

OPTIMALISASI KINERJA TERMAL SELUBUNG BANGUNAN UNIT HUNIAN DI RUSUNAWA CIBESUT JAKARTA TIMUR

Setya A. Widhayaka*, James E.D. Rilatupa

*)Corresponding author email: anoengw@gmail.com

Program Magister Arsitektur Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Article info

MODUL vol 2x no y, issues period 202x

Doi : 10.14710/mdl.21.1.2021.43-50

Received : 24 februari 2021

Revised : 5 mei 2021

Accepted : 25 mei 2021

Abstract

Most of the flats that have been built show the same building envelope design in various orientations, both in terms of design, opening area, and material. The level of solar radiation from each orientation of the facade is certainly different and will result in differences in the energy level of the building envelope for each orientation of the residential unit. If the apartment units are conditioned by air conditioning (AC), it will also produce different levels of energy consumption. How is the difference in thermal performance of the facade and energy consumption in each orientation direction? The purpose of this study is to identify the level of the energy difference between the residential unit building envelope in the west side and the east side of the Rusunawa Cibesut, in East Jakarta, and to find alternative efforts that can be made to produce building envelope energy levels that are relatively the same in both orientations and it's post-construction applications. This research was carried out by performing thermal calculations on building envelopes (OTTV) and computer simulations to obtain results. In the option of applying glass wool insulation and gybsum board as it protection, the average EUI can be reduced by 10.7%, and achieve a level of energy consumption that is relatively the same in both unit orientations

Keywords: *thermal performance; building envelope; flats*

Abstrak

Kebanyakan rumah susun yang sudah terbangun menunjukkan kesamaan desain selubung bangunan pada berbagai orientasi, baik dalam hal desain, luas bukaan maupun materialnya. Tingkat radiasi matahari dari masing-masing orientasi fasad tersebut tentu berbeda, dan akan berakibat pada perbedaan tingkat energi selubung bangunan masing-masing orientasi unit hunian. Jika unit-unit rumah susun tersebut dikondisikan dengan pengkondisian udara buatan (AC), tentu juga akan

menghasilkan tingkat konsumsi energi yang berbeda. Bagaimana tingkat perbedaan energi fasad unit hunian dan konsumsi energi pada masing-masing arah orientasi? Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tingkat perbedaan energi selubung bangunan unit hunian sisi barat dengan unit hunian sisi timur pada Rusunawa Cibesut Jakarta Timur, dan mendapatkan alternatif upaya yang bisa dilakukan untuk menghasilkan tingkat energi selubung bangunan yang relatif sama pada kedua orientasi serta aplikasinya pasca konstruksi. Penelitian ini dijalankan dengan melakukan perhitungan termal selubung bangunan (OTTV) dan simulasi komputer untuk mendapatkan hasil. Pada opsi penerapan insulasi glass wool dan gybsum board sebagai lapisan proteksinya, rata-rata EUI bisa turun hingga 10,7 %, dan mencapai tingkat konsumsi energi yang relatif sama pada kedua orientasi unit.

Kata kunci: *kinerja termal, selubung bangunan, rumah susun*

PENDAHULUAN

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta pada 2020-2021 menargetkan pembangunan 5.835 unit hunian rusunawa dengan jumlah tower sebanyak 31 unit (www.nusadaily.com,2020). Unit-unit hunian tersebut bertipe 36 m², dengan 2 ruang tidur. Bangunan-bangunan rusunawa tersebut direncanakan tanpa menggunakan sistem pengkondisian udara buatan (AC) pada unit-unit huniannya. Rusunawa Cipinang Besar Utara (Cibesut) Jakarta Timur, adalah salah satu yang akan dibangun pada tahun 2020-2021. Bangunannya direncanakan setinggi 16 lantai dan akan menyediakan 238 unit hunian tipe 36 m². Lokasi rumah susun ini berada di lahan eks Rumah Susun Cipinang Besar Utara (Cibesut) Jakarta Timur. Skema pembangunan dilakukan dengan metoda “*design & build*”, yang didasarkan pada desain prarencana yang sudah dibuat oleh Dinas Perumahan Pemprom DKI Jakarta.

Pada kebanyakan rusunawa maupun rusunami yang sudah terbangun, termasuk juga pada perencanaan Rusunawa Cibesut, desain sistem fasad unit hunian yang diterapkan tidak menunjukkan perbedaan desain antara fasad timur dan barat. Fasadnya menunjukkan kesamaan, baik dalam hal

desain, luas bukaan jendela maupun materialnya. Faktor radiasi matahari (*solar factor*) setiap orientasi adalah berbeda, sehingga mengakibatkan penerimaan radiasi matahari masing-masing orientasi fasad juga akan berbeda. Hal ini menimbulkan pertanyaan terkait kinerja termal masing-masing orientasi fasad tersebut, yang pada akhirnya akan berimplikasi terhadap perbedaan tingkat konsumsi energi (*energy use intensity* – EUI) orientasi unit hunian.

Arah *massa* bangunan Rusunawa Cibesut terpaksa membujur ke arah utara-selatan, sehingga unit-unit hunian menghadap ke arah timur dan barat. Upaya merubah orientasi tidak mungkin dilaksanakan, karena terkendala oleh luas lahan yang terbatas. Hal tersebut menimbulkan pertanyaan:

- Bagaimanakah tingkat perbedaan energi selubung bangunan dan konsumsi energi pada masing-masing arah orientasi?
- Apakah upaya yang bisa dilakukan, tanpa terlalu banyak merubah desain selubung bangunan, agar semua orientasi unit hunian bisa mendapatkan tingkat konsumsi energi yang relatif sama ?

Hipotesis awal pada penelitian ini adalah bahwa desain fasad unit hunian sisi barat perlu diperbaiki, agar menciptakan tingkat konsumsi energi yang relatif sama dengan unit hunian sisi timur. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi tingkat perbedaan tingkat energi selubung bangunan antara fasad hunian sisi barat dengan fasad hunian sisi timur pada Rusunawa Cibesut dan mendapatkan alternatif desain yang bisa diterapkan untuk menghasilkan tingkat konsumsi energi yang relatif sama.

KAJIAN PUSTAKA

a. Pola Konsumsi Energi Pada Rumah Tinggal.

Menurut Peraturan Menteri PU No. 05/PRT/2007, rumah susun sederhana adalah rumah tinggal yang distrukturkan secara horizontal dan vertikal, dengan tinggi 8 hingga 20 lantai, yang diperuntukkan bagi masyarakat berpenghasilan rendah hingga menengah bawah. Pada umumnya unit rumah susun sederhana dihuni oleh rumah tinggal sederhana dan keluarga baru. Sejalan dengan meningkatnya taraf hidup, sebagian besar konsumsi energi akan digunakan untuk tujuan mencapai kenyamanan dalam ruang melalui sistim tata udara, sistim penerangan tata cahaya dan alat-alat rumah tangga (Priatman, 2004). Survei Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada tahun 2017, menunjukkan konsumsi energi terbanyak pada rumah tinggal adalah pada aspek tata udara (sistem penghawaan & pendinginan), yaitu sebesar 20-32 % dari total konsumsi. Sedangkan menurut Prianto, E (2007) pola konsumsi energi pada rumah tangga secara umum digunakan untuk tata udara (AC) sebesar 38–40%, penerangan sebesar 5–10%, dan perlengkapan rumah tangga lainnya sebesar 1–9%.

Beban pada aspek tata udara di dalam bangunan tersebut di atas, dapat dikategorikan menjadi beban eksternal dari luar bangunan (melalui dinding, jendela, dll.) dan beban internal (melalui penerangan, peralatan, orang, dll). Bukaan kaca yang luas pada selubung suatu bangunan, akan mengakibatkan perolehan panas yang menjadi beban terbesar untuk pendinginan. Pada umumnya bukaan dan dinding bangunan tipikal di Jakarta akan menyumbang panas sekitar 63% dari total panas bangunan, dan sekitar 37% berasal dari panas internal bangunan seperti peralatan elektronik dan penerangan (IFC Guide Vol.1-Energi Selubung Bangunan, 2015). Tingginya beban pendinginan akibat panas eksternal pada selubung bangunan tersebut menunjukkan peluang penghematan energi yang cukup besar, sehingga selubung bangunan perlu dirancang secara tepat dan seksama untuk mengurangi beban pendinginan udara.

b. Energi Selubung Bangunan

Selubung bangunan terdiri dari bagian transparan (jendela/fenestrasi terbuka dan kaca) dan komponen tidak transparan (dinding). Selubung bangunan memiliki pengaruh besar terhadap konsumsi energi yang akan terjadi pada bangunan, terutama dalam hal pendinginan dan pencahayaan ruang. Pada bangunan tinggi seperti rumah susun, luas kulit atau selubung bangunan jauh lebih besar dibandingkan luas atap, sehingga perlu diperhatikan di dalam perancangannya, agar mampu mengurangi masuknya panas secara berlebihan ke dalam bangunan.

Cara optimalisasi yang umum dilakukan adalah merancang desain komponen tembus cahaya sebaik mungkin, sehingga konsumsi energi akibat radiasi matahari dapat dikurangi dengan tetap mempertahankan tingkat pencahayaan alami. Terlepas dari jenis bangunannya, sebagian besar energi pada bangunan di Indonesia digunakan oleh sistem pengkondisian udara (HVAC). Konsumsi energi oleh HVAC berkisar antara 47% - 65% dari total energi bangunan, sehingga penghematan energi pada aspek ini melalui desain pasif akan ber potensi mengurangi secara signifikan konsumsi energi total (IFC Guide Vol 2-Sistem Pengkondisian Udara dan Ventilasi, 2015).

Tabel 1. Potensi Penghematan Energi Pada Selubung Bangunan.

STRATEGI DESAIN PASIF	Kantor	Retail	Hotel	Rumah Sakit	Apartemen	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%
Sistem Penerangan terkait Cahaya Alami	4.9%	NA	NA	NA	NA	3.5%
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 : IFC Guide Vol 1, 2015.

Seperti terlihat pada Tabel No.1, strategi kombinasi desain pasif (pemanfaatan peneduh eksternal, pengurangan luas jendela, penggantian jenis kaca, optimalisasi reflektifitas dinding dan aplikasi insulasi) pada selubung bangunan rumah susun (apartemen) bisa menghasilkan sekitar 19,6% penghematan energi selubung bangunan.

