



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH MATERIAL DINDING TERHADAP NILAI OTTV PADA
BERBAGAI ORIENTASI BANGUNAN**

Studi Kasus: Rumah Sederhana Tipe 36

TESIS

YURIO PROVANDI SHOLICHIN

0906495463

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH MATERIAL DINDING TERHADAP NILAI OTTV PADA
BERBAGAI ORIENTASI BANGUNAN**

Studi Kasus: Rumah Sederhana Tipe 36

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Arsitektur

YURIO PROVANDI SHOLICHIN
0906495463

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR
PROGRAM MAGISTER TEKNOLOGI BANGUNAN
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Yurio Provandi Sholichin

NPM : 0906495463

Tanda tangan : 

Tanggal : 19 Januari 2012

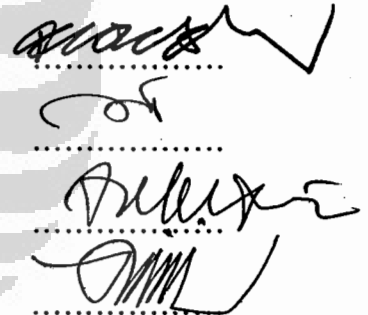
HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Yurio Provandi Sholichin
NPM : 0906495463
Program Studi : Magister Arsitektur
Judul Tesis : Pengaruh Material Dinding Terhadap Nilai OTTV
Pada Berbagai Orientasi Bangunan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Arsitektur pada Program Studi Magister Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Emirhadi Suganda, MSc.
Pembimbing 2 : Ir. Siti Handjarinto, MSc.
Penguji 1 : Ir. Sukisno, M.Si.
Penguji 2 : Ir. A.Sadili Somaatmadja, M.Si.



.....
.....
.....
.....

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 19 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Arsitektur bidang kekhususan Teknologi Bangunan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Emirhadi Suganda, MSc, selaku dosen pembimbing pertama yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penulisan tesis ini;
2. Ir. Siti Handjarinto, Msc, selaku dosen pembimbing kedua yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penulisan tesis ini;
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan material, moral dan spiritual; dan
4. Teman-teman yang telah banyak membantu memberi saran dan masukan dalam penulisan tesis ini hingga selesai.

Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaannya. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yurio Provandi Sholichin

NPM : 0906495463

Program Studi : Magister Arsitektur

Departemen : Arsitektur

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tesis

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaruh Material Dinding Terhadap Nilai OTTV Pada Berbagai Orientasi Bangunan

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemegang Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 19 Januari 2012

Yang menyatakan



(Yurio Provandi Sholichin)

ABSTRAK

Nama : Yurio Provandi Sholichin
Program Studi : Magister Arsitektur
Judul : Pengaruh Material Dinding Terhadap Nilai OTTV Pada Berbagai Orientasi Bangunan

Salah satu usaha untuk mengurangi konsumsi energi adalah melalui penggunaan material dinding yang mampu mengurangi transmitansi termal dari luar ke dalam bangunan. Dalam SNI 03-6389-2000 dijelaskan bahwa Overall Thermal Transfer Value (OTTV) bertujuan untuk mengidentifikasi dan mencari peluang penghematan energi dari selubung bangunan. Dalam hal ini ditentukan nilainya tidak boleh melebihi 45 W/m^2 . Penelitian ini mengambil sampel bangunan sederhana tipe 36 yang dianggap mampu mewakili kebutuhan masyarakat menengah kebawah.

Metode penelitian yang digunakan adalah testing out dengan pendekatan kuantitatif. Dalam riset ini banyak melibatkan perhitungan kinerja dinding terhadap nilai OTTV. Software OTTV v2.01 digunakan untuk memudahkan penghitungan. Rumah sederhana yang diteliti disimulasikan dengan menggunakan material yang berbeda, yaitu batu bata merah, batako dan beton ringan aerasi. Variabel lain yang turut mempengaruhi adalah peneduh dan nilai absorbtansi radiasi matahari bahan. Hasil perhitungan OTTV menunjukkan bahwa material dinding yang paling memenuhi kriteria konservasi energi adalah beton ringan aerasi dan yang paling boros energi adalah bata merah.

Kata kunci: *OTTV*, material dinding, konservasi energi

ABSTRACT

Name : Yurio Provandi Sholichin
Study Program : Master of Architecture
Title : The Influence of Wall Materials Towards OTTV Value at Different Building Orientation

One attempt to reduce energy consumption is by using wall material that able to reduce thermal transmittance from outside into the building. SNI 03-6389-2000 stated that Overall Thermal Transfer Value (OTTV) aims to identify and seek for opportunity to conserve energy by means of building skin. In this case the value should not exceed 45 W/m^2 . This research takes sample of type 36 simple house which is believed to represent medium to low income people's needs.

The research method used here is testing out with quantitative approach. In this research a lot of calculations of wall's performance involved towards OTTV value. OTTV v2.01 software used to aide the calculations. The investigated simple house is simulated with different materials, which is red brick, hollow concrete block and autoclaved aerated concrete. Other variables affecting are shade and material's absorbance value. The OTTV calculations result suggests that building material that fulfills energy conservation criteria is autoclaved aerated concrete and red brick being the most consumptive material.

Keywords: OTTV, wall materials, energy conservation

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Pertanyaan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.6 Asumsi yang digunakan	5
1.7 Metode Penelitian.....	6
1.8 Urutan Penulisan	7
1.9 Diagram Alur Pikir Penelitian.....	8
BAB II KAJIAN TEORI	9
2.1 Iklim	9
2.1.1 Iklim tropis	9
2.1.2 Iklim khatulistiwa hangat lembab	10
2.1.3 Iklim kepulauan hangat lembab	11
2.1.4 Iklim gurun panas kering atau semi-gurun.....	11
2.1.5 Iklim gurun maritim panas kering.....	12
2.1.6 Iklim komposit atau monsun.....	12
2.1.7 Iklim dataran tinggi tropis.....	13
2.2 Kenyamanan Termal	14
2.3 Rumah	15
2.3.1 Tipologi rumah.....	16
2.3.2 Bahan bangunan rumah.....	18
2.3.3 Atap.....	25
2.4 OTTV	26
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Kerangka Penelitian	31

3.2	Metode dan pelaksanaan penelitian	31
3.3	Instrumen penelitian.....	32
3.4	Model rumah	33
3.4.1	Model Rumah 1 dengan atap pelana dan cat dinding warna abu-abu	34
3.4.2	Model Rumah 2 dengan atap pelana dan cat dinding warna putih.....	35
3.4.3	Model Rumah 3 dengan atap puncak dan cat dinding warna abu-abu	35
3.4.4	Model Rumah 4 dengan atap puncak dan cat dinding warna putih.....	36
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1	Penentuan nilai variabel dalam OTTV.....	37
4.1.1	Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan bangunan.....	37
4.1.2	Nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya	38
4.1.3	Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan	39
4.1.4	Beda temperatur ekuivalen.....	39
4.1.5	Koefisien peneduh sistem fenestrasi	40
4.1.6	Faktor radiasi matahari.....	40
4.1.7	Nilai transmitansi termal sistem fenestrasi	40
4.1.8	Luas dinding yang dihitung.....	40
4.2	Perhitungan OTTV	40
4.2.1	Perhitungan OTTV unit rumah tunggal dinding batako dengan lapisan plester	40
4.2.2	Perhitungan OTTV unit rumah tunggal dinding bata dengan lapisan plester	48
4.2.3	Perhitungan OTTV unit rumah tunggal dinding beton ringan aerasi dengan lapisan plester.....	55
4.3	Evaluasi hasil perhitungan OTTV.....	62
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran.....	69
	DAFTAR PUSTAKA	70
	LAMPIRAN.....	72

DAFTAR GAMBAR

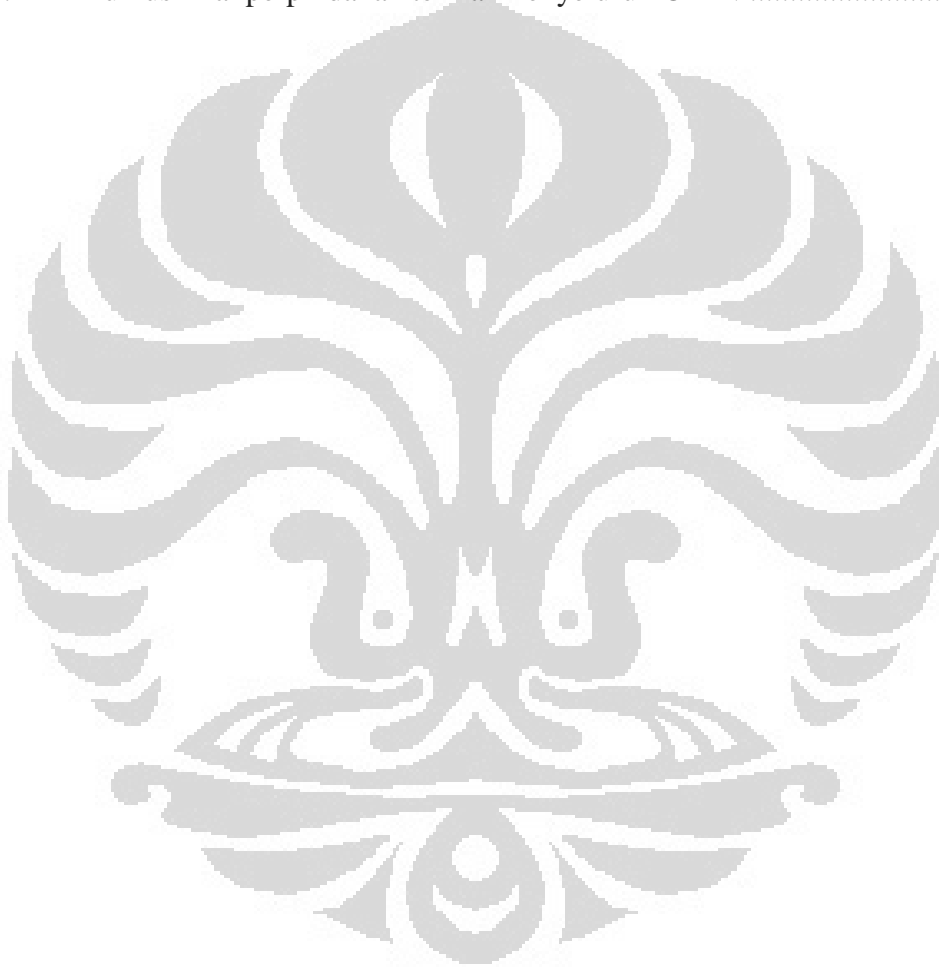
Gambar 2.1	Kawasan iklim khatulistiwa hangat lembab	10
Gambar 2.2	Kawasan iklim gurun panas kering	11
Gambar 2.3	Rumah Tunggal	16
Gambar 2.4	Rumah Kopel	16
Gambar 2.5	Rumah Deret	17
Gambar 2.6	Rumah Maisonette	17
Gambar 2.7	Apartemen	18
Gambar 2.8	Batu bata merah	19
Gambar 2.9	Batu bata setelah melewati proses pencetakan	19
Gambar 2.10	Batako	20
Gambar 2.11	Beton ringan aerasi	24
Gambar 2.12	Konstruksi atap pelana	25
Gambar 2.13	Konstruksi atap perisai	25
Gambar 3.1	Denah rumah sederhana	33
Gambar 3.2	Selubung bangunan rumah sederhana	34
Gambar 3.3	Model Rumah 1	34
Gambar 3.4	Model Rumah 2	35
Gambar 3.5	Model Rumah 3	35
Gambar 3.6	Model Rumah 4	36
Gambar 4.1	Grafik OTTV bahan dinding batako	63
Gambar 4.2	Grafik OTTV bahan dinding bata	64
Gambar 4.3	Grafik OTTV bahan dinding beton ringan aerasi	65
Gambar 4.4	Grafik perbandingan OTTV material	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tak tembus cahaya	27
Tabel 2.2	Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar	27
Tabel 2.3	Nilai k bahan bangunan.....	28
Tabel 2.4	Beda temperatur ekuivalen untuk dinding	29
Tabel 2.5	Faktor radiasi matahari untuk berbagai orientasi	29
Tabel 3	Luas bidang dinding dan bukaan	34
Tabel 4.1	Nilai TDeq material dinding	39
Tabel 4.2	Faktor radiasi matahari yang masuk dalam perhitungan.....	40
Tabel 4.3	OTTV bahan dinding batako.....	63
Tabel 4.4	OTTV bahan dinding bata.....	63
Tabel 4.5	OTTV bahan dinding beton ringan aerasi.....	64

DAFTAR RUMUS

2.1	Rumus nilai perpindahan termal menyeluruh untuk setiap bidang dinding luar bangunan dengan orientasi tertentu	26
2.2	Rumus nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya	28
2.3	Rumus nilai resistansi termal bahan	28
2.4	Rumus nilai perpindahan termal menyeluruh OTTV	29



DAFTAR ISTILAH

Absorbtansi radiasi matahari

Nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut.

Beda temperatur ekuivalen (TDeq)

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.

Faktor radiasi matahari (Solar Factor=SF)

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

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.

Koefisien peneduh (Shading Coefficient=SC)

Angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama.

Konservasi energi

Upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan.

Nilai perpindahan termal menyeluruh (Overall Thermal Transfer Value)

Suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan.

Selubung bangunan

Elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah lewat elemen tersebut.

Transmitansi termal

Koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam teori hirarki kebutuhan yang dikemukakan oleh Maslow (1943), tingkatan pertama dari lima tingkat kebutuhan manusia adalah physiological needs (kebutuhan fisiologis). Kebutuhan fisiologis atau kebutuhan yang paling mendasar dari serangkaian kebutuhan manusia adalah kebutuhan untuk mempertahankan hidup secara fisik, yaitu kebutuhan seperti, makanan, minuman, tempat tinggal, seks, tidur, oksigen dan lain-lain. Orang akan menekan kebutuhan-kebutuhan lain sampai kebutuhan fisiologis ini terpenuhi.

Berdasarkan hasil sensus Badan Pusat Statistik, kekurangan rumah di Indonesia hingga 2010 mencapai 13,6 juta unit¹⁾. Jumlah ini termasuk keluarga yang tinggal di daerah ilegal, tinggal di rumah mertua, kontrak, sewa maupun rumah yang tidak layak huni. Diperkirakan angka ini terus bertambah karena tingkat penyediaan rumah masih minim. Pihak Perum Perumnas mengklaim sejak didirikan tahun 1974 telah membangun 500.000 unit rumah dengan berbagai tipe di seluruh Indonesia. Di sisi lain pihak Kementerian Perumahan Rakyat menargetkan pembangunan rumah menengah bawah sebanyak 1,6 juta unit sampai dengan 2014. Di penghujung 2011, Kementerian Perumahan Rakyat menetapkan komposisi lingkungan hunian berimbang menjadi minimal dengan perbandingan 1:2:3 dari komposisi sebelumnya 1:3:6 untuk memudahkan penerapan di lapangan²⁾. Pola lingkungan hunian berimbang 1:2:3 yang dimaksud yakni satu unit rumah mewah yang dibangun oleh pengembang harus diikuti dengan pembangunan 2 unit rumah menengah dan 3 unit rumah sederhana bagi masyarakat menengah ke bawah. Peraturan tersebut akan dituangkan dalam

¹⁾ Direktorat Permukiman & Perumahan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, *Kekurangan Rumah Mencapai 13,6 Juta Unit (online)*, <http://perkim-bappenas.info/detail.php?id=523>

²⁾ Portal BUMN – Perumnas, <http://www.bumn.go.id/perumnas/publikasi/berita/aturan-hunian-berimbang-berubah-jadi-123/>

Peraturan Menteri Perumahan Rakyat sebagai pelaksana UU No.1/2012 yang akan keluar pada akhir Januari 2012.

Dengan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk yang pesat, Indonesia berkepentingan untuk mengelola dan menggunakan energi se-efektif dan se-efisien mungkin. Menurut data Bank Dunia, pertumbuhan ekonomi Indonesia meningkat dari 5,7% pada tahun 2005 menjadi 5,9% pada tahun 2010, dan diproyeksikan mencapai 6,2% pada tahun 2011. Sementara populasi Indonesia yang kini mencapai 229 juta penduduk diperkirakan akan meningkat menjadi lebih dari 230 juta pada tahun 2011. Semua pertumbuhan ini tentunya disertai dengan meningkatnya kebutuhan energi akibat bertambahnya jumlah rumah, beragam bangunan komersial serta industri. Jika diasumsikan rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik adalah sebesar 7% per tahun selama kurun waktu 30 tahun, maka konsumsi listrik akan meningkat dengan tajam, contohnya pada sektor rumah tangga, konsumsi akan meningkat dari 21,52 Gwh di tahun 2000 menjadi sekitar 444,53 Gwh pada tahun 2030³⁾.

Indonesia merupakan daerah dengan iklim panas-lembab yang memiliki karakter radiasi tinggi (80% per tahun), kelembaban relatif yang tinggi (60%-80%), curah hujan tinggi (150 cm/tahun), namun kecepatan angin tidak stabil (di perkotaan sering 0 m/detik atau terlalu besar, >30 m/detik)⁴⁾. Oleh sebab itu peran selubung bangunan, dalam hal ini tembok, harus dioptimalkan untuk membendung radiasi panas matahari agar kenyamanan termal dalam ruangan dapat tercapai. Penggunaan penghawaan buatan (kipas angin, AC) pada siang hari merupakan usaha untuk menciptakan kenyamanan yang umum dipraktekkan di perumahan. Usaha tersebut sudah bisa dipastikan mengkonsumsi energi, dan semakin boros energi jika material dinding tidak mendukung untuk penggunaan energi yang minimal. Dengan demikian perlu adanya suatu usaha untuk dapat memahami perilaku material dinding dan warna cat penutupnya dalam merespon

³⁾ <http://konservasienergiindonesia.info/energy-conservation-and-efficie/energy-efficiency-in-indonesia>

⁴⁾ Soegijanto, *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab ditinjau dari aspek fisika bangunan*, hal: 8-9, tahun 2000

radiasi matahari pada rumah sederhana. Setiap material mempunyai properti transmitansi dan absorbtansi yang spesifik yang akan mempengaruhi nilai OTTV (Overall Thermal Transfer Value) atau harga alih termal selubung bangunan. OTTV tercantum dalam SNI 03-6389-2000 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Indikator keberhasilan pencapaian konservasi energi adalah apabila nilai $OTTV \leq 45 \text{ Watt/m}^2$.

1.2. Permasalahan

Penerapan aturan teknis konservasi energi yang salah satu isinya membahas mengenai perpindahan termal melalui selubung bangunan (OTTV) belum sepenuhnya dilakukan. Pengembang perumahan dan pihak penghuni sendiri tidak mengetahui seberapa besar dampak penggunaan jenis material tertentu pada dinding terhadap efisiensi energi akibatnya penggunaan energi menjadi tidak efisien dan harus mengeluarkan biaya yang lebih besar untuk mengelola bangunan. Isu pemanasan global yang semakin menguat seiring berjalannya waktu seharusnya semakin mendapat porsi yang lebih besar untuk diperhatikan dalam merancang bangunan perumahan yang sadar energi.

Beberapa variabel penentu yang mempengaruhi nilai OTTV diantaranya adalah material dinding tak tembus cahaya dan luas bidang dinding yang tembus cahaya serta nilai absorbtansi radiasi matahari suatu bahan. Material dinding yang umum digunakan dalam pembangunan perumahan antara lain batako, bata merah dan beton ringan aerasi. Selama ini porsi perhatian hanya dititikberatkan pada pembangunan perumahan yang murah nilai jualnya yang bergantung pada penggunaan bahan namun tidak memperhatikan bagaimana performa material bahan terhadap radiasi matahari. Hal ini dapat menjadi faktor yang membantu menurunkan tingkat konsumsi energi bangunan.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Dari pernyataan di atas, penulis mengidentifikasi pertanyaan penelitian, yaitu:

1. Material dinding manakah diantara batu bata, batako dan beton ringan aerasi yang memenuhi nilai OTTV $\leq 45 \text{ W/m}^2$?
2. Faktor apa yang harus diperhatikan agar nilai OTTV tidak melebihi 45 W/m^2 ?

1.4. Batasan Penelitian

Lingkup Penelitian

Penelitian ini akan mengkaji jenis selubung bangunan terhadap nilai OTTV. Nilai OTTV yang memenuhi persyaratan konservasi energi menurut SNI 03-6389-2000 adalah $\leq 45 \text{ W/m}^2$. Objek yang diteliti adalah 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. Penelitian ini bertempat di kota Jakarta.

Lingkup Studi Kasus

Bangunan studi kasus adalah rumah sederhana tipe 36 dengan mengacu denah yang disediakan oleh pemerintah melalui Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah nomor 403 tahun 2002 tentang pedoman teknis pembangunan rumah sederhana sehat.

Lingkup Materi Pengukuran

Objek pengukuran adalah perhitungan OTTV terhadap variabel selubung bangunan studi kasus. Variabel yang termasuk didalamnya antara lain nilai absorptansi warna dan bahan material (α), nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w), perbandingan luas jendela dengan luas permukaan dinding

(WWR), nilai transmitansi termal sistem fenestrasi (U_f), dan beda temperatur ekuivalen material (T_{Deq}).

1.5. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian

Untuk mengetahui kombinasi material dan warna dinding dengan plester terhadap orientasi yang memenuhi nilai $OTTV \leq 45 \text{ W/m}^2$, dalam hal ini material dinding batu bata, batako dan beton ringan aerasi serta warna cat terang dan medium. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi paling memenuhi kriteria konservasi energi yang berarti mendukung penghematan energi jika menggunakan sistem pengkondisian udara.

Manfaat penelitian

Bagi akademik atau bidang keilmuan arsitektur penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk mengetahui bagaimana merancang selubung bangunan yang memenuhi kriteria konservasi energi pada bangunan dan dapat menjadi pustaka dan bahan pertimbangan dalam penelitian terkait OTTV berikutnya. Bagi industri dapat menjadi acuan dalam mengembangkan produknya agar spesifikasi bahan dapat memenuhi persyaratan konservasi energi. Bagi masyarakat pada umumnya penelitian ini diharapkan mampu memberi gambaran mengenai pengaruh pemilihan material dinding terhadap kenyamanan termal penghuni di dalamnya.

1.6. Asumsi yang digunakan

Untuk memenuhi persyaratan teknis mengenai konservasi energi pada bangunan, perhitungan nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan agar jumlah panas yang dihantarkan dari luar melalui konduksi oleh material dinding dapat diminimalisir. Dalam hal ini yang menjadi variabel penentu utama adalah nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w). Semakin besar nilai U_w maka semakin besar perpindahan

panas yang terjadi di dinding. Variabel lain yang tak kalah berperan adalah nilai absorptansi (α) material dan warna bahan. Semakin besar nilai α maka semakin besar penyerapan energi termal radiasi matahari yang terjadi di dinding. Dalam penelitian ini penulis mencoba membuat sebuah asumsi yaitu rumah sederhana yang berdiri sendiri (bangunan tunggal), keempat sisi bangunan terbuka sehingga cahaya matahari bisa masuk dan dapat diketahui nilai transmitansi termal maksimal. Dalam penelitian ini juga disimulasikan perbedaan antara rumah yang memiliki peneduh/teritisan rata di semua sisi dan yang hanya memiliki peneduh/teritisan di sisi depan dan belakang saja. Hal ini bertujuan untuk dapat memperoleh perbandingan antara koefisien peneduh sistem fenestrasi (bukaan). Warna cat yang digunakan diambil warna terang dan sedang, dalam hal ini diwakilkan warna putih dan abu-abu muda.

1.7. Metode Penelitian

Metode testing out dengan pendekatan kuantitatif dilakukan pada saat mengevaluasi material dinding terhadap rumus OTTV. Untuk menjawab permasalahan diatas, sampel material diambil dari yangn paling umum digunakan dalam bangunan rumah. Faktor lokasi, vegetasi, ventilasi tidak ditinjau lebih lanjut karena tidak termasuk dalam variabel OTTV. Lalu penentuan sampel model bangunan yang akan diteliti dilakukan secara purposive, yaitu dengan cara mengambil sampel yang representatif. Pemilihan sampel yang mewakili didasari alasan material dinding sampel memenuhi variabel yang terdapat dalam rumus OTTV. Pada tahap perhitungan variabel yang paling menentukan adalah nilai absorptansi radiasi matahari (α) dan nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w) disamping variabel-variabel lain seperti koefisien peneduh (SC) beda temperatur ekuivalen (T_{Deq}).

1.8. Urutan Penulisan

Urutan penulisan laporan penelitian ini sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi pendahuluan yang mencakup, latar belakang, permasalahan, identifikasi masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan dan alur pikir.

Bab II Kajian Teori

Bab ini berisi kajian teoritik dari berbagai sumber, dimana dipaparkan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian, antara lain iklim, material dan OTTV.

Bab III Metode Penelitian

Memaparkan metode penelitian yang terdiri dari variabel penelitian, teknis penelitian, prosedur penelitian, teknik pengumpulan data serta alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

Bab IV Data dan Analisis

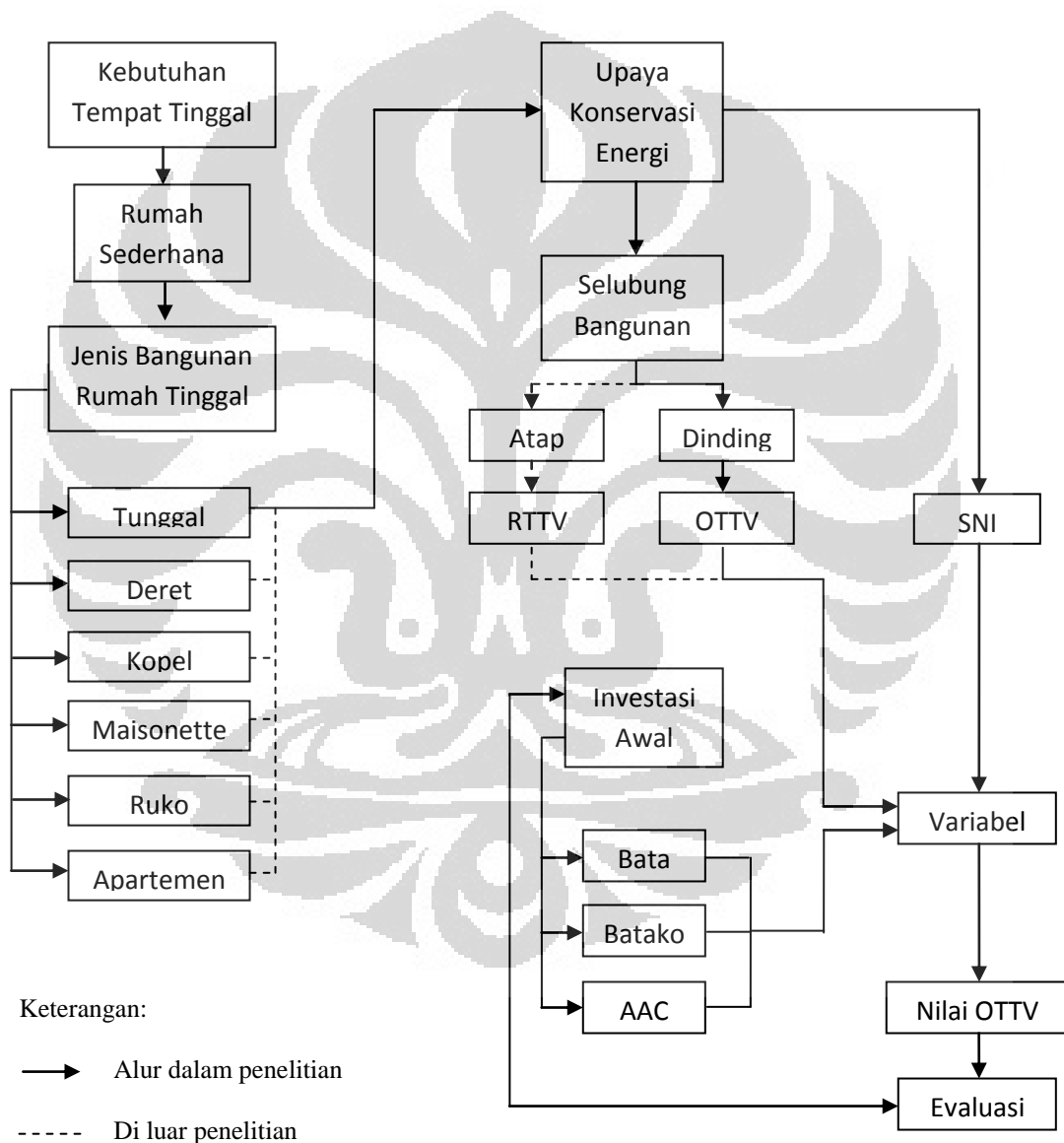
Dalam bab ini dipaparkan proses pengujian dan kalkulasi OTTV berdasarkan input data parameter-parameter yang diketahui. Hasil perhitungan kemudian dianalisis dan dibuat grafik untuk memudahkan pemahaman.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisa mengenai material dinding ideal yang mampu memenuhi nilai $OTTV \leq 45 \text{ W/m}^2$, sehingga aspek kenyamanan termal dan konservasi energi pada bangunan dapat tercapai.

1.9. Diagram Alur Pikir Penelitian

Penelitian ini dimulai dari kebutuhan akan tempat tinggal. Manusia pada dasarnya membutuhkan tempat untuk bernaung dalam hal ini rumah. Selain faktor eksternal seperti iklim, di dalam rumah itu sendiri banyak faktor yang dapat dikaji. Dalam penelitian ini, penulis ingin menitikberatkan pada upaya konservasi energi. Salah satu cara menilai konservasi energi adalah dari perpindahan termal melalui selubung bangunan.



BAB II

KAJIAN TEORI

Kajian teori dimulai dari skala makro ke mikro untuk dapat memahami kaitan antara elemen. Iklim sebagai lingkup makro dalam pembahasan yang berkaitan dengan termal. Berikutnya adalah pembahasan rumah sebagai unit yang akan menjadi objek penelitian, dan OTTV sebagai fokus penelitian ini.

2.1. Iklim

Dalam kamus Oxford iklim didefinisikan sebagai 'kawasan dengan kondisi tertentu yang meliputi temperatur, kelembaban, angin, cahaya, dan sebagainya.'. Secara etimologi iklim berasal dari bahasa Latin *clima* yaitu daerah atau lereng dari Bumi; bahasa Yunani *klima*, daerah, zona¹⁾. Menurut kamus Merriam-Webster *climate* berarti kondisi atau keadaan cuaca rata-rata pada suatu tempat – biasanya dalam periode tahunan – yang meliputi temperatur, kecepatan angin, dan curah hujan. Dalam KBBI arti kata iklim adalah keadaan hawa (suhu, kelembaban, awan, hujan, dan sinar matahari) pada suatu daerah dalam jangka waktu yang agak lama.

2.1.1. Iklim tropis²⁾

G.A. Atkinson (1953) mengklasifikasikan iklim tropis berdasarkan dua faktor yang mempengaruhi kenyamanan manusia: suhu udara dan kelembaban. Dari dua faktor tersebut, kawasan tropis dibagi menjadi 3 zona iklim utama dan 3 sub kelompok:

1. Iklim khatulistiwa hangat lembab – sub kelompok: iklim kepulauan hangat lembab atau iklim angin timur.

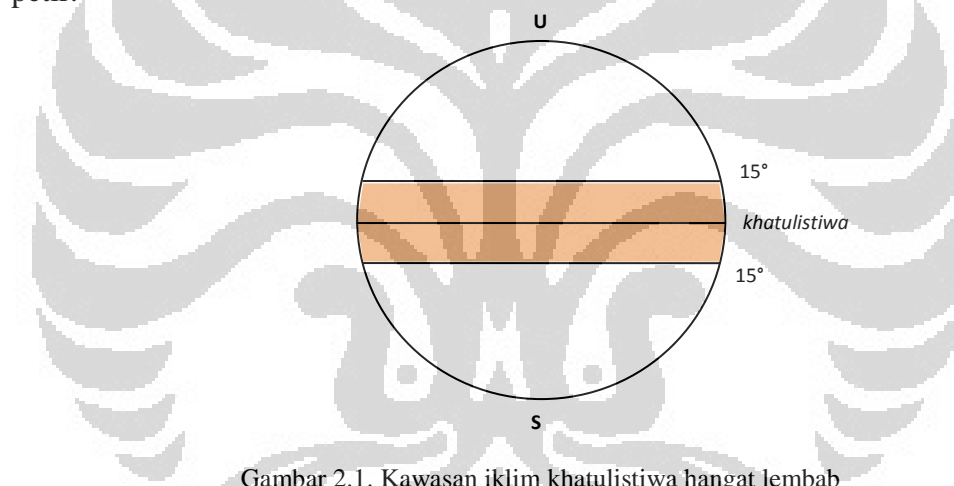
¹⁾ www.etymonline.com

²⁾ O.H. Koenigsberger, T.G. Ingersoll, Alan Mayhew, S.V. Szokolay, *Manual of Tropical housing and building*, London: Longman Group Limited, 1974

2. Iklim gurun panas kering atau semi-gurun – sub kelompok: iklim gurun maritim panas kering.
3. Iklim komposit atau monsun (gabungan dari 1 dan 2) – sub kelompok: iklim dataran tinggi tropis.

2.1.2. Iklim khatulistiwa hangat lembab

Iklim ini dapat dijumpai di sekitar garis khatulistiwa sampai dengan 15° kearah utara dan selatan. Kota-kota di zona ini antara lain: Lagos, Dar-es-Salam, Mombasa, Colombo, Singapura, Jakarta, Quito dan Pernambuco. Hanya sedikit variasi musim yang terjadi sepanjang tahun. Penandanya hanyalah periode dengan curah hujan banyak atau sedikit dan terjadinya hembusan angin kencang dan badai petir.



Gambar 2.1. Kawasan iklim khatulistiwa hangat lembab

Suhu udara di daerah berbayang mencapai rata-rata maksimum pada siang hari antara 27-32°C, tetapi ada kalanya dapat melebihi nilai tertinggi. Pada malam hari rata-rata minimum bervariasi antara 21-27°C. Perbedaan suhu cukup sempit, baik harian maupun tahunan. Kelembaban selalu tinggi, sekitar 75% hampir pada setiap waktu, tetapi dapat bervariasi antara 55 sampai mendekati 100%.

Curah hujan tinggi sepanjang tahun, yang biasanya semakin tinggi dalam beberapa bulan yang berurutan. Curah hujan tahunan antara 2000 sampai 5000 mm/tahun dan dapat melebihi 500 mm/bulan pada bulan paling basah. Pada saat badai curah hujan dapat mencapai 100 mm/jam dalam periode yang singkat.

2.1.3. Iklim kepulauan hangat lembab

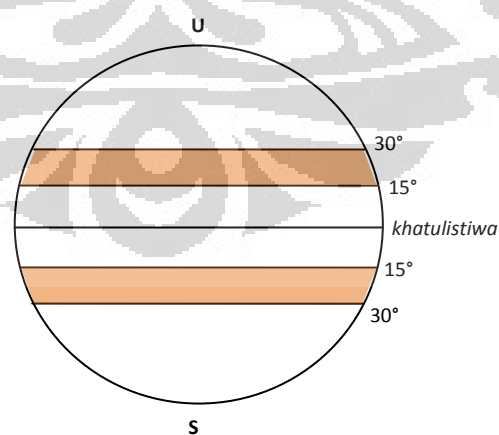
Iklim ini dijumpai di kepulauan di sekitar garis khatulistiwa dan kawasan angin timur. Contohnya kepulauan Karibia, Filipina dan kelompok kepulauan lain di Samudera Pasifik. Variasi musim tidak signifikan.

Suhu udara di daerah berbayang pada siang hari mencapai rata-rata maksimum antara 29-32°C dan jarang melebihi temperatur kulit. Rata-rata minimum pada malam hari dapat mencapai 18°C tetapi pada umumnya antara 18-24°C. Perbedaan suhu harian jarang melebihi 8 degC dan perbedaan suhu tahunan hanya sekitar 14 degC. Kelembaban bervariasi antara 55 sampai mendekati 100%.

Curah hujan tinggi, antara 1250 sampai 1800 mm per tahun dan 200 sampai 250 mm pada bulan paling basah. Dalam satu badai dengan durasi beberapa jam, curah hujan dapat mencapai 250 mm.

2.1.4. Iklim gurun panas kering atau semi-gurun

Iklim ini terjadi di dua sabuk dengan latitude antara 15 dan 30° di sebelah utara dan selatan khatulistiwa. Contoh daerahnya adalah Assuan, Baghdad, Alice Springs dan Phoenix. Ada dua musim yang dapat ditandai, periode yang panas dan lebih dingin.



Gambar 2.2. Kawasan iklim gurun panas kering

Suhu udara di daerah berbayang meningkat dengan cepat setelah matahari terbit sampai rata-rata siang hari maksimum 43-49°C. Rekor suhu tertinggi adalah

58°C yang terukur di Libya tahun 1922. Pada saat musim sejuk rata-rata suhu maksimum antara 27 sampai 32°C. Suhu rata-rata minimum malam hari antara 24 dan 30°C pada musim panas dan antara 10 dan 18°C pada musim sejuk. Perbedaan suhu harian sangat besar, antara 17 sampai 22 degC. Kelembaban bervariasi antara 10 sampai 55%.

Curah hujan sedikit dan bervariasi sepanjang tahun, dari 50 sampai 155 mm per tahun. Badai singkat dapat terjadi di daerah tertentu sampai dengan 50 mm dalam beberapa jam, tetapi beberapa kawasan tidak mendapat hujan selama beberapa tahun.

2.1.5. Iklim gurun maritim panas kering

Iklim gurun maritim terjadi pada latitude yang sama dengan iklim gurun panas kering, dimana laut berbatasan dengan massa daratan yang luas. Iklim ini dipandang sebagai yang paling tidak menyenangkan di bumi. Contoh daerahnya antara lain Kuwait, Antofagasta dan Karachi. Ada dua musim, panas dan dingin.

Suhu udara di daerah yang berbayang mencapai rata-rata maksimum pada siang hari sekitar 38°C, tetapi pada musim dingin antara 21 sampai 26°C. Suhu rata-rata minimum malam hari pada musim panas antara 24 sampai 30°C dan pada musim dingin antara 10 sampai 18°C. Perbedaan suhu harian bervariasi antara 9 dan 12 degC, variasi lebih besar pada saat musim dingin. Kelembaban selalu tinggi, antara 50 dan 90%. Curah hujan sangat rendah seperti daerah gurun lainnya.

2.1.6. Iklim komposit atau monsun

Iklim ini biasanya dapat dijumpai di massa daratan luas dekat garis balik utara dan garis balik utara, yang cukup jauh dari khatulistiwa untuk mengalami perubahan radiasi matahari dan arah angin musiman. Contoh kota dengan iklim komposit: Lahore, Mandalay, Asuncion, Kano dan New Delhi.

Suhu udara di daerah berbayang adalah sebagai berikut:

Musim	Panas-kering	Hangat-lembab	Dingin-kering
Rata-rata max siang	32-43°C	27-32°C	sampai 27°C
Rata-rata min malam	21-27°C	24-27°C	4-10°C
Batas rata-rata harian	11-22 degC	3-6 degC	11-22 degC

Sumber: Manual of Tropical Housing and Building

Kelembaban rendah sepanjang periode kering, 20 sampai 55%. Pada periode basah naik hingga 55 sampai 95%.

Hujan monsun cukup lebat dan lama; dalam satu jam hujan dapat turun sebanyak 25 sampai 38 mm. Curah hujan tahunan bervariasi antara 500 sampai 1300 mm, pada musim paling basah mencapai 200 sampai 250 mm. Pada saat musim kering hanya sedikit terjadi hujan bahkan tidak hujan sama sekali.

2.1.7. Iklim dataran tinggi tropis.

Iklim ini dapat dijumpai di daerah pegunungan dan dataran tinggi lebih dari 900 sampai 1200 m di atas permukaan laut. Contoh kota dengan iklim ini: Addis Ababa, Bogota, Mexico City dan Nairobi. Variasi musim sedikit di dekat khatulistiwa, tetapi semakin jauh dari khatulistiwa, musim mengikuti dataran yang lebih rendah di dekatnya.

Suhu udara di daerah berbayang menurun seiring dengan ketinggian. Pada ketinggian 1800 m rata-rata suhu maksimal siang hari berkisar antara 24 sampai 30°C dan rata-rata suhu minimum sekitar 10 sampai 13°C. Pada beberapa lokasi dapat turun di bawah 4°C dan embun beku merupakan hal yang umum. Perbedaan suhu harian cukup besar. Perbedaan suhu tahunan tergantung pada latitude: di khatulistiwa perbedaannya kecil, namun pada garis balik utara dan selatan dapat mencapai 11 hingga 20 degC. Kelembaban bervariasi antara 45 dan 99%.

Curah hujan bervariasi namun jarang dibawah 1000 mm. Seringkali hujan turun secara deras pada suatu kawasan yang terkonsentrasi, mencapai intensitas 80mm per jam.

2.2. Kenyamanan Termal

Energi manusia dan kesehatannya sangat bergantung dari efek langsung dari lingkungannya³⁾. Sering dijumpai dalam suatu waktu kondisi atmosfer menstimulasi dan menyegarkan aktivitas kita, namun pada waktu yang lain menekan mental dan fisik. Pengukuran efek iklim terhadap manusia telah diselidiki dalam berbagai cara, disini ada dua metode yang disebutkan. Metode pertama mendeskripsikan efek negatif iklim terhadap manusia, seperti stress, sakit, wabah, dan kematian. Metode kedua mendefinisikan kondisi dimana produktivitas, kesehatan manusia serta energi mental dan fisik berada pada efisiensi tertinggi. Efek iklim terhadap kesehatan telah dipelajari menurut musim oleh Ellsworth Huntington, yang mempelajari variabel pada daerah beriklim sedang di timur laut Amerika Serikat. Penelitian Huntington menunjukkan periode energi tertinggi dan terendah terjadi pada waktu yang berbeda di daerah iklim yang berbeda. Pengamatan ini menceritakan bahwa kekuatan fisik dan aktivitas mental manusia berada pada saat terbaiknya jika di dalam batas kondisi iklim yang ditentukan, dan jika berada di luar batas ini efisiensi menurun, sementara stress dan kemungkinan penyakit meningkat.

Menurut Szokolay (1980: 272), suhu udara merupakan faktor paling penting dalam penentuan kenyamanan termal, tetapi bukan satu-satunya. Berbagai proses pertukaran panas pada permukaan tubuh dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan dan tingkat sensasi kenyamanan atau ketidaknyamanan yang tergantung dari efek gabungan dari berbagai faktor. Empat faktor utama yang saling mempengaruhi tingkat kenyamanan termal adalah suhu udara (DBT), kelembaban (RH), pergerakan udara dan radiasi.

³⁾ Olgyay, Victor, *Design with Climate: a bioclimatic approach to architecture regionalism*, Princeton: Princeton University Press, 1963

Standar zona kenyamanan termal di Indonesia adalah sebagai berikut (Kurniasih, 2009, h.33):

- a. Sejuk Nyaman : 22,5 – 22,8°C
- b. Nyaman Optimal : 22 - 26°C
- c. Nyaman Hangat : 26 – 27,1°C
- d. Panas : > 27,1°C

2.3. Rumah

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)⁴⁾, rumah mempunyai arti bangunan untuk tempat tinggal. Dalam kamus istilah di laman Kementerian Perumahan Rakyat⁵⁾ arti rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga baik tunggal, deret, maupun susun. Menurut Poespowardoyo (1982), hakikat rumah (perumahan) hanya dapat diungkap dengan baik, apabila dikaitkan dengan manusia yang menempatinnya. Di antara keduanya terdapat hubungan yang tidak sekedar instrument, melainkan lebih dalam dari itu ialah hubungan struktural. Budiharjo (1984) menyatakan, rumah merupakan pengejawantahan diri pribadi manusia atau *tweede belinchaming* atau prolongasi yang mampu menampung dinamika manusia. Tersirat suatu abstraksi hubungan timbal balik manusia dengan kosmos, serta hubungan dengan alam sekitarnya. Rumah tempat tinggal diibaratkan sebagai organis yang berfungsi sebagai kulit ketiga manusia, dengan sandang ibarat kulit keduanya (Wibowo, n.d., hal 2).

⁴⁾<http://pusatbahasa.kemdiknas.go.id/kbbi/>: **ru-mah** *n* 1 bangunan untuk tempat tinggal; 2 bangunan pd umumnya (spt gedung)

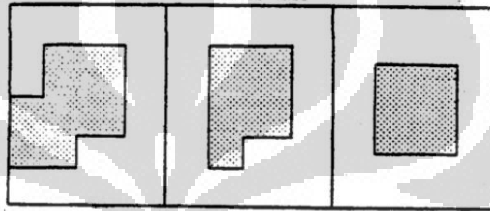
⁵⁾ www.kemenpera.go.id

2.3.1. Tipologi rumah

Dalam penelitian oleh R. Lisa Suryani dan Amy Marisa yang berjudul Aspek-aspek yang Mempengaruhi Masalah Permukiman di Perkotaan dipaparkan beberapa jenis rumah. Berdasarkan bentuk lahan dan bangunannya, rumah tinggal dapat dibedakan menjadi 6 jenis, yaitu:

a. Rumah Tunggal (*Detached House*)

Rumah yang berdiri sendiri pada persilnya dan terpisah dari rumah disebelahnya. Tipe besar memiliki luas persil diatas 400 m^2 . (Gambar 2.3)



Gambar 2.3. Rumah Tunggal (site plan)

b. Rumah Kopel (*Semi-Detached House*)

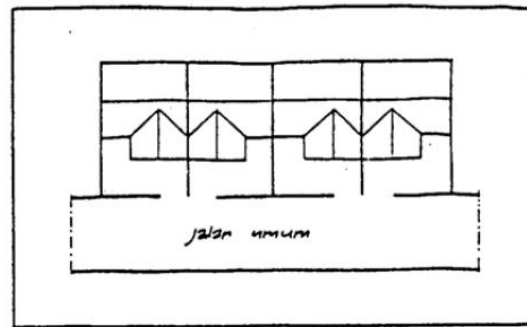
Rumah yang umumnya berada pada satu persil, terdiri dari satu bangunan dengan dua unit rumah tinggal dimana atapnya menjadi satu. (Gambar 2.4)



Gambar 2.4. Rumah Kopel (site plan)

c. Rumah Deret (*Row House*)

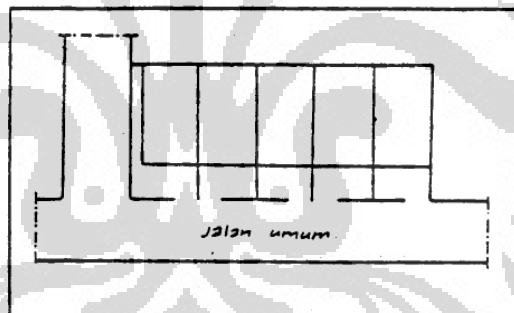
Jenis hunian yang bangunan/unit rumahnya menempel satu dengan lainnya. Tipe kecil memiliki luas persil dibawah 200 m^2 . (Gambar 2.5)



Gambar 2.5. Rumah Deret (site plan)

d. Rumah tipe Maisonette

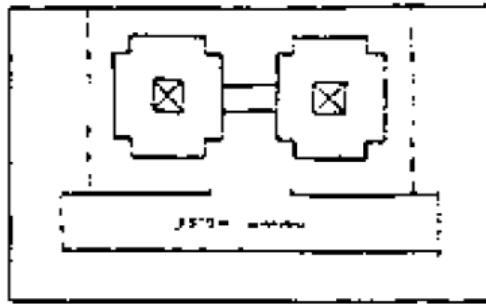
Rumah tinggal yang terdiri dari 2 lantai, bisa berupa 1 unit tersendiri atau berderet dan dapat juga berada pada satu massa besar. Umumnya lantai satu dimanfaatkan untuk kegiatan umum seperti ruang tamu, ruang keluarga, dapur dan lain-lain. Lantai dua dimanfaatkan untuk kegiatan pribadi seperti ruang tidur. (Gambar 2.6)



Gambar 2.6. Rumah Maisonette (site plan)

e. Apartemen

Merupakan sebuah bangunan bertingkat banyak dan terdiri dari unit-unit hunian. Bertingkat rendah maksimal 4 lantai dan bertingkat tinggi > 8 lantai. Ada beberapa jenis istilah untuk tipe bangunan hunian seperti ini. Biasanya dibedakan atas kelompok penghuninya seperti rumah susun atau flat untuk kelompok penghuni masyarakat menengah kebawah dan apartemen atau kondominium untuk kelompok penghuni masyarakat menengah keatas. (Gambar 2.7)



Gambar 2.7. Apartemen (site plan)

f. Rumah Toko/Ruko (*Shop Houses*)

Ruko termasuk pada golongan rumah deret, hanya dibedakan dari fungsi bangunan yaitu fungsi hunian dan fungsi niaga. Jumlah tingkat biasanya 2 – 4 lantai dan berada dekat dengan pusat-pusat kegiatan.

2.3.2. Bahan bangunan rumah

Bata⁶⁾

Bata tertua yang dijumpai awalnya dibuat dari lumpur yang dibentuk, ditemukan di Tell Aswad kemudian di kawasan Tigris dan di sebelah tenggara Anatolia, diperkirakan berasal dari 7500 tahun sebelum Masehi. Bata yang dikeringkan dengan dijemur matahari pertama dibuat di Mesopotamia (sekarang Irak), di kota tua Ur sekitar 4000 sebelum Masehi. Contoh peradaban lain yang menggunakan bata lumpur diantaranya adalah peradaban Mesir Kuno dan Lembah Indus.

Material bata paling banyak digunakan di Indonesia. Hampir di setiap tempat bahkan pelosok desa terdapat pembuat batu bata. Bahan baku tanah liat yang mudah didapat dan proses pembuatan yang sederhana membuat harganya menjadi relatif murah (Gambar 2.8). Ukuran yang biasa ada di pasaran adalah 25 x 12 x 5 cm atau kurang. Dinding dari pasangan batu bata umumnya dibuat dengan ketebalan $\frac{1}{2}$ batu dan minimal setiap jