α cat, maka α total = α bahan x α cat
 - Luas dinding massif (Aw) adalah luas total dinding massif dan dinding transparan pada suatu orientasi tertentu.
 - Nilai dinding keseluruhan atau Ai adalah luas total dinding massif dan dinding transparan pada suatu orientasi tertentu.
 - Nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya atau Uw adalah koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya. Perhitungan mengacu pada bagan 1. $U_w = 1/R_{total}$
 - Beda temperature ekuivalen atau TDek adalah beda antara temperature ruangan dan temperature dinding luar atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya.
2. Perpindahan kalor melalui konduksi oleh material yang tidak transparan (Qf1)

$$Q_f = U_f \times A_f \times \Delta T / A_i$$

- Nilai transmitansi termal dinding tembus cahaya atau Uf adalah koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya. Perhitungan mengacu pada bagan 1. $U_f = 1/R_{total}$
- Luas dinding masif atau Af adalah luas dinding yang dapat ditembus cahaya tidak termasuk dengan komponen bukaan seperti kusen dan lainnya pada suatu orientasi tertentu.
- Luas dinding keseluruhan atau Ai adalah luas total dinding masif dan dinding transparan oleh suatu orientasi tertentu.
- Beda temperature atau ΔT adalah beda temperature perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam, umumnya diambil 5K.

3. Perpindahan kalor melalui konduksi oleh material yang transparan (Q_{f2})
- Faktor radiasi (SF) adalah angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama
 - Luas dinding masif atau A_f adalah luas area dinding yang dapat ditembus cahaya tidak termasuk dengan komponen bukaan seperti kusen dan yang lainnya pada suatu orientasi tertentu.
 - Luas dinding menyeluruh (A_i) adalah luas total dinding masif dan dinding transparan dari orientasi tertentu.
 - Koefisien peneduh dari system fenestrasi atau SC adalah laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. $SC = S_{Ck} \times S_{Ceff}$.

Keterangan :

S_{Ck} : Koefisien peneduh kaca (dari pabrik) (disamakan menjadi 0.5)

S_{Ceff} : Koefisien peneduh efektif alat peneduh

Jika terdapat teritisan/shading diberi 0.5. Jika terekspos nilai 1. Terteduh total nilai 0.

Untuk mencari nilai S_{Ceff} yang dimiliki, dibutuhkan nilai rasio proyeksi untuk peneduh horizontal maupun peneduh vertikal terlebih dahulu.

Setelah melakukan perhitungan rasio peneduh, sesuaikan hasilnya dengan nilai S_{Ceff} yang tersedia pada Tabel Koefisien Peneduh Efektif Proyeksi Horizontal dan/atau Tabel Koefisien Peneduh Efektif Proyeksi Vertikal pada SNI 03-6389-2011 atau SNI 03-6389 terbaru sesuai dengan orientasinya.

Apabila selimut bangunan memiliki peneduh vertikal dan horizontal sekaligus, maka nilai S_{Ceff} dapat juga dilihat pada tabel koefisien Peneduh Efektif untuk peneduh berbentuk kotak (Egg-Crate Louvers) pada SNI 03-6389-2011 atau SNI 03-6389 terbaru sesuai dengan orientasinya.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Jl. Mandala I, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah. Bangunan yang difungsikan sebagai rumah tinggal ini berada didalam area komplek permukiman. Lokasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.1 Ilustrasi 3D dan Lokasi Proyek

Sumber: Dokumen perusahaan PT. Surya Global Prima

Analisis dan Pembahasan

Adapun hasil perhitungan ini ditunjukkan pada perhitungan semua nilai OTTV dan RTTV yang diperoleh dari bangunan adalah sebagai berikut:

• OTTV Utara :

$$OTTV\ 1 + OTTV\ 2 + OTTV\ 3 + OTTV\ 4 + OTTV\ 5 / A\ \text{Orientasi}$$

$$= 2019.23 / 78.97 = 25.57\ \text{Watt/m}^2$$

• OTTV Selatan:

$$OTTV\ 1 + OTTV\ 2 + OTTV\ 3 + OTTV\ 4 / A\ \text{Orientasi}$$

$$= 3447.74 / 88.204 = 39.09\ \text{Watt/m}^2$$

• OTTV Timur :

$$OTTV\ 1 + OTTV\ 2 + OTTV\ 3 / A\ \text{Orientasi}$$

$$= 1733.66 / 103.381 = 16.77\ \text{Watt/m}^2$$

• OTTV Barat :

$$OTTV / A\ \text{Orientasi}$$

$$= 765.82 / 130.22 = 5.88\ \text{Watt/m}^2$$

Setelah melakukan perhitungan OTTV pada tiap-tiap orientasinya, maka dilanjutkan dengan perhitungan OTTV selubung dinding secara menyeluruh. Hasil perhitungan OTTV selubung dinding secara keseluruhan dapat dilihat pada table 1.5 di bawah ini.

Tabel 1.5 Perhitungan OTTV menyeluruh

| ORIENTASI | A ORIENTASI | OTTV ORIENTASI |
|-----------|----------------|----------------|
| UTARA | 78.974 | 2019.23 |
| SELATAN | 88.204 | 3447.47 |
| TIMUR | 103.81 | 1733.66 |
| BARAT | 130.22 | 765.82 |
| | 401.208 | 7966.18 |
| OTTV | | 19.86 |

Sumber: Penulis, 2017

Dari keseluruhan OTTV dari berbagai orientasi maka dihasilkan OTTV menyeluruh yang telah dilakukan pada analisis untuk mengetahui jumlah keseluruhan OTTV pada selubung dinding, dari hasil sebelumnya maka di peroleh OTTV menyeluruh sebesar 19.86 Watt/m². Dalam hal ini, hasil desain bangunan telah memenuhi standar karena masih di bawah nilai yang telah ditetapkan yaitu ≤45 W/m².

RTTV

Hasil perhitungan RTTV ditunjukkan pada table 1.6 dibawah:

Tabel 1.6 Perhitungan RTTV Atap

| a | Ur | Ar | Tdek | Sc | Sf | AS | DT |
|-------|-------|---------|--------|-------|---------|-------|-------|
| 0.705 | 0.400 | 171.320 | 24.000 | 1.000 | 316.000 | 0.000 | 5.000 |

Sumber: Penulis, 2017

Maka RTTV = $a (Ar \times Ur \times Tdek) + (As \times Us \times DT) + (0 \times SC \times SF) / A0$

$$= 0.705 (171.320 \times 0.4 \times 24) + (0 \times Us \times DT) + (0 \times SC \times SF) / A0$$

$$= 0.705 (171.320 \times 0.4 \times 24) / 171.320$$

$$= 2332.86 / 171.320$$

$$= 13.61 \text{ W/m}^2$$

Dalam hasil Analisa RTTV atap maka diperoleh nilai standar Konservasi Energi (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2000) yaitu ≤45 W/m² dengan nilai RTTV sebesar 13.61 Watt/m².

Dari perhitungan diperoleh hasil dari OTTV dan RTTV secara keseluruhan maupun tiap sampel seperti pada tabel 1.7 berikut :

Tabel 1.7 Evaluasi Hasil Hitung

| ORIENTASI | OTTV |
|-----------|-------|
| UTARA | 25.57 |
| SELATAN | 39.09 |
| TIMUR | 16.77 |
| BARAT | 5.88 |
| TOTAL | 19.86 |
| RTTV | 13.61 |

Sumber: Penulis, 2017

Dari tabel berikut dapat dilihat bahwa perhitungan OTTV pada tiap sampel orientasi menunjukkan kecenderungan OTTV yang sama yaitu ≤45 W/m². Be-

gitu juga dengan RTTV yang juga menunjukkan angka cenderung aman dari Standar.

Pembahasan

- OTTV Fasad Utara

Pada orientasi ini, selubung bangunan telah memenuhi standar nilai perpindahan termal dengan angka 25.57 W/m². Adapun aspek penting yang mempengaruhi dari tingkat keberhasilan ini adalah karena penggunaan material transparan dan warna bahan yang memiliki nilai absorbtansi tinggi (abu-abu) diletakkan pada area utara yang tidak terkena paparan matahari langsung. Fasad pada bagian ini merupakan *point of interest* dari bangunan, sehingga diperlukan olahan-olahan fasad yang terdiri dari desain bukaan dan kombinasi berbagai warna bangunan. Dalam pemberian bukaan dengan material kaca transparan yang cukup lebar pada bagian depan, tidak lupa disertai dengan penambahan *shading* yang cukup mampu difungsikan untuk menghalau radiasi matahari dan menjaga agar bukaan dapat terproteksi dari pengaruh iklim tropis (hujan dan panas).



Gambar 1.2 Fasad Utara
 Sumber: Penulis, 2017

- OTTV Fasad Selatan

Hasil yang baik juga diterima oleh fasad bagian selatan dengan nilai memenuhi standar Konservasi Energi (Badan Standardisasi Nasional, 2000) yaitu ≤45 W/m² dengan nilai nilai OTTV Selatan sebesar 39.09 Watt/m. Nilai pada area ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai fasad utara, hal ini disebabkan karena jumlah konsumsi material transparan jauh lebih banyak dibandingkan fasad utara, penggunaan 2 buah folded door yang memiliki dimensi besar dimanfaatkan untuk mendapatkan cahaya alami secara maksimal namun tetap dalam batas wajar. Nilai dari material transparan inilah yang membuat nilai OTTV selatan menjadi

lebih tinggi dibandingkan nilai OTTV utara. Pertimbangan arsitek menggunakan material kaca ini juga didukung dengan adanya teritisan/peneduh yang cukup Panjang, sehingga radiasi panas matahari dapat di minimalkan. Peletakkan material transparan yang besar pada bagian selatan juga dipertimbangkan dengan melihat jalur lintas matahari. Sehingga permainan material dengan nilai absobtansi tinggi masih dapat di maksimalkan.



Gambar 1.3 Fasad Utara
Sumber: Penulis, 2017

- OTTV Fasad Timur

Pada kategori ini nilai OTTV yang dihasilkan juga masih di ambang aman Konservasi Energi (Badan Standardisasi Nasional, 2000) yaitu $\leq 45 \text{ W/m}^2$ dengan nilai nilai OTTV Selatan sebesar 16.77 Watt/m^2 , walaupun terdapat beberapa material transparan sebagai bukaan yang digunakan. Bukaan yang terdapat pada sisi timur ini diterapkan pada kamar tidur anak. Pertimbangan arsitek dalam penggunaan material transparan pada bukaan disisi timur didukung dengan adanya teritisan yang cukup untuk menghalau radiasi matahari pagi dan dengan dimensi bukaan yang sangat diminimalkan agar tidak menyerap kalor secara berlebihan.

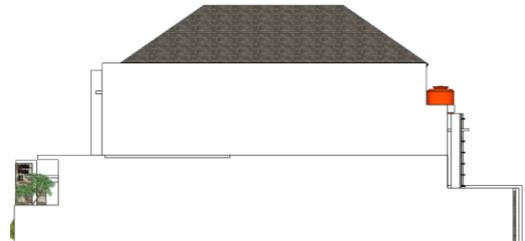


Gambar 1.4 Fasad Utara
Sumber: Penulis, 2017

- OTTV Fasad Barat

Pada kategori ini nilai OTTV yang dihasilkan juga masih di ambang aman Konservasi Energi (Badan Standardisasi Nasional, 2000) yaitu $\leq 45 \text{ W/m}^2$ dengan nilai nilai OTTV Selatan sebesar 5.88

Watt/m^2 . Nilai OTTV ini tergolong sangat jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan orientasi lainnya, hal ini dikarenakan tidak adanya bukaan yang terdapat pada bagian barat. Fasad barat merupakan area yang berbatasan langsung dengan tanah tetangga, sehingga arsitek merencanakan zona ruang dengan tidak meletakkan ruang yang memerlukan bukaan pada sisi barat, berbeda dengan sisi timur yang terdapat kamar anak. Kamar utama terdapat pada sisi barat, namun bukaan jendela dapat di letakkan pada sisi utara, sehingga tidak memerlukan bukaan bagian barat. Pertimbangan lain arsitek adalah karena sisi barat merupakan arah datang radiasi matahari paling panas sehingga penggunaan warna cerah dan meminimalkan bukaan transparan adalah salah satu alasan penting untuk merencanakan bangunan di area iklim tropis.



Gambar 1.5 Fasad Barat
Sumber: Penulis, 2017

- OTTV Selubung Dinding Menyeluruh

Dari keseluruhan OTTV dari berbagai orientasi maka dihasilkan OTTV menyeluruh yang telah dilakukan pada analisis untuk mengetahui jumlah keseluruhan OTTV pada selubung dinding, dari hasil sebelumnya maka di peroleh OTTV menyeluruh sebesar 19.86 Watt/m^2 . Dalam hal ini, arsitek juga telah memenuhi standar karena masih di bawah nilai yang telah ditetapkan yaitu $\leq 45 \text{ W/m}^2$ Kategori ini merupakan hasil kesimpulan dari kategori-kategori diatas dengan berbagai penjelasan bahwa keseluruhan aspek telah dipenuhi dalam rancangan oleh arsitek dalam melakukan pemilihan material dan respon fasad terhadap iklim site.

- RTTV Atap

Dalam hasil Analisa RTTV atap maka diperoleh nilai aman Konservasi Energi (Badan Standardisasi Nasional, 2000) yaitu $\leq 35 \text{ W/m}^2$ dengan nilai OTTV Selatan sebesar 13.61 Watt/m^2 . Penggunaan atap miring yang diterapkan merupakan material masif yang juga memiliki nilai perpindahan kalor yang rendah, aspek lain yang mempengaruhi dari nilai RTTV juga karena tidak

terdapatnya skylight/atap transparan pada rancangan bangunan. Berdasarkan analisa yang dilakukan menunjukkan bahwa arsitek sudah memperhatikan aspek perencanaan atap, pertimbangan arsitek untuk menggunakan atap limasan dan pelana adalah untuk merespon kondisi iklim yang terdapat pada lokasi, untuk meminimalisir kebocoran-kebocoran yang terjadi. Selain itu dengan menggunakan atap miring, nilai panas dari radiasi matahari tidak mengakibatkan kalor panas radiasi matahari secara berlebihan.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan OTTV selubung bangunan dari berbagai arah memiliki nilai sebesar 19.86 W/m². Sedangkan untuk selimut bangunan pada atap (RTTV) memiliki nilai 13.61 W/m². Secara keseluruhan hasil keseluruhan OTTV dan RTTV menunjukkan bahwa nilai berada di bawah standar yang ditetapkan yaitu ≤ 45 W/m², maka bangunan tersebut telah melakukan upaya konservasi energi terutama energi listrik karena tidak mengharuskan penggunaan alat pengkondisian udara untuk membantu kenyamanan ruangan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan nilai OTTV adalah jenis material, warna bangunan dan teritisan yang terdapat pada bangunan, sehingga dalam merancang sebuah bangunan untuk meningkatkan upaya konservasi energi harus memperhatikan hal tersebut. Perbandingan bukaan jendela terhadap dinding juga sangat berpengaruh jika perbandingan bidang jendela (transparan) lebih besar maka radiasi yang masuk secara langsung maupun yang merambat melalui kaca semakin besar. Jenis material memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menyerap panas, maka diperlukan pemilihan material yang menyerap panas seminimal mungkin agar dapat mendukung konservasi energi dalam bangunan. Warna bangunan yang cerah akan lebih banyak memantulkan cahaya matahari yang merambat bersamaan dengan radiasi matahari, sebaliknya warna yang gelap akan menyerap radiasi lebih banyak. Faktor yang terakhir adalah adanya teritisan/*shading* pada bangunan yang memiliki pengaruh besar, terutama pada area bukaan yang menggunakan kaca transparan. *Shading* mampu memberikan pembayangan yang menyebabkan semakin sedikitnya radiasi yang merambat.

Saran

Seorang arsitek dalam berprofesi memiliki tanggung jawab penuh terhadap klien dan pengguna bangunan. Seharusnya tidak hanya mengutamakan nilai estetika dan mengesampingkan ilmu fisika bangunan, agar sesuatu yang dirancang dapat berdampak baik pada lingkungannya, sehingga mampu menciptakan prinsip

arsitektur yang berkelanjutan dengan perlindungan terhadap sumber daya alam. Saran yang dapat diberikan berdasarkan penulisan ini adalah:

- Iklim tropis merupakan tantangan terbesar dalam menentukan rancangan bangunan, terutama pada desain selubungnya, data-data survey pada site yang relevan harus dimiliki seperti jalur lintas matahari pada tapak dan ukuran site terhadap massa bangunannya.
- Pengetahuan tentang material bangunan dapat ditingkatkan mengingat respon besar dan kecilnya nilai absorptansi radiasi matahari menjadi berpengaruh dalam nilai OTTV sebagai upaya konservasi energi.
- Komposisi bentuk pada aplikasi fasad juga berpengaruh besar terhadap nilai OTTV, terutama desain teritisan yang harus ada ketika terdapat material transparan di bawahnya, hal ini berguna untuk menghalau sinar matahari langsung agar sifat panas tersebut dapat diredam.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat bagi penelitian dengan objek rumah tinggal yang memiliki karakteristik serupa dan dengan batasan masalah yang sama. Tidak menutup kemungkinan penelitian ini akan terus diperbaharui baik dalam metode, kasus, teori kajian dan aspek terkait lain dimasa yang akan datang.

Referensi

- ASHRAE. (2001). Standard 90.1-2001: Energy Efficient Design of New Building, except Low Rise Residential Buildings.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2000). Konservasi Energi pada Selubung Bangunan. Sni 03-638-2000, 1–39.
- Green Building Council Indonesia (GBCI). (2014). Panduan Teknis Perangkat Penilaian Bangunan Hijau Untuk Gedung Baru Versi 1.2. (Yantri Komala Dewi, Ed.). Jakarta: Green Building Council Indonesia.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. (1980). World Conservation Strategy. World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.1980.9>
- Mediastika, C. E. (2013). Hemat Energi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan.
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. (2012). PANDUAN PENGGUNA BANGUNAN GEDUNG HIJAU JAKARTA (Vol. 1).