Pergub DKI Jakarta Nomor 38 tentang Bangunan Hijau, telah menetapkan kriteria jumlah kalor yang diterima selubung bangunan (*Overall Thermal Transfer Value-OTTV*) untuk mengukur kinerja selubung bangunan. Metoda perhitungan OTTV ini tidak memperhitungkan faktor-faktor komponen peneduh internal (gorden dan tirai interior), pantulan atau bayangan dari bangunan di sekitar, dan perolehan panas dari atap. Perolehan panas dari atap dihitung terpisah melalui perhitungan RTTV (*Roof Thermal Transfer Value*) dan tidak disyaratkan oleh peraturan ini. Nilai OTTV seluruh bangunan disyaratkan di bawah 35 Watt/m² oleh SNI 6389:2011

Prinsip utama desain selubung bangunan yang harus diperhatikan di dalam perancangan, adalah perpindahan panas melalui selubung bangunan yang dapat dioptimalkan melalui:

- Desain bentuk massa dan arah bukaan yang tepat pada selubung bangunan. Di Indonesia dan Jakarta pada khususnya, bentuk massa yang baik adalah pipih memanjang ke arah timur barat, sehingga bidang terluas sebagai lokasi bukaan (fenestrasi) mengarah ke utara dan selatan.
- Pemilihan material atap dan dinding yang memiliki nilai reflektifitas, emisivitas dan insulasi yang lebih tinggi.
- Meminimalkan transmisi panas lewat bukaan (fenestrasi) dengan mengurangi luasnya, menerapkan peneduh eksternal yang tepat, dan menerapkan jenis kaca dengan nilai SHGC (*Solar Heat gain Coefficient*) dan SC (*Shading Coefficient*) yang rendah.
- Penerapan sistem insulasi pada dinding, sehingga bisa mengurangi transmisi panas melalui dinding.
- Pengendalian sistem sekat dan bukaan pintu jendela, sehingga mengurangi infiltrasi dan eksfiltrasi udara.

Kategori perpindahan panas pada kulit bangunan bisa dibedakan menjadi radiasi, konduksi, dan konveksi. Untuk daerah Jakarta, radiasi langsung melalui jendela adalah yang paling besar pengaruhnya. Perpindahan panas melalui jendela sekitar 40-130 kali lebih tinggi daripada perpindahan panas melalui dinding (Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta – Dinas Penataan Kota DKI Jakarta).

1). Bentuk dan Orientasi Bangunan

Besarnya radiasi sinar matahari (*solar factor*) pada selubung bangunan bervariasi untuk setiap orientasi, akibat pergerakan matahari yang selalu

berubah sepanjang tahun (Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta – Dinas Penataan Kota DKI Jakarta).

2). Luas Jendela

Luas bukaan jendela (fenestrasi) sangat berpengaruh pada perolehan panas yang akan masuk ke dalam bangunan. Jendela kaca akan memasukkan jumlah panas yang lebih besar dibandingkan dinding tidak transparan. Oleh sebab itu, semakin besar rasio luas jendela terhadap dinding, akan semakin besar beban pendinginan bangunan.

3). Material Kaca

Karakteristik termal material kaca berbeda-beda, ditentukan oleh sifat transmisi radiasi matahari (*solar transmittance*), penyerapan radiasi matahari (*solar absorptance*), nilai pantulan radiasi (*solar reflectance*) dan transmisi cahaya (*visible transmittance*).

Nilai transmisi termal material kaca diukur dari :

- Nilai-U untuk konduksi, dan
- Koefisien Perolehan Panas Matahari (*Solar Heat Gain Coefficient - SHGC*) dan Koefisien Peneduh (*Shading Coefficient - SC*) untuk radiasi.

4). Peneduh Eksternal

Peneduh eksternal sangat penting dalam menekan perolehan panas. Perancangan sistem bukaan harus dilakukan secara komprehensif untuk mendapatkan nilai yang optimal, baik dari segi fungsi maupun estetika.

5). Peneduh Internal

Penerapan peneduh internal (seperti gorden dan tirai) bisa mencegah terjadinya radiasi matahari, agar tidak langsung mengenai penghuni dan interior di dalam ruang, tidak efektif mengurangi beban pendinginan bangunan, karena panas matahari sudah terlanjur memasuki bangunan.

6). Dinding

Komponen dinding bangunan yang terdiri atas beberapa lapisan dan ketebalan memiliki sifat termal masing-masing. Jumlah nilai konduksi (k) dan nilai resistansi (r) akan menentukan sifat termal total dari dinding tersebut, dan direpresentasikan dengan Nilai-U. Semakin rendah Nilai-U, berarti semakin rendah transfer termal yang dimiliki, dan semakin baik untuk mengurangi perolehan panas bangunan.

7). Atap

Bahan dengan reflektifitas dan emisivitas tinggi bisa meminimalkan pengaruh panas melalui atap. Penambahan lapisan insulasi dapat mengurangi beban pendinginan secara signifikan dari komponen atap. Pada bangunan tinggi, rasio luas atap relatif kecil, sehingga dihitung tersendiri melalui perhitungan RTTV.

8). Infiltrasi

Infiltrasi udara luar ke dalam bangunan dapat berakibat pada meningkatnya konsumsi energi

beban pendinginan pada bangunan, karena udara yang masuk harus didinginkan.

c. Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung

Konservasi energi pada selubung bangunan, diatur dengan SNI 6389:2011. Selubung bangunan atau fasad sangat berkaitan dengan energi pengkondisian udara, yang proporsinya terhadap konsumsi energi suatu bangunan, sangat signifikan. Perhitungan OTTV menggunakan formula pada rumus 1 untuk perhitungan OTTV SNI 03-6389-2011 sebagai berikut:

rumus 1. Rumus perhitungan OTTV

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

Dengan :

- $OTTV$ = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m^2)
- α = absorbtansi radiasi matahari.
- U_w = transmitans termal dinding tidak tembus cahaya ($W/m^2.K$);
- WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan;
- TD_{EK} = beda temperatur ekuivalen (K);
- SF = faktor radiasi matahari (W/m^2)
- SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi;
- U_f = transmitans termal fenestrasi ($W/m^2.K$);
- ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam.

d. Simulasi Desain Dengan Autodesk Revit-Insight 360

Pada penelitian ini, BIM akan digunakan untuk memperkirakan tingkat konsumsi energi (*energy use intensity* – *EUI*) yang terjadi pada obyek penelitian. Prediksi kinerja suatu desain dengan menggunakan simulasi dan modeling berbasis penelitian dan komputer bisa menjadi elemen penting untuk mendapatkan performa bangunan yang tinggi (Aksamija, 2013). Analisis awal yang terintegrasi ini membantu membuat keputusan yang lebih tepat pada fase konseptual desain. Keuntungan tambahan adalah bahwa model dapat digunakan untuk membentuk dasar dari model tahap selanjutnya seiring dengan perkembangan desain (Abdullah, et al. 2014). Berbagai masalah yang rumit dan kompleks dapat disimulasikan dan diteliti, sehingga performa setiap opsi bisa diukur dan dievaluasi (Bahar, et al, 2013).

BIM merupakan suatu pendekatan desain dengan menggunakan *intelligent-model 3D computer* untuk membuat, memodifikasi, membagi dan mengkoordinasikan informasi selama proses desain. Informasi ini mencakup geometri bangunan (bentuk,

layout), properti fisik dari material (lapisan dinding, *thermal properties*, *visual properties*), jenis dan fungsi ruang dari ruang/bangunan tersebut. Unsur lain yang menjadi bagian dari model adalah informasi terkait lokasi dan cuaca, yang di dalamnya juga terdapat informasi dan karakteristik lingkungan seperti temperatur, lintasan pergerakan matahari dan pola angin (Gegana, 2012). Autodesk Revit yang disinergikan dengan Insight360 bisa digunakan untuk menganalisa performa suatu rancangan desain.

Insight 360 mengintegrasikan beberapa aplikasi menjadi satu, termasuk pemodelan energi, analisis beban pemanasan dan pendinginan, analisis pencahayaan dan matahari, dan layanan *cloud* EnergyPlus sebagai mesin utama perangkat lunak ini, untuk menghasilkan alur kerja yang lebih mudah dan analisis yang lebih holistik dari studi kinerja bangunan (Dinesh, 2020). Dalam simulasi, model analitik BIM yang dibuat di Autodesk Revit 2020 akan diekspor ke Insight 360 yang akan melakukan analisis secara *online* berbasis *cloud*. Insight 360 memberikan studi komparatif tentang dampak perubahan berbagai parameter desain dan pengaruhnya terhadap intensitas konsumsi energi (*EUI*) tahunan dalam $kWh/m^2/tahun$. Insight 360 menyoroti semua komponen dan elemen analitik yang digunakan untuk analisis dan berbagai macam data komparatif yang membantu dalam melakukan analisis menyeluruh. Perangkat lunak ini menghasilkan patokan perbandingan yang menampilkan perkiraan nilai intensitas penggunaan energi yang dapat dimiliki bangunan yang bergantung pada perubahan berbagai elemen analitisnya, antara lain orientasi, rasio jendela terhadap dinding, konstruksi dinding, jenis kaca, dll.

Alur analisis performa selubung bangunan dengan Autodesk Revit dan Insight 360 akan dilakukan sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Alur Simulasi Komputer

- Dimulai dengan mengidentifikasi tujuan dilakukannya simulasi.
- Model yang sudah dibuat di Autodesk Revit, lengkap dengan penyematan *material property* pada setiap material yang digunakan, selanjutnya dianalisis dengan Insight360 secara *online* di *server* Autodesk.
- Data iklim, menggunakan data di *server* Autodesk, yang diambil dari stasiun cuaca terdekat dengan obyek penelitian. Stasiun cuaca terdekat dalam penelitian ini adalah Stasiun Cuaca milik Bandara Internasional Soekarno Hatta Cengkareng Tangerang.

- Pemilihan berbagai alternatif desain dilakukan secara *online* di Insight360, hingga didapatkan tingkat konsumsi energi (*Energy Use Intensity – EUI*) yang diinginkan.

Simulasi dengan komputer ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan perbandingan tingkat konsumsi energi antara desain awal dan desain setelah diterapkannya berbagai opsi perbaikan.

METODA

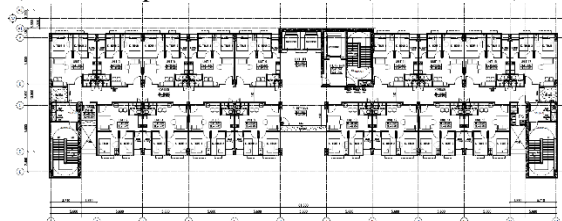
a. Obyek dan Lokasi

Obyek Penelitian adalah Rusunawa Cipinang Besar Utara (Rusunawa Cibesut) yang terletak di Jalan Cipinang Pulo, Kelurahan Cipinang Besar Utara, Kecamatan Jatinegara, Jakarta Timur. Rusunawa ini adalah salah satu dari beberapa rusunawa yang akan dibangun pada 2021 oleh Pemprov DKI Jakarta. Data yang diperlukan meliputi lokasi bangunan, orientasi bangunan, denah-denah dan tampak bangunan, detail desain fasad, jenis material konstruksi dan hasil perhitungan OTTV awal (gambar 1-5, table 2-5).



Gambar 2. Obyek Penelitian, Lokasi dan Orientasinya. Sumber: PT.Patroon Ars - Wika Gedung.

1). Denah Tipikal Lantai Hunian (Lantai 3 – 16)

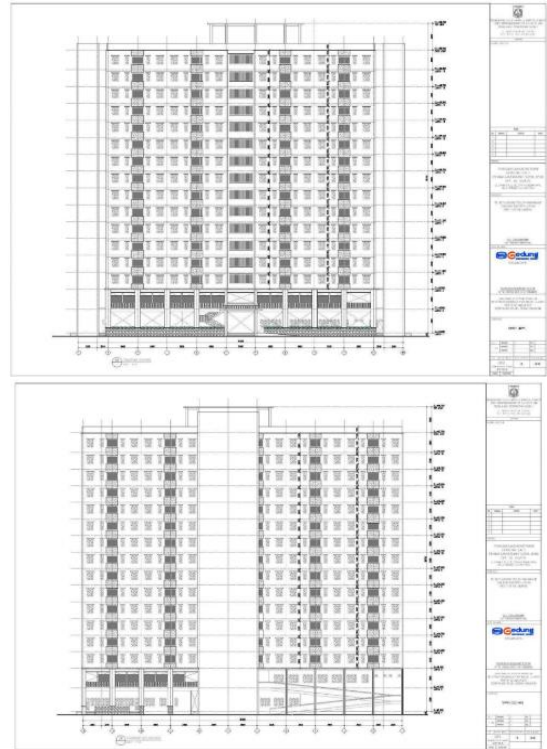


Gambar 3. Denah Lantai Tipikal Hunian. Sumber: PT Patroon Ars-Wika Gedung

Jumlah lantai bangunan adalah 16 lantai. Lantai 1 dialokasikan sebagai lantai publik yang menyediakan ruang terbuka, unit hunian untuk penyandang disabilitas, fasilitas sosial dan fasilitas umum, dan utilitas. Lantai 2 dilokasikan untuk fasilitas ekonomi, berupa kios-kios *retail*. Sedangkan lantai 3 – 16

dialokasikan sebagai lantai hunian dengan tipe unit 2 kamar tidur.

2). Tampak Bangunan



Gambar 4. Tampak Sisi Timur dan Barat. Sumber: PT Patroon Ars-Wika Gedung

3). Detail Unit Hunian dan Material Konstruksi



Gambar No.5. Detail Unit Hunian. Sumber: PT. Patroon Ars-Wika Gedung

Tabel 2. Data Material Unit Hunian

No.	Komponen	Material		
		Struktur (Sub)	Ukuran	Finishing
1	Dinding Exterior	Panel Beton (Precast)	Tebal = 10 cm (147.73 kg/m ²)	AEP (Warna Krem)
2	Dinding Interior	Bata Ringan (AAC)	60x20 Cm (53 Kg/m ²)	AEP (Warna Putih)
3	Langit-langit	Beton Expose (CIS)	12 cm (2400kg/M3)	AEP (Warna Putih)
4	Lantai	Beton (CIS)	12 cm (2400kg/M3)	Ubin Keramik Putih
5	Jendela	Aluminium Extrusion + Kaca	Kaca Bering 6 mm	Anodized (Almn)

Material yang digunakan pada Rusunawa Cibesut ini, adalah material yang umum digunakan pada bangunan-bangunan rumah susun yang

dibangun di Jakarta, bisa dilihat pada Tabel No.2 dan No.3.

Tabel 3. Karakteristik Energi Material

Komponen	Material	Karakteristik Energi	Sumber
Dinding Exterior	Panel Beton 2400 kg/m3	$k = 1,448 \text{ W/m.K}$, $R = 0.069$	SNI 6389:2011
Warna Dinding	Light Cream	$\alpha = 0.58$	
WWR	-	13%	Analisis
Transmitans Termal			
- Kaca	Indoflot Clear FL 6 mm	$SC=0.95$, $U \text{ Value}=5,7$	Asahimas Glass
- Film Udara Luar	Udara	$R = 0.044$	
- Film Udara Dalam	Udara	$R = 0.120$	
- Rongga Udara 10 mm	Udara	$R = 0.160$	SNI 6389:2011
- Insulasi	Glasswool 16kg/m3, 25 mm	$R = 0.571$	
- Pelindung Insulasi	Gypsum Board 9 mm	$R = 0.529$	

4). Hasil Perhitungan OTTV Desain Awal

Dari Tabel No.3 - Hasil Perhitungan OTTV Desain Awal terlihat bahwa termal yang diterima fasad unit hunian sisi barat jauh lebih tinggi dibandingkan termal yang diterima fasad unit sisi timur. Tingkat perbedaan nilai OTTV inilah yang akan dicoba untuk dipecahkan, agar unit sisi barat mendapatkan intensitas energi selubung bangunan yang relatif sama dengan unit sisi timur.

Tabel 4. Perhitungan OTTV Desain Awal.

PERHITUNGAN OTTV SELUBUNG BANGUNAN							
PERSYARATAN							
Nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV) untuk bangunan tidak boleh melebihi 45 Watts/m ²							
No	Side	Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total	Total Area Fasad	OTTV
		Watt	Watt	Watt	Watt	m ²	Watt/m ²
		A	B	C	D = A + B + C	E	D / E
1	UTARA	-	-	-	-	-	-
2	TIMUR LAUT	5,985.61	-	-	5,985.61	292.54	20.48
3	TIMUR	39,372.16	-	-	39,372.16	1,968.58	19.99
4	TENGGARA	39,372.16	10,393.60	30,914.82	80,680.58	2,153.98	37.56
5	SELATAN	-	-	-	-	-	-
6	BARAT DAYA	5,985.61	-	-	5,985.61	292.54	20.48
7	BARAT	-	-	-	-	-	-
8	BARAT LAUT	33,864.74	10,393.60	67,393.05	111,651.39	1,943.42	57.45
		85,208.12	20,787.20	98,307.87	204,303.19	4,682.50	43.63
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL

Sumber: PT Patroon Ars-Wika Gedung

b. Kriteria Perbaikan Desain

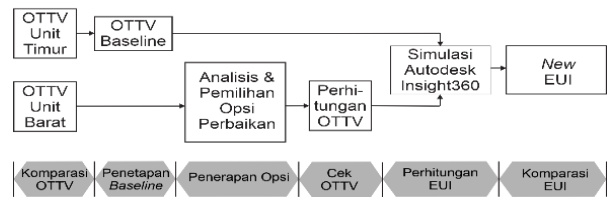
Sesuai sifat proyek ini, yaitu rancang bangun (*design & build*), pelaksanaan Pengembangan Desain dilakukan mengacu pada Prarencana yang sudah ada, kriteria desain yang perlu diperhatikan adalah:

- Harus tetap mempertimbangkan kesatuan ekspresi dan estetika bangunan, tidak diperkenankan merubah tampilan luar bangunan.
- Harus mengutamakan segi keamanan dan keandalan konstruksi bangunan.
- Perubahan desain diarahkan pada desain yang bisa diaplikasikan secara praktis dan bisa dilaksanakan setelah bangunan terbangun.

c. Metoda Analisis

Sesuai kajian pustaka, dilakukan tahapan analisis sebagai gambar 6 berikut:

- Dilakukan komparasi hasil perhitungan OTTV Unit Hunian Barat dan Unit Hunian Timur.
- OTTV yang lebih rendah, selanjutnya ditetapkan menjadi *baseline* yang harus dicapai oleh upaya perbaikan.



Gambar 6. Metoda Analisis.

- Dilakukan analisis dan penerapan opsi-opsi perbaikan desain, sesuai Kriteria Desain yang sudah ditentukan terhadap unit hunian yang memiliki OTTV lebih tinggi.
- Perhitungan OTTV ke-2 dilakukan terhadap unit hunian yang sudah mendapatkan penerapan opsi perbaikan desain. Hasil perhitungan OTTV ke-2 pada Unit Sisi Barat, diharapkan lebih kecil atau sama dengan OTTV awal Unit Sisi Timur.
Jika hasil perhitungan OTTV ke-2 dari Unit Sisi Barat lebih besar, maka harus dilakukan perbaikan atau penerapan opsi lain.
- Selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan Autodesk Revit dan Autodesk Insight360 terhadap hasil penerapan opsi perbaikan desain untuk mengetahui tingkat pengaruh penerapan opsi perbaikan terhadap konsumsi energi (*Energy Use Intensity - EUI*) unit hunian.
- Tingkat konsumsi energi yang baru (*New EUI*), diperbandingkan terhadap tingkat konsumsi energi (EUI) unit yang menjadi *baseline*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Perbaikan Desain Selubung Bangunan Dari Aspek OTTV

Dari hasil perhitungan OTTV terhadap Unit Hunian Timur dan Barat, pada obyek studi Rusunawa Cibesut ini, diperoleh data OTTV pada desain awal adalah bahwa OTTV fasad hunian sisi barat 31,56% lebih tinggi dibanding OTTV fasad sisi timur.

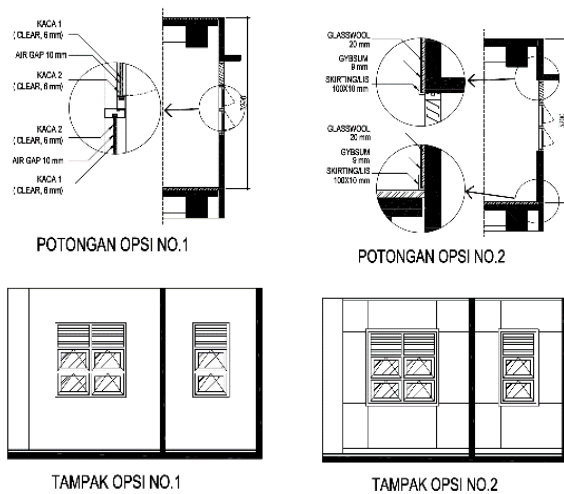
Tabel 5. Hasil Perhitungan OTTV Fasad Unit Hunian Timur dan Barat

No	ORIENTASI UNIT	Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total	Total Area Fasad	OTTV	%
		Watt	Watt	Watt	Watt	m ²	Watt/m ²	
		A	B	C	D = A+B+C	E	D / E	F
1	TIMUR	437.33	173.04	224.10	834.48	20.22	41.26	100.00%
2	BARAT	437.33	173.04	487.48	1,097.85	20.22	54.28	131.56%

1). Upaya Perbaikan Selubung Bangunan

Dengan mempertimbangkan kriteria yang ditentukan, beberapa upaya perbaikan yang dinilai bisa dilakukan (arif kamal,2012) adalah:

- a. Menurunkan nilai transmitansi termal fenestrasi, melalui aplikasi kaca jenis lain.
 - b. Menambahkan insulasi di dinding.
 - c. Menurunkan transmitansi dinding dan nilai WWR. Akan tetapi opsi ini dianggap kurang tepat untuk dilakukan, karena akan merubah penampilan gedung secara keseluruhan dan menurunkan intensitas pencahayaan alami, sehingga tidak sesuai dengan kriteria desain yang telah ditetapkan.
- 2). Hasil Penerapan Upaya Perbaikan Desain
- Hasil penerapan opsi upaya perbaikan adalah sebagai gambar 7 berikut:
- a. Pemanfaatan *clear double glazing* dengan kaca 6 mm dan rongga udara 10mm (Opsi No.1), menghasilkan penurunan OTTV sebesar 4,22 W/m² (7,77 %).
 - b. Pemanfaatan insulasi *glass wool* setebal 2 cm (*density 16 kg/m³*) yang dilapis dengan lembaran *gybsum board* 9 mm di bagian dalam dinding (Opsi No.2), menghasilkan penurunan OTTV sebesar 17,84 W/m² (32,86 %).
 - c. Jika kedua opsi di atas dilakukan bersama, akan didapatkan akumulasi sebesar 22,06 w/m², sehingga OTTV dinding unit hunian sisi barat menjadi 32,22 W/m² (turun 40,6 %).



Gambar 7. Penerapan Opsi No.1 dan No.2.

Perbedaan antara kedua opsi adalah bahwa:

- a). Opsi No.1, penerapan *double glazing*, harus dilakukan dengan sangat hati-hati dan dilaksanakan oleh professional, karena memerlukan tingkat akurasi dan teknologi yang tinggi.
- b). Opsi No.2, pemanfaatan *insulasi glass wool* dan *gybsum board* bisa dilaksanakan pasca konstruksi dan memungkinkan dilakukan oleh penghuni sendiri.

b. Simulasi Komputer Terkait Energi Setelah Perbaikan Desain.

Simulasi dengan bantuan Autodesk Insight360 dilakukan untuk mendapatkan perkiraan intensitas penggunaan energi (*Energy Use Intensity-EUI*) yang diharapkan mengalami perbaikan setelah dilakukan penerapan opsi No. 1 (opsi pemanfaatan *double glazing*) maupun opsi No. 2 (opsi pemanfaatan *glass wool* pada dinding interior). Simulasi tersebut dilakukan secara online di server Autodesk, dan menggunakan data iklim dan temperatur lingkungan dari stasiun meteorologi terdekat, dalam hal ini adalah Stasiun Cuaca Bandara Internasional Sukarno Hatta, yang sudah tersimpan di dalam sistem *data server* milik Autodesk Insight360.

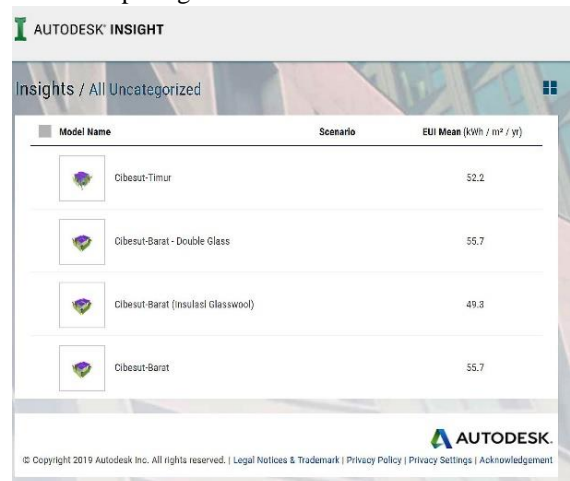
Data temperatur lingkungan tersebut, bisa dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Data Temperatur Lingkungan dari Stasiun Cuaca Bandara Soetta, Cengkareng.

Cooling Design Temperatures												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Dry Bulb	32 °C	31 °C	33 °C	33 °C	33 °C	32 °C	32 °C	32 °C	33 °C	33 °C	33 °C	33 °C
Wet Bulb	27 °C	27 °C	27 °C	28 °C	28 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C
Mean Daily Range	6 °C	6 °C	7 °C	8 °C	8 °C	8 °C	8 °C	9 °C	9 °C	8 °C	8 °C	7 °C

Sumber: Autodesk Revit 2020 – Insight360.

Dari simulasi yang dilakukan, didapatkan hasil seperti gambar 8 berikut:



Gambar 8. Hasil Simulasi Terhadap Unit-unit Hunian. Sumber:Autodesk Insight360, 2020.

- a). EUI rata-rata Unit Hunian Sisi Timur adalah sebesar 52,2 kWh/m²/tahun.
- b). EUI rata-rata Unit Hunian Sisi Barat (Desain Awal) adalah sebesar 55,7 kWh/m²/tahun, atau sebesar 6,7 % lebih tinggi dibandingkan EUI rata-rata Unit Hunian Sisi Timur.
- c). Pada penerapan opsi No 1 (metoda aplikasi *double glazing*), terhadap obyek hunian sisi barat, EUI rata-rata tetap pada tingkat 55,7

kWh/m²/tahun atau masih tetap berada di atas EUI unit sisi timur.

- d). Pada penerapan opsi No 2 (metoda insulasi *glass wool* dan *gybsum board*), terhadap obyek hunian sisi barat, rata-rata EUI bisa turun hingga 49,3 kWh/m²/tahun, atau sebesar 10,7 %, dan sudah berada di bawah EUI unit sisi timur.

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Akibat *solar factor* yang berbeda, tingkat energi selubung bangunan (fasad) antara unit hunian sisi timur dan unit hunian sisi barat adalah berbeda. Pada obyek Rusunawa Cibesut, nilai OTTV awal fasad hunian sisi barat adalah 31,56% lebih tinggi dibanding OTTV fasad sisi timur. Hal ini akan mengakibatkan tingkat konsumsi energi unit sisi barat lebih tinggi dibandingkan unit sisi timur.
2. Dengan pertimbangan estetika untuk tidak merubah tampilan bangunan dan ruang, dan kriteria agar bisa dilaksanakan pasca konstruksi, maka upaya yang bisa dilakukan untuk menekan tingkat energi fasad sisi barat adalah dengan mengaplikasikan jenis kaca dengan SC lebih baik, dan mengoptimalkan nilai konduksi (k) dan nilai resistansi (r) elemen dinding.
3. Perhitungan OTTV dan simulasi dengan Autodesk Insight360 menunjukkan, bahwa penerapan sistem insulasi *glass wool 25mm+gybsum board 9mm* pada penelitian ini, bisa meningkatkan kinerja termal selubung bangunan unit sisi barat, yang ditunjukkan dengan penurunan OTTV sebesar 32,86 %, dan intensitas konsumsi energi hingga 10,7 % dari desain awal, sehingga EUI barat berada pada 94.4% di bawah EUI unit sisi timur.

c. Saran

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut, untuk mendapatkan alternatif sistem insulasi yang lebih mudah diaplikasikan pasca konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Abul et al. (2014) *Whole Building Energy Analysis: A Comparative Study of Different Simulation Tools and Applications in Architectural Design*.
- Aksamija, Ajla. (2013) *Building Simulations and High Performance Buildings Research: (Use of Building Information Modelling(BIM) for Integrated Design And Analysis)*.
<http://www.amfg.co.id>. 2021. *Architectural Glass*.

- Arif Kamal, M. (2012) *An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings: Design Concepts and Architectural Interventions*.
- Bahar, Y.N, et al. (2013) *A Thermal Simulation Tool for Building and its Interoperability Through Building Information Modelling (BIM) Platform*
- Dinas Penataan Kota DKI Jakarta. (2015). Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta.
- Dinesh, Bhavana, (2020) *BIM Based Energy Use Predictions and Saving Potensial For A Residential Building*.
- Gegana, Greg. (2012). *Autodesk Revit-Building Analysis*.
<https://greenbuilding.jakarta.go.id/>.(2020). Kalkulator OTTV.
- IFC Guide Vol 1.(2015). Energi Selubung Bangunan. IFC Guide Vol.2. (2015). Sistem Pengkondisian Udara dan Ventilasi.
- Peraturan Menteri PU No. 05/PRT/2007.(2007). Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi
- Peraturan Menteri PUPR RI No. 02/PRT/M/2015. (2015). Bangunan Gedung Hijau.
- Prianto, E. (2007) *Rumah Tropis Hemat Energi Bentuk Kepedulian Global Warming*.
- Priatman, Jimmy (2002) *Energy-Efficient Architecture Paradigma Dan Manifestasi Arsitektur Hijau. Dimensi, Journal of Architecture and Built Environment*.
- Priatman, Jimmy (2004) *Energy Concious Design Konsepsi dan Strategi Perancangan Bangunan Di Indonesia*.
- SNI 6389:2011. (2011). Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung.