

THE EFFORT TO SAVE ENERGY IN BUILDING COOLING THROUGH MODIFYING THE FACADE DESIGN OF TOWER HOTEL @HOM SEMARANG

¹Patricia Mayasari Krisnawan, ²Paulus Agus Susanto

¹ Student in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

² Senior lecturer in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

Abstract - Hotel @HOM Semarang is one of several high-rise buildings in the central area of Semarang City. During the several years the building has been operating, there have been several problems encountered by the hotel, such as the penetration of solar heat in hotel rooms facing the Northwest and Southeast directions. Preliminary research results at the Hotel @HOM Semarang indicate that the overall thermal transfer value or OTTV of the building still exceeds the recommended value.

This study aims to determine alternative facade modifications that can be applied to Hotel @HOM as an effort to save energy in building conditioning and determine the potential uses of alternative facade modifications for Hotel @HOM.

The research uses quantitative methods with a case study approach. Energy evaluation was carried out by manual calculation using a Microsoft Excel spreadsheet based on the thermal balance and OTTV methods.

Efforts to reduce cooling energy consumption were chosen based on consideration of minimal structural changes. The modifications made consisted of adding external shade which was divided into second skin and shade fins, window-to-wall ratio reduction, changing the glass material on the windows, and changing the paint color of the outer walls. The existing building and the modifications made are then calculated to determine the cooling energy savings produced and compared to determine the peringkat.

Based on the calculation results, the modification with the highest saving effectiveness is through the addition of a second skin, followed by window-to-wall ratio reduction, changing the glass material, adding shade fins, and changing the paint color of the outer walls. The modification with the highest cost savings is the addition of shade fins, followed by changing the paint color of the outer walls, adding a second skin, changing the glass material, and window-to-wall ratio reduction. Based on the opinions of practitioners in the fields of architecture, construction, and building management which were collected through questionnaires and analyzed using the RII (Relative Important Index), the modification with the highest rank was the addition of shade fins, followed by the addition of a second skin, window-to-wall ratio reduction, replacing glass material, and changing the paint color of the outer walls.

Keywords: Energy saving, Cooling load, Façade, Semarang

UPAYA PENGHEMATAN ENERGI PENYEJUK BANGUNAN MELALUI MODIFIKASI DESAIN FASAD PADA TOWER HOTEL @HOM SEMARANG

¹Patricia Mayasari Krisnawan ²Paulus Agus Susanto

¹ Mahasiswa S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

² Dosen Pembimbing S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

Abstrak - Hotel @HOM Semarang merupakan salah satu dari beberapa bangunan bertingkat tinggi di di kawasan pusat Kota Semarang. Selama beberapa tahun bangunan beroperasi, terdapat beberapa masalah yang ditemui pihak hotel seperti penetrasi panas matahari pada kamar-kamar hotel yang menghadap arah Barat Laut dan Tenggara. Hasil penelitian awal pada Hotel @HOM Semarang mengindikasikan bahwa nilai transfer termal keseluruhan atau OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) bangunan masih melebihi nilai yang dianjurkan.

¹ Corresponding Author: patriciakrisnawan@gmail.com

The Effort to Save Energy in Building Conditioning through Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan alternatif modifikasi fasad yang dapat diterapkan untuk Hotel @HOM sebagai upaya penghematan energi penyejuk bangunan dan menentukan peringkat potensi penggunaan alternatif modifikasi fasad untuk Hotel @HOM.

Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Evaluasi energi dilakukan dengan cara perhitungan manual menggunakan *spreadsheet Microsoft Excel* berdasarkan metode keseimbangan termal dan OTTV.

Upaya penurunan konsumsi energi penyejuk dipilih berdasarkan pertimbangan perubahan struktural minimal. Modifikasi yang dilakukan terdiri dari penambahan peneduh eksternal yang terbagi menjadi *second skin* dan sirip peneduh, reduksi rasio jendela-dinding, penggantian material kaca pada jendela, dan pengubahan warna cat dinding luar. Bangunan eksisting dan modifikasi yang dilakukan tersebut kemudian dihitung untuk mengetahui penghematan energi penyejuk yang dihasilkan dan dibandingkan untuk mengetahui peringkatnya.

Berdasarkan hasil perhitungan, modifikasi dengan efektivitas penghematan tertinggi adalah melalui penambahan *second skin*, diikuti oleh reduksi rasio jendela-dinding, penggantian material kaca, penambahan sirip peneduh, dan pengubahan warna cat. Modifikasi dengan penghematan biaya tertinggi adalah penambahan sirip peneduh, diikuti oleh pengubahan warna cat, penambahan *second skin*, penggantian material kaca, dan reduksi rasio jendela-dinding. Berdasarkan pendapat praktisi dalam bidang arsitektur, konstruksi, dan manajemen bangunan yang dikumpulkan melalui kuesioner dan dianalisis menggunakan RII (*Relative Important Index*), modifikasi dengan peringkat tertinggi adalah penambahan sirip peneduh, diikuti oleh penambahan *second skin*, reduksi rasio jendela-dinding, penggantian material kaca, dan pengubahan warna cat.

Kata Kunci: Penghematan energi, Beban penyejukan, Fasad, Semarang

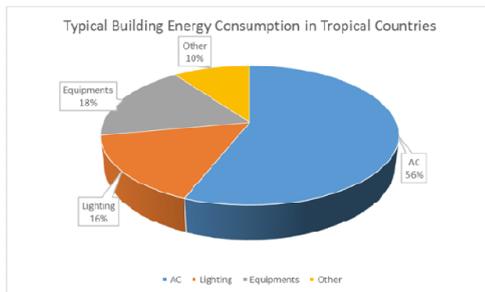
1. PENDAHULUAN

Siklus hidup bangunan merupakan cara memandang dan memahami sebuah bangunan untuk sepanjang masa bangunan tersebut berdiri, di mana bangunan tersebut tidak dipandang hanya dari segi operasional namun juga memperhitungkan proses desain, konstruksi, operasi, pembongkaran, dan pengolahan limbah bangunan. Bangunan umumnya menghabiskan waktu paling panjang di dalam tahap operasional. Dalam tahap operasional ini, bangunan menjadi konsumen energi yang juga mengeluarkan emisi. Pada tahap ini terkadang manajemen energi jangka panjang tidak menjadi prioritas, sehingga mengakibatkan permasalahan dalam konsumsi energi.

Dewasa ini, populasi manusia terus bertambah dan kebutuhan akan lingkungan binaan juga meningkat. Meningkatnya jumlah lingkungan binaan dan emisi bangunan apabila tidak dikontrol selama bangunan tersebut beroperasi akan berdampak pada ekosistem. Pada dasarnya, bangunan sebagai lingkungan binaan memiliki andil terhadap ekosistem. Karena itu, isu manajemen dan penghematan energi pada masa operasional bangunan dan upaya untuk menghemat energi bangunan adalah isu yang harus disorot dalam dunia arsitektur sebagai bagian dari upaya *maintenance*.

Mengutip dari buku Panduan Praktis Efisiensi Energi di Hotel yang diterbitkan oleh ICED (*Indonesia Clean Energy Development*) pada tahun 2015 dalam rangka Program *Hotel Energy Benchmarking and Strategic Energy Management*, bangunan, termasuk hotel, menggunakan 50% energi secara umum atau 70% listrik dari total konsumsi di Indonesia, melebihi sektor industri dan transportasi. Besarnya konsumsi energi bangunan berkontribusi terhadap tingginya biaya operasional bangunan sebanyak 25-30%. Pada bangunan sendiri, konsumsi energi didominasi oleh sektor AC (*Air Conditioner*) atau penyejukan bangunan. Tipikal konsumsi energi di negara-negara tropis seperti Indonesia didominasi konsumsi energi AC karena suhu dan kelembapan udara alami yang sulit mencapai kenyamanan termal.

The Effort to Save Energy in Building Conditioning through Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang



Gambar 1. Tipikal Konsumsi Energi Bangunan Negara Tropis (Sumber: Katili, A. & Boukhanouf, R. & Wilson, Robin, 2015)



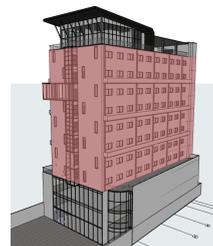
Gambar 2. Pertumbuhan Industri Perhotelan di Indonesia (Sumber: CEIC Indonesia Data Talk, 2015)

Hotel @HOM Semarang merupakan sebuah hotel berstatus bintang tiga yang terletak di kawasan pusat Kota Semarang, tepatnya di Jalan Pandanaran, Kecamatan Semarang Selatan. Hotel ini merupakan salah satu dari beberapa bangunan bertingkat tinggi di jalan tersebut. Selama beberapa tahun bangunan beroperasi, terdapat beberapa masalah yang ditemui pihak hotel seperti penetrasi panas matahari pada kamar-kamar hotel yang menghadap arah Barat Laut dan Tenggara. Menurut pihak hotel, kerja AC (*Air Conditioner*) pada kamar-kamar terutama sisi Barat bangunan cukup berat karena besarnya tingkat paparan sinar matahari pada sisi tersebut. AC di kamar-kamar hotel membutuhkan waktu yang lebih panjang untuk mencapai suhu yang diinginkan. Lebih panjangnya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang diinginkan ini umumnya mengakibatkan menurunnya efisiensi dan bertambahnya energi yang dibutuhkan oleh bangunan untuk beroperasi.

Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian awal pada Hotel @HOM Semarang yang mengindikasikan bahwa OTTV bangunan masih berada pada kisaran 43,06 W/m². OTTV merupakan standar efisiensi energi yang ditetapkan untuk bangunan-bangunan yang menggunakan energi AC. Nilai OTTV ini belum memenuhi nilai standar 35 W/m² seperti yang disarankan di dalam SNI 03-6389-2011 dan standar GREENSHIP NB 1.2. Permasalahan efisiensi energi ini membuat bangunan Hotel @HOM Semarang menarik untuk diteliti lebih lanjut.



Gambar 3. Hotel @HOM Semarang



Gambar 4. Area Tower Hotel @HOM Semarang

Sektor hotel adalah konsumen tertinggi energi AC di perkotaan. Sistem tata udara mengkonsumsi kurang lebih 65% dari total energi yang digunakan oleh hotel (Penelitian JICA, dengan BPPT & Kementerian ESDM, 2008). Industri perhotelan di Indonesia juga terus bertumbuh karena turisme dan pertumbuhan ini didominasi secara kuantitas oleh hotel-hotel bintang 3. Persentase area dengan penggunaan sistem penyejukan mekanis di hotel bintang 3 lebih tinggi daripada hotel bintang 4&5. Selain itu, GFA (*Gross Floor Area*) untuk fungsi kamar tamu hotel bintang 3 termasuk paling besar.

Penggunaan AC bukanlah hal yang tidak lazim dalam perancangan bangunan di negara beriklim tropis seperti Indonesia. Indonesia memiliki iklim tropis lembab dengan kecenderungan kelembaban yang tinggi dan kecepatan angin yang rendah sehingga sulit mencapai kenyamanan termal. Walaupun begitu, penggunaan AC tetap harus diupayakan untuk efisiensi energi melalui manajemen energi maupun modifikasi-modifikasi arsitektural agar konsumsi energi bangunan tetap dapat diminimalisir.

Kebutuhan energi AC terdiri dari beban penyejukan internal dan eksternal. Beban penyejukan internal terdiri dari penghuni, lampu, dan peralatan-peralatan yang mengeluarkan panas. Kebutuhan penyejukan eksternal terdiri dari konduksi, radiasi, dan konveksi panas matahari yang didapatkan melalui perantara selubung. Panas matahari berinteraksi langsung dengan elemen fasad. Berdasarkan teori OTTV, fasad turut menentukan konsumsi energi bangunan sehingga menjadi salah satu strategi penghematan energi bangunan yang bersifat arsitektural. Dengan kata lain, desain fasad bangunan dapat mengurangi konsumsi energi penyejuk bangunan. Dalam kasus bangunan bertingkat tinggi seperti Hotel @HOM Semarang, tingkat paparan panas matahari sangat tinggi terutama di bagian tower hotel yang minim pembayangan sehingga penelitian difokuskan pada area *tower* Hotel @HOM Semarang.

Untuk bangunan yang sudah terbangun seperti Hotel @HOM Semarang, pilihan strategi penghematan energi melalui modifikasi arsitektural dibatasi oleh orientasi dan konstruksi yang sudah ada. Selain tidak memungkinkan untuk mengubah orientasi yang sudah ada, strategi penghematan melalui modifikasi selubung harus diupayakan agar tidak menghasilkan perubahan yang besar pada struktur bangunan seperti contohnya pembongkaran. Hal ini dikarenakan faktor biaya dan tingkat efisiensi pengerjaan. Dengan demikian, diperlukan alternatif-alternatif modifikasi fasad yang dapat dilakukan tanpa mengubah struktur yang sudah ada dan sesuai dengan standar dan pedoman yang ada. Alternatif tersebut harus mampu menghasilkan penghematan dan sesuai dengan biaya yang dianggarkan.

Dengan latar belakang tersebut, maka dapat diidentifikasi permasalahan yaitu bangunan hotel @HOM Semarang khususnya di area *tower* hotel masih belum memenuhi standar nilai OTTV sebagai standar efisiensi energi bangunan sehingga diperlukan tindakan atau upaya untuk memperbaiki konsumsi energi. Sebagai bagian dari pemeliharaan bangunan, modifikasi fasad sebagai elemen penentu nilai OTTV dapat menjadi salah satu cara untuk memperbaiki konsumsi energi. Modifikasi fasad memiliki banyak alternatif sehingga harus ditentukan alternatif apa saja yang memungkinkan untuk diterapkan ke objek studi. Modifikasi ini akan memiliki dampaknya masing-masing dalam menentukan penurunan nilai OTTV sehingga harus ada pertimbangan dari segi efektivitas kinerja, biaya, dan praktik pengerjaan di lapangan. Untuk membantu menentukan modifikasi yang paling potensial untuk diterapkan, diperlukan peringkat berdasarkan keunggulan masing-masing pilihan modifikasi.

Modifikasi fasad yang dapat diterapkan pada Hotel @HOM Semarang sebagai upaya penghematan energi bangunan dan peringkat potensi penggunaan alternatif modifikasi fasad untuk Hotel @HOM Semarang menjadi fokus utama penelitian ini.

Penelitian bertujuan untuk menentukan alternatif modifikasi fasad yang dapat diterapkan untuk Hotel @HOM sebagai upaya penghematan energi bangunan dan menentukan peringkat potensi penggunaan alternatif modifikasi fasad untuk Hotel @HOM ditinjau dari efektivitas penghematan energi, biaya, dan pendapat praktisi.

Dalam lingkup akademik, penelitian diharapkan dapat memperoleh informasi mengenai elemen-elemen desain fasad bangunan dan dampaknya terhadap penghematan konsumsi energi sebuah bangunan. Dalam lingkup umum, penelitian diharapkan bermanfaat

untuk dapat memperoleh informasi yang diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan alternatif perbaikan konsumsi energi terhadap objek penelitian oleh pihak pemilik bangunan.

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus dan bersifat deskriptif. Pemilihan ini berdasarkan kebutuhan pengambilan data, analisis data, dan penarikan kesimpulan atau interpretasi yang bersifat terukur. Penelitian dilakukan untuk melihat relasi antara selubung bangunan, spesifikasi ventilasi buatan, penetrasi panas, dan nilai beban pendinginan bangunan yang nantinya berujung pada pembahasan efisiensi energi bangunan.

Objek penelitian adalah bangunan Hotel @HOM Semarang yang terletak di Jalan Pandanaran, Kecamatan Semarang Selatan, Kota Semarang. Hotel ini berada di area pusat kota dan memiliki status sebagai hotel bintang 3. Bagian *tower* yang digunakan terdiri dari 8 lantai tipikal yang berisi *guest room*.

2. KAJIAN TEORI

Dalam buku Fisika Bangunan, Prasasto Satwiko (2009, hal. 95) menjelaskan bahwa beban penyejukan atau *cooling load* adalah panas dari dalam ruang yang harus dibuang oleh AC agar suhu udara di dalam ruang tidak naik dan tetap nyaman secara termal. Metode *Heat Balance* atau Keseimbangan Termal merupakan metode yang termasuk dalam standar *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) untuk perhitungan beban pendinginan bangunan komersial seperti kantor dan hotel.

Persamaan keseimbangan termal di dalam bangunan adalah sebagai berikut:

$$Q_i \pm Q_s \pm Q_c \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0$$

Q_i = *internal heat gain* (panas dari sumber di dalam ruangan, W)

Q_s = *solar heat flow* (panas matahari yang menembus kaca atau melalui jendela, W)

Q_c = *conduction heat flow* (panas dari ruang luar yang menembus dinding, W)

Q_v = *convection heat flow* (panas dari udara luar, W)

Q_m = *mechanical cooling* (panas yang harus diangkut oleh mesin penyejuk udara), W

Q_e = *evaporation* (pengurangan panas karena penguapan, W)

Untuk daerah tropis, keseimbangan termal di dalam bangunan adalah sebagai berikut:

$$Q_i \pm Q_s \pm Q_c \pm Q_v - Q_m = 0$$

Apabila hasilnya + berarti ruangan akan menjadi panas, apabila hasilnya – berarti ruangan akan mendingin.

Untuk memperkirakan beban penyejuk udara, rumus yang digunakan adalah:

$$Q_m = Q_i \pm Q_s \pm Q_c \pm Q_v$$

OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) adalah nilai perolehan panas akibat radiasi matahari yang melewati setiap meter persegi luas selubung bangunan. Semakin tinggi nilai OTTV maka semakin banyak panas yang masuk ke dalam bangunan dan dapat meningkatkan beban pendinginan bangunan, sehingga bangunan menjadi kurang hemat energi sebaliknya apabila nilai OTTV rendah yaitu bangunan menjadi tidak bergantung pada penggunaan peralatan meknikal/elektrikal, meningkatkan kesehatan dan kenyamanan dalam ruang, mengurangi emisi karbon dari penggunaan listrik, dan menghemat biaya penggunaan gedung.

OTTV merupakan nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan. OTTV berfungsi untuk mengukur performa termal selubung bangunan ber-AC yang mengikuti standar efisiensi energi dan digunakan untuk standarisasi konsumsi energi bangunan.

The Effort to Save Energy in Building Conditioning through Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang

The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) memperkenalkan OTTV sebagai cara standarisasi energi konsumsi bangunan berpenghuni. Di Indonesia, GBCI (*Green Building Council Indonesia*) menentukan standar desain selubung bangunan yang tepat dalam mengkonservasi energi dinyatakan dalam OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) yang tidak boleh lebih dari 35 Watt/m².

Perhitungan OTTV dinding orientasi tertentu memiliki rumus sebagai berikut:

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

Keterangan

OTTV_n = harga perpindahan panas menyeluruh pada dinding luar dengan orientasi tertentu (W/m²)

A = absorpsi radiasi matahari permukaan dinding

U = transmittan dinding (W/m² degC)

WWR = *window-to-wall ratio*, perbandingan luas seluruh permukaan dinding luar dengan permukaan jendela pada satu orientasi

ΔT_{eq} = perbedaan suhu ekuivalen antara sisi luar dengan sisi dalam

SF = *solar factor*, faktor radiasi matahari (W/m²)

SC = *shading coefficient*, koefisien peneduh penetrasi pada bukaan (perbandingan perolehan panas radiasi matahari melalui tipe kaca tertentu dan melalui kaca bening), biasanya diberikan oleh pabrik pembuat jendela tersebut.

Pada dasarnya, OTTV adalah ukuran transfer panas rata-rata dari lingkungan luar ke dalam bangunan melalui selubung atau fasad bangunan. Semakin tinggi nilai OTTV, maka semakin tinggi pula panas yang masuk ke dalam bangunan. Prinsip di balik OTTV adalah untuk mengurangi panas yang masuk sehingga mereduksi beban penyejukan dari AC bangunan. Pengontrolan pada OTTV berarti pengontrolan terhadap transfer panas melalui fasad. Apabila perolehan panas dapat dikontrol maka beban penyejukan pada sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) dapat dikurangi sehingga konsumsi listrik pun turut berkurang (Jeyasingh, 2010). OTTV memiliki tujuan untuk meningkatkan efisiensi energi di dalam bangunan.

Tabel 1. Potensi Penghematan Energi melalui Selubung Bangunan

Strategi Pendinginan Pasif	Kantor	Retail	Hotel	Rumah Sakit	Apartmen	Sekolah
Peneduh	10.1%	4.6%	10.2%	8.8%	5.3%	1.9%
WWR	8.0%	3.9%	8.7%	7.5%	2.3%	0.0%
Kaca	7.3%	3.2%	8.5%	8.0%	6.5%	4.2%
Pencahaya-an Alami	4.9%	NA	NA	NA	NA	NA
Reflektivitas Dinding	0.5%	0.3%	0.6%	0.3%	2.3%	2.6%
Insulasi Dinding	0.3%	0.2%	1.0%	0.5%	3.2%	-0.9%
Total	31.1%	12.2%	29.0%	25.1%	19.6%	11.3%

(Sumber: Paduan Penggunaan Bangunan Gedung Hijau Jakarta, 2012)

Pada penelitian ini, pendekatan desain pasif yang akan digunakan adalah modifikasi sirip peneduh eksternal, second skin, material kaca, *window to wall ratio* (WWR), dan warna selubung. Ketiga strategi tersebut dipilih karena potensi penghematan energinya yang tinggi dan untuk meminimalkan perubahan struktural pada bangunan eksisting.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 5. Lokasi Hotel @HOM Semarang

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus dan bersifat deskriptif. Objek studi penelitian berlokasi di Hotel @HOM Semarang dengan alamat Jalan Pandanaran No.119, Mugassari, Kecamatan Semarang Selatan, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah.

Waktu penelitian untuk tahap studi literatur dimulai dari bulan Maret 2021, sedangkan tahap observasi dan dokumentasi objek studi dimulai dari bulan April 2021. Jangka waktu masa pelaksanaan penelitian adalah dari bulan Maret 2021 hingga bulan Juni 2021.

Tabel 2. Klasifikasi Kebutuhan dan Pengumpulan Data

Studi Pustaka	<ul style="list-style-type: none"> ● Absorpsi radiasi matahari permukaan dinding ● Nilai U (Nilai transmittan konstruksi dinding) untuk material bangunan yang digunakan ● Nilai koefisien peneduh (<i>shading coefficient</i>) ● <i>Solar factor</i> lokasi ● Standar penghematan energi bangunan (OTTV maksimal, WWR maksimal, standar suhu & kelembapan)
Observasi	<ul style="list-style-type: none"> ● Nilai beban penyejukan dengan kondisi WWR eksisting ● Dimensi ruang ● Suhu udara luar ● Suhu udara dalam (ruang) ● Kelembapan udara ● Kecepatan udara
Pemeriksaan dokumen	<ul style="list-style-type: none"> ● Data AC dan konsumsi energi sektor AC hotel ● Luas permukaan fasad (dinding dan kaca) ● Jenis bahan, tebal, dan warna material fasad
Kuesioner	<ul style="list-style-type: none"> ● Pendapat praktisi dalam bentuk skala <i>Likert</i>

Tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

*The Effort to Save Energy in Building Conditioning through
Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang*

1. Tahap pendahuluan: kajian teoritis, observasi lapangan
2. Penentuan elemen façade yang dimodifikasi melalui analisa kajian teori: didapatkan 5 elemen yang dimodifikasi yaitu: *second skin*, sirip peneduh, perubahan WWR, material kaca, dan warna cat selubung.
3. Penentuan variabel per elemen yang dimodifikasi melalui analisa kajian teori: *Second skin*, sirip peneduh, WWR, warna, material kaca
4. Perhitungan energi bangunan eksisting (tanpa modifikasi) melalui rumus keseimbangan termal. Dihitung konsumsi bangunan per bidang orientasi.
5. Tahap perhitungan 1: modifikasi peneduh eksternal: *second skin* dan perhitungan energi penyejukan yang dihemat
6. Tahap perhitungan 2: modifikasi peneduh eksternal: sirip dan perhitungan energi penyejukan yang dihemat
7. Tahap perhitungan 3: modifikasi material WWR dan perhitungan energi penyejukan yang dihemat
8. Tahap perhitungan 4: modifikasi warna cat selubung dan perhitungan energi penyejukan yang dihemat
9. Tahap perhitungan 5: modifikasi material kaca dan perhitungan energi penyejukan yang dihemat
10. Tahap perhitungan 6: modifikasi kombinasi dan perhitungan energi penyejukan yang dihemat
11. Tahap analisis hasil perhitungan
12. Tahap pembuatan kuesioner dan pengumpulan data melalui kuesioner
13. Tahap analisis hasil kuesioner
14. Penarikan kesimpulan

Analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif. Analisis data kuantitatif yang digunakan adalah analisis deskriptif yaitu cara mengorganisasi informasi secara numerik dan menelaah satu per satu variable penelitian yang bersifat kategorikal. Analisis ini kemudian akan dievaluasi berdasarkan acuan atau standar yang ada dan menjadi sintesa yang nantinya akan digunakan untuk menarik kesimpulan. Untuk analisis hasil kuesioner, digunakan metode *Relative Importance Index* (RII) untuk menentukan peringkat kredibilitas pilihan.

Tabel 3. Daftar Pertanyaan Kuesioner

No.	Bagian	Capaian	Pertanyaan
1	Data Responden	Pengalaman dan kapabilitas responden	Bidang pekerjaan
2			Pengalaman kerja dalam bidang
3			Pendidikan terakhir
4			Pengalaman keikutsertaan dalam proyek bangunan hotel
5			Pengetahuan mengenai OTTV dan perannya sebagai bagian dari upaya penurunan konsumsi bangunan
6	Pemilihan Alternatif Modifikasi Desain Fasad	Pemilihan alternatif modifikasi desain fasad oleh praktisi dalam bentuk skala Likert	Apakah Anda setuju dengan penambahan peneduh sirip peneduh sebagai bentuk modifikasi fasad pada hotel?
7			Apakah Anda setuju dengan penggantian material kaca sebagai bentuk modifikasi fasad pada hotel?
8			Apakah Anda setuju dengan penggantian cat eksterior sebagai bentuk modifikasi fasad pada hotel?
9			Apakah Anda setuju dengan reduksi WWR sebagai bentuk modifikasi fasad pada hotel?
10			Apakah Anda setuju dengan penambahan Sond skin sebagai bentuk modifikasi fasad pada hotel?

2. Berdasarkan pertimbangan dari segi arsitektur dan penerapan di lapangan, apakah Anda setuju dengan PENGGANTIAN MATERIAL KACA sebagai bentuk modifikasi fasad pada hotel? *

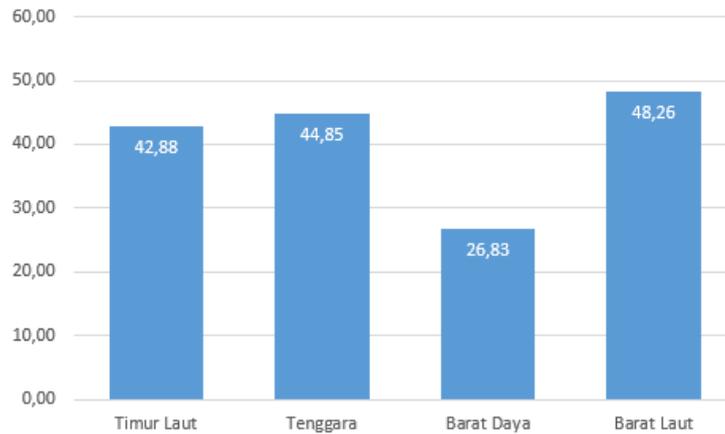
1 2 3 4 5
 Sangat tidak setuju Sangat setuju

Gambar 6. Contoh Skala Likert

4. ANALISIS

Hasil perhitungan awal mengindikasikan nilai OTTV total bangunan belum memenuhi standar 35 W/m². Nilai OTTV total hasil perhitungan adalah 43,06 W/m², memiliki selisih 8,06 W/m² dari nilai yang dianjurkan. OTTV yang ada terusun dari tiga unsur yaitu konduksi melalui dinding, konduksi melalui jendela, dan radiasi melalui jendela. Pada bangunan Hotel @HOM Semarang, masing-masing orientasi memiliki rasio yang berbeda untuk ketiga nilai tersebut. Sisi Tenggara dan Barat Laut khususnya memiliki jumlah bukaan yang lebih banyak sehingga nilai radiasi dan konduksi melalui jendela menjadi besar. Secara keseluruhan, hanya nilai OTTV di sisi Barat Daya yang masih berada di bawah nilai yang dianjurkan.

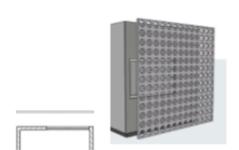
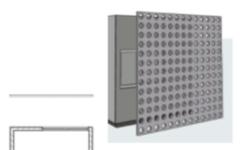
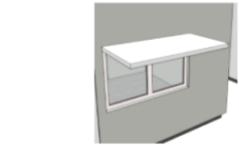
The Effort to Save Energy in Building Conditioning through Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang



Gambar 7. OTTV bidang Eksisting

Untuk hasil perhitungan beban penyejukan, hasil yang didapatkan adalah beban penyejukan sebesar 2130,93 m² per kamarnya. Jumlah yang setara dengan 2,13 Kw ini sangat dekat dengan kapasitas penyejukan maksimum 2,61 Kw untuk spesifikasi AC yang ada. Walaupun masih berada di bawah ambang batas, kinerja AC menjadi sangat berat. Untuk perhitungan pemakaian listrik per hari, nilai beban penyejukan dikonversi menjadi kebutuhan konsumsi listrik. Pada AC dengan spesifikasi yang telah disebutkan sebelumnya, maka kebutuhan energi listrik untuk kamar di sisi Barat Laut dan Tenggara adalah 54,29 Kw dan 38,00 Kw. Nilai ini dikalikan dengan jam pemakaian yaitu 4 jam waktu beban puncak dan 14 jam luar waktu beban puncak. Total kebutuhan listrik 1 hari untuk seluruh kamar di bagian tower adalah 1661,29 kWh. Persentase penghematan energi penyejuk akan dihitung dengan nilai tersebut sebagai *baseline*.

Modifikasi yang disimulasikan dalam perhitungan adalah sebagai berikut.

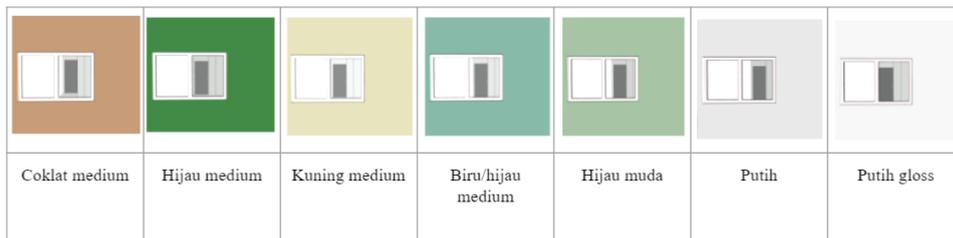
			
Perforated panel 1 (tebal 7 cm, jarak 60 cm, perforasi 50%/0,031 (SCeff= 0,38))	Perforated panel 2 (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0,018 (SCeff= 0,12))	Perforated panel 3 (tebal 10 cm, jarak 60 cm, perforasi 30%/0,075 (SCeff= 0,18))	Perforated panel 4 (tebal 7 cm, jarak 60 cm, perforasi 18%/0,2 (SCeff= 0,15))
			
Shading <u>Horisontal</u>	Shading Vertikal	Shading Kombinasi	

Gambar 8. Modifikasi Peneduh Eksternal

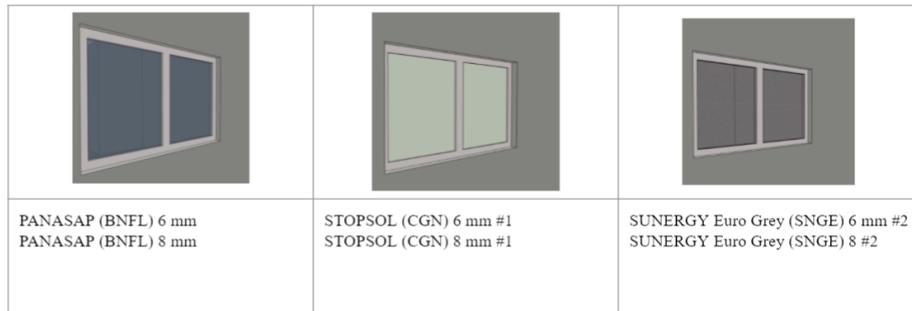
The Effort to Save Energy in Building Conditioning through Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang



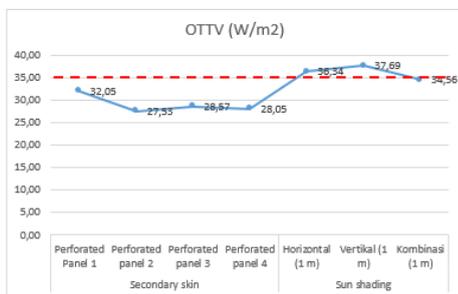
Gambar 9. Modifikasi *Window to Wall Ratio* (WWR)



Gambar 10. Modifikasi Warna Cat



Gambar 11. Modifikasi Material Kaca

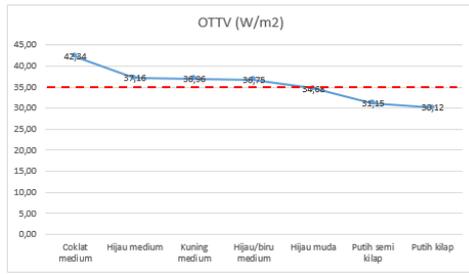


Gambar 12. Efektivitas Modifikasi Peneduh Eksternal

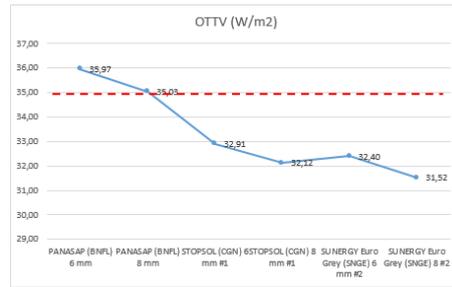


Gambar 13. Efektivitas Modifikasi WWR

The Effort to Save Energy in Building Conditioning through Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang



Gambar 14. Efektivitas Modifikasi Warna Cat



Gambar 15. Efektivitas Modifikasi Material Kaca

Modifikasi yang dilakukan merupakan kombinasi dari dua macam modifikasi atau lebih. Pada modifikasi kombinasi ini, modifikasi *second skin* dan sirip peneduh tidak dikombinasikan karena pada dasarnya keduanya merupakan peneduh eksternal. Di dalam modifikasi kombinasi, digunakan dua macam modifikasi berdasarkan batas atas dan batas bawah harga serta kualitas termal material yang digunakan. Batas bawah diberi keterangan sebagai tipe B, sedangkan batas atas diberi keterangan sebagai tipe A sehingga kode modifikasi menjadi M1 A, M1 B, M2 A, M2 B, dan seterusnya. Setelah itu, dilakukan perhitungan beban penyejukan dan OTTV setelah modifikasi dilakukan, dilanjutkan dengan perhitungan biaya total dan peringkatnya.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Modifikasi Kombinasi

No.	Kode	Modifikasi					OTTV (W/m ²)	% Penghematan energi penyejuk bangunan	Peringkat	Biaya	Peringkat
		Peneduh Eksternal		WWR (Window to Wall Ratio)	Warna cat eksterior	Material kaca					
		Secondary skin	Sun shading								
1	M1 A	v				32,04	29,41	28	Rp343.563.480,00	5	
2	M1 B	v				27,52	41,67	12	Rp343.563.480,00	5	
3	M2 A	v		v		27,80	35,32	21	Rp936.035.568,00	27	
4	M2 B	v		v		24,40	42,90	11	Rp961.795.224,00	30	
5	M3 A	v			v	31,34	30,14	27	Rp515.310.680,00	11	
6	M3 B	v			v	14,48	55,26	6	Rp515.310.680,00	11	
7	M4 A	v			v	30,44	34,35	23	Rp687.578.480,00	19	
8	M4 B	v			v	25,79	45,78	10	Rp785.868.480,00	22	
9	M5 A	v		v	v	27,11	36,15	19	Rp1.107.782.768,00	34	
10	M5 B	v		v	v	11,36	59,55	2	Rp1.133.542.424,00	36	
11	M6 A	v		v	v	29,74	35,08	22	Rp859.325.680,00	25	
12	M6 B	v		v	v	12,75	59,36	3	Rp957.615.680,00	29	
13	M7 A	v		v	v	26,25	38,99	15	Rp1.451.797.768,00	40	
14	M7 B	v		v	v	10,90	60,63	1	Rp1.575.847.424,00	41	
15	M8 A		v			35,17	20,92	36	Rp162.214.000,00	1	
16	M8 B		v			34,30	23,28	34	Rp403.487.500,00	8	
17	M9 A		v	v		29,46	30,44	26	Rp754.686.088,00	20	
18	M9 B		v	v		26,20	38,06	16	Rp1.021.719.244,00	32	
19	M10 A		v		v	34,47	21,65	35	Rp333.961.200,00	4	
20	M10 B		v		v	21,25	36,86	18	Rp575.234.700,00	14	
21	M11 A		v		v	32,55	28,63	30	Rp506.229.000,00	10	
22	M11 B		v		v	28,71	37,84	17	Rp845.792.500,00	24	
23	M12 A		v	v	v	28,77	31,26	25	Rp926.433.288,00	26	
24	M12 B		v	v	v	13,16	54,70	7	Rp1.193.466.444,00	37	
25	M13 A		v		v	31,85	29,36	29	Rp677.976.200,00	18	
26	M13 B		v		v	15,67	51,42	8	Rp1.017.539.700,00	31	
27	M14 A		v	v	v	27,37	35,70	20	Rp1.270.448.288,00	39	
28	M15 B		v	v	v	11,68	59,54	4	Rp1.635.771.444,00	42	
29	M16 A			v		33,52	18,49	38	Rp592.472.088,00	15	
30	M17 B			v		28,46	31,97	24	Rp618.231.744,00	17	
31	M18 A			v	v	32,82	19,32	37	Rp764.219.288,00	21	
32	M18 B			v	v	15,42	48,61	9	Rp789.978.944,00	23	
33	M19 A			v	v	30,80	26,83	33	Rp936.487.088,00	28	
34	M19 B			v	v	25,70	39,27	14	Rp1.060.536.744,00	33	
35	M20 A			v	v	30,11	27,65	32	Rp1.108.234.288,00	35	
36	M20 B			v	v	12,65	55,91	5	Rp1.232.283.944,00	38	
37	M21 A				v	42,12	0,90	42	Rp171.747.200,00	2	
38	M21 B				v	29,77	13,76	41	Rp171.747.200,00	2	
39	M22 A				v	37,00	15,38	39	Rp515.762.200,00	13	
40	M22 B				v	19,35	41,45	13	Rp614.052.200,00	16	
41	M23 A				v	37,70	14,65	40	Rp344.015.000,00	7	
42	M23 B				v	32,39	27,87	31	Rp442.305.000,00	9	

*The Effort to Save Energy in Building Conditioning through
Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang*

Tabel 5. Keterangan Kombinasi

Tipe Kombinasi	Modifikasi	Spesifikasi
A (batas bawah)	Second Skin	Perforated panel 1 (tebal 7 cm, jarak 60 cm, perforasi 50%/0.031 (SCeff= 0,38))
	Sun Shading	Sun Shading Vertikal/Horisontal
	WWR	WWR 0,08
	Cat	Cat (Warna = coklat medium)
	Kaca	Kaca Tinted (PANASAP (BNFL) 6mm)
B (bawah atas)	Second Skin	Perforated panel 2 (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0.018 (SCeff= 0,12))
	Sun Shading	Sun Shading Kombinasi
	WWR	WWR 0,04
	Cat	Cat (Warna = putih kilap)
	Kaca	Kaca Low-E (SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 mm #2)

Tabel 6. Peringkat Modifikasi Nonkombinasi (Energi)

No.	Kode	Modifikasi					OTTV (W/m2)	% Penghematan energi penyejuk bangunan	Peringkat	Biaya	Peringkat
		Peneduh Eksternal		WWR (Window to Wall)	Warna cat eksterior	Material kaca					
		Secondary skin	Sun shading								
2	M1 B	v				27,52	41,67	1	Rp343.563.480,00	3	
30	M17 B			v		28,46	31,97	2	Rp618.231.744,00	8	
1	M1 A	v				32,04	29,41	3	Rp343.563.480,00	3	
42	M23 B				v	32,39	27,87	4	Rp442.305.000,00	6	
16	M8 B		v			34,30	23,28	5	Rp403.487.500,00	5	
15	M8 A		v			35,17	20,92	6	Rp162.214.000,00	1	
29	M16 A			v		33,52	18,49	7	Rp592.472.088,00	7	
41	M23 A				v	37,70	14,65	8	Rp344.015.000,00	4	
38	M21 B				v	29,77	13,76	9	Rp171.747.200,00	2	
37	M21 A				v	42,12	0,90	10	Rp171.747.200,00	2	

Tabel 7. Peringkat Modifikasi Nonkombinasi (Biaya)

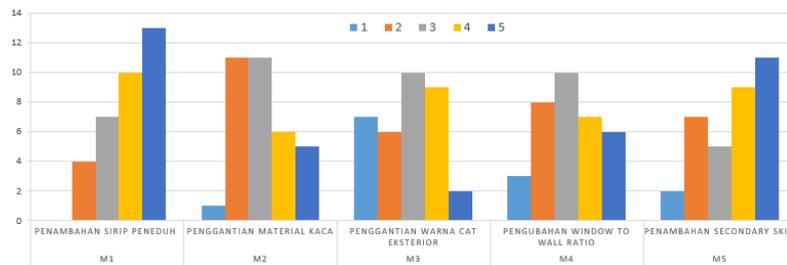
No.	Kode	Modifikasi					OTTV (W/m2)	% Penghematan energi penyejuk bangunan	Peringkat	Biaya	Peringkat
		Peneduh Eksternal		WWR (Window to Wall)	Warna cat eksterior	Material kaca					
		Secondary skin	Sun shading								
15	M8 A		v			35,17	20,92	6	Rp162.214.000,00	1	
37	M21 A				v	42,12	0,90	10	Rp171.747.200,00	2	
38	M21 B				v	29,77	13,76	9	Rp171.747.200,00	2	
1	M1 A	v				32,04	29,41	3	Rp343.563.480,00	3	
2	M1 B	v				27,52	41,67	1	Rp343.563.480,00	3	
41	M23 A				v	37,70	14,65	8	Rp344.015.000,00	4	
16	M8 B		v			34,30	23,28	5	Rp403.487.500,00	5	
42	M23 B				v	32,39	27,87	4	Rp442.305.000,00	6	
29	M16 A			v		33,52	18,49	7	Rp592.472.088,00	7	
30	M17 B			v		28,46	31,97	2	Rp618.231.744,00	8	

Tabel 8. Peringkat Modifikasi Kombinasi

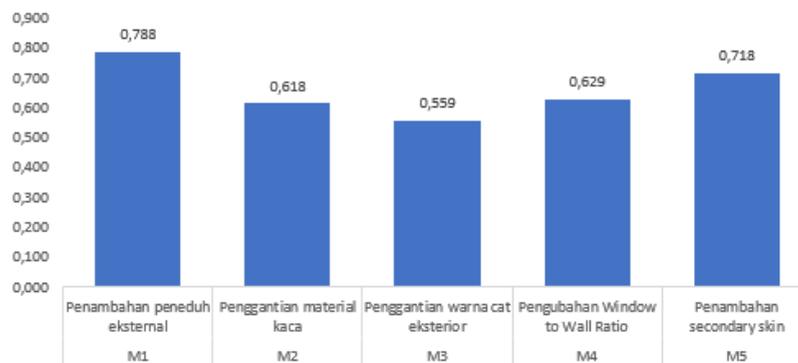
No.	Kode	Modifikasi					OTTV (W/m2)	% Penghematan energi penyejuk bangunan	Peringkat	Biaya	Peringkat	Kategori
		Peneduh Eksternal		WWR (Window to Wall)	Warna cat eksterior	Material kaca						
		Secondary skin	Sun shading									
PERINGKAT BERDASARKAN PENGHEMATAN ENERGI												
14	M7 B	v		v	v	10,90	60,63	1	Rp1.575.847.424,00	41		
10	M5 B	v		v	v	11,36	59,55	2	Rp1.133.542.424,00	36		
12	M6 B	v		v	v	12,75	59,36	3	Rp957.615.680,00	29		
28	M15 B		v	v	v	11,68	58,54	4	Rp1.635.771.444,00	42		
36	M20 B			v	v	12,65	55,91	5	Rp1.232.283.944,00	38		
6	M3 B	v		v	v	14,48	55,26	6	Rp515.310.680,00	11		
24	M12 B		v	v	v	13,16	54,70	7	Rp1.193.466.444,00	37		
26	M13 B		v	v	v	15,67	51,42	8	Rp1.017.539.700,00	31		
32	M18 B			v	v	15,42	48,61	9	Rp789.978.944,00	23		
8	M4 B	v			v	25,79	45,78	10	Rp785.868.480,00	22		
PERINGKAT BERDASARKAN PENGHEMATAN BIAYA												
15	M8 A		v			35,17	20,92	36	Rp162.214.000,00	1		
37	M21 A				v	42,12	0,90	42	Rp171.747.200,00	2		
38	M21 B				v	29,77	13,76	41	Rp171.747.200,00	2		
19	M10 A		v		v	34,47	21,65	35	Rp333.961.200,00	4		
1	M1 A	v				32,04	29,41	28	Rp343.563.480,00	5		
2	M1 B	v				27,52	41,67	12	Rp343.563.480,00	5		
41	M23 A				v	37,70	14,65	40	Rp344.015.000,00	7		
16	M8 B		v			34,30	23,28	34	Rp403.487.500,00	8		
42	M23 B				v	32,39	27,87	31	Rp442.305.000,00	9		
21	M11 A		v		v	32,55	28,63	30	Rp506.229.000,00	10		

- Kategori Biaya 1 (tinggi) Rp160.000.000,00 - Rp640.000.000,00
- Kategori Biaya 2 (menengah) Rp640.000.000,00 - Rp1.120.000.000,00
- Kategori Biaya 3 (rendah) Rp1.120.000.000,00 - Rp1.600.000.000,00

Dari hasil pengumpulan data melalui kuesioner kepada praktisi, penambahan peneduh eksternal dan penambahan *second skin* menempati menjadi bentuk modifikasi fasad yang paling banyak disetujui oleh praktisi berdasarkan pertimbangan dari segi bidang masing-masing responden (arsitektur, konstruksi, manajemen bangunan) dan penerapan di lapangan. Kedua pilihan tersebut memiliki jawaban dengan “Sangat Setuju (SS)” yang bernilai 5 terbanyak. Apabila ditelusuri lebih dalam, terdapat perbedaan kecenderungan pemilihan alternatif oleh para praktisi dalam masing-masing bidang.



Gambar 16. Bar Chart Pemilihan Alternatif Modifikasi oleh Praktisi



Gambar 17. Peringkat Alternatif Modifikasi Berdasarkan Perhitungan RII

Dari hasil analisis RII di atas, peringkat penggunaan alternatif modifikasi adalah:

1. Penambahan sirip peneduh
2. Penambahan *secondary skin*
3. Reduksi *window-to-wall ratio*
4. Penggantian material kaca
5. Penggantian warna cat dinding luar

Pada setiap bidang, perbedaan kecenderungan peringkat yang ada dipengaruhi oleh perbedaan dalam prioritas yang dimiliki masing-masing bidang.

5. KESIMPULAN

Nilai OTTV yang melebihi nilai anjuran mengindikasikan bahwa konsumsi energi bangunan Hotel @HOM Semarang belum efisien sehingga diperlukan tindakan atau upaya untuk memperbaiki konsumsi energi. Berdasarkan pedoman GREENSHIP NB 1.2, terdapat beberapa cara untuk menghemat energi bangunan melalui selubung. Terdapat 5 alternatif modifikasi yang dipilih dengan pertimbangan minimnya perubahan struktural yang akan ditimbulkan dan memiliki potensi penghematan energi penyejuk: penambahan peneduh eksternal *second skin* untuk mengurangi nilai SC (*Shading Coefficient*), penambahan peneduh eksternal sirip untuk mengurangi nilai SC (*Shading Coefficient*), memperkecil luas bukaan untuk mengurangi nilai WWR (*Window to Wall Ratio*), penggantian material bukaan dengan U-Value, SHGC (*Solar Heat Gain Coefficient*), dan SC (*Shading Coefficient*) yang lebih

rendah, dan penggantian warna cat dinding luar dengan warna yang memiliki tingkat absorpsi lebih rendah.

Berdasarkan hasil perhitungan, modifikasi dengan efektivitas penghematan tertinggi adalah melalui penambahan *second skin*, diikuti oleh reduksi rasio jendela-dinding, penggantian material kaca, penambahan sirip peneduh, dan pengubahan warna cat. Modifikasi dengan penghematan biaya tertinggi adalah penambahan sirip peneduh, diikuti oleh pengubahan warna cat, penambahan *second skin*, penggantian material kaca, dan reduksi rasio jendela-dinding. Berdasarkan pendapat praktisi dalam bidang arsitektur, konstruksi, dan manajemen bangunan yang dikumpulkan melalui kuesioner dan dianalisis menggunakan RII (*Relative Important Index*), modifikasi dengan peringkat tertinggi adalah penambahan sirip peneduh, diikuti oleh penambahan *second skin*, reduksi rasio jendela-dinding, penggantian material kaca, dan pengubahan warna cat.

Untuk modifikasi kombinasi, modifikasi dengan efektivitas penghematan energi tertinggi adalah kombinasi sebagai berikut:

1. **M7 B** Kombinasi *Second Skin Perforated panel 2* (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0,018 ($SC_{eff}= 0,12$) + WWR 2 (0.90×0.60, 0.50×1.06) + Cat putih kilap + Kaca SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 #2
2. **M5 B** Kombinasi *Second Skin Perforated panel 2* (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0,018 ($SC_{eff}= 0,12$) + WWR 2 (0.90×0.60, 0.50×1.06) + Cat putih kilap
3. **M6 B** Kombinasi *Second Skin Perforated panel 2* (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0,018 ($SC_{eff}= 0,12$) + Cat putih kilap + Kaca SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 #2
4. **M15 B** Kombinasi sirip peneduh kombinasi ACP 1 meter + WWR 2 (0.90×0.60, 0.50×1.06) + Cat putih kilap + Kaca SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 #2
5. **M20 B** Kombinasi WWR 2 (0.90×0.60, 0.50×1.06) + Cat putih kilap + Kaca SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 #2
6. **M3 B** Kombinasi *Second Skin Perforated panel 2* (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0,018 ($SC_{eff}= 0,12$) + Cat putih kilap
7. **M12 B** Kombinasi sirip peneduh kombinasi ACP 1 meter + WWR 2 (0.90×0.60, 0.50×1.06) + Cat putih kilap
8. **M13 B** Kombinasi sirip peneduh kombinasi ACP 1 meter + Cat putih kilap + Kaca SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 #2
9. **M18 B** Kombinasi WWR 2 (0.90×0.60, 0.50×1.06) + Cat putih kilap
10. **M4 B** Kombinasi *Second Skin Perforated panel 2* (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0,018 ($SC_{eff}= 0,12$) + Kaca SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 #2

Untuk modifikasi kombinasi, modifikasi dengan efektivitas penghematan biaya tertinggi adalah kombinasi sebagai berikut:

1. **M8 A** Sirip peneduh horizontal ACP 1 meter
2. **M21 A** Cat coklat medium
3. **M21 B** Cat putih kilap
4. **M10 A** Kombinasi sirip peneduh horizontal ACP 1 meter + Cat coklat medium
5. **M1 A** *Second Skin Perforated panel 1* (tebal 7 cm, jarak 60 cm, perforasi 50%/0,031 ($SC_{eff}= 0,38$))
6. **M1 B** *Second Skin Perforated panel 2* (tebal 7 cm, jarak 120 cm, perforasi 30%/0,018 ($SC_{eff}= 0,12$))
7. **M23 A** Kaca berwarna (*tinted*) PANASAP (BNFL) 6mm

8. **M8 B** Sirip peneduh kombinasi ACP 1 meter
9. **M23 B** Kaca SUNERGY Euro Grey (SNGE) 8 #2
10. **M11 A** Kombinasi sirip peneduh horizontal ACP 1 meter + Kaca berwarna

Untuk membantu menghemat konsumsi energi penyejuk bangunan, alternatif modifikasi dengan penambahan *second skin* dan penggantian material kaca dapat dilakukan karena memiliki potensi penurunan konsumsi energi penyejuk terbesar.

Second skin dapat menjadi pembayang yang baik dan berpotensi menjadi elemen estetika baru untuk bangunan. Penggantian material kaca menjadi kaca dengan emisi rendah dapat mengurangi penetrasi panas ke dalam ruangan secara cukup signifikan tanpa mengurangi *view* dari dalam kamar. Sirip peneduh juga dapat menjadi opsi yang baik karena memberikan pembayangan tanpa mengurangi *view* dari kamar, namun tingkat penghematan akan bergantung pada keefektifan desain sirip dan pembayangan yang ditimbulkan. Harus ada pertimbangan untuk biaya, estetika dan *image* hotel, dan dampak pada struktur.

Spesifikasi modifikasi yang digunakan dalam penelitian ini masih menggunakan tipe dasar sehingga masih diperlukan eksplorasi desain maupun material yang dapat membantu menghasilkan alternatif-alternatif lain untuk hasil yang lebih optimal. Penelitian masih sangat terbuka untuk dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dan manfaat yang lebih besar.

6. DAFTAR PUSTAKA

Buku

Boswell, C. Keith. 2013. *Exterior Building Enclosures: Design Process and Composition for Innovative Facades*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Latifah, N. L. (2015). *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi (Penebar Swadaya Grup).

O.H. Koenigsberger. T.G. Ingersoll, A. Mayhew, S.V. Szokolay. *Manual of Tropical Housing and Building*, Part one: Climatic Design, Bombay, Orient Longman, 1973.

Olgyay, V. & Olgyay, A. (1957) *Solar Control and Shading Devices*. Princenton, UK : Princenton University Press.

Satwiko, P.(2009). *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: C.V. ANDI Offset.

Jurnal

Aibinu, A. A. & Jagboro, G. O. (2002). The effects of construction delays on project delivery in Nigerian construction industry. *International Journal of Project Management* 20(8): 593-599.

Doris Abigail Chi Pool (2019), A Comprehensive Evaluation of Perforated Façades for Daylighting and Solar Shading Performance: Effects of Matrix, Thickness and Separation Distance, *Journal of Daylighting* 6 97-111. <http://dx.doi.org/10.15627/jd.2019.10>

Guan, Lisa. (2011). The Influence of Glass Types on the Performance of Air-Conditioned Office Buildings in Australia. *Advanced Materials Research*. 346. 34-39. 10.4028/www.scientific.net/AMR.346.34.

Jeyasingh, Vijayalaxmi. (2010). Concept of Overall Thermal Transfer Value (OTTV) in Design of Building Envelope to Achieve Energy Efficiency. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*. 1. 10.5383/ijtee.01.02.003.

Katili, A. & Boukhanouf, R. & Wilson, Robin. (2015). *Space Cooling in Buildings in Hot and Humid Climates – a Review of the Effect of Humidity on the Applicability of Existing Cooling Techniques*. 10.13140/RG.2.1.3011.5287.

Kotaji, Shpresa (2003). *Life-cycle assessment in building and construction: a state-of-the-art report*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

Internet

*The Effort to Save Energy in Building Conditioning through
Modifying the Facade Design of Tower Hotel @HOM Semarang*

Bill Smith, HVAC Peak Load Calculation Methods – History and Comparisons. Diakses tanggal 20 Mei 2021, dari <https://www.elitesoft.com/web/newsroom/loadcalcs.html>

Kencana, B., Agustina, I., Panjaitan, R., Sulistiyanto, T. (2015, 16 Februari). *Panduan Penghematan Energi di Hotel*. Diakses tanggal 17 Maret, 2021, dari ICED (Indonesia Clean Energy Development): www.iced.or.id/wp-content

Souza, Eduardo. "Why Should Architects Understand and Care About Carbon and Life Cycle Assessment?" [*Por que nós, arquitetos, devemos entender e nos preocupar com o carbono?*] ArchDaily. Diakses 26 Juni 2021. <<https://www.archdaily.com/959800/how-embodied-carbon-and-life-cycle-analysis-can-support-decisions-in-an-architectural-project>> ISSN 0719-8884

Panduan dan Peraturan

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2001. SNI 03-6572-2001. Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 03-6389-2011. Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

Anonymus. 2019. Peraturan Wali Kota Semarang No. 24 Tentang Bangunan Gedung Hijau. Pemerintah Kota Semarang.

ASHRAE. 1992. *ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.

ASHRAE Standard 90-1975, *Energy Conservation in New Building Design*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1975.

Paduan Penggunaan Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1 Selubung Bangunan , 2012.

Paduan Penggunaan Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.2 Sistem Pengkondisian Udara & Ventilasi, 2012.

Peraturan Walikota Semarang Nomor 24 Tahun 2019 tentang Bangunan Hijau.

R. McDowall. *Fundamental of HVAC Systems*, ASHRAE, 2006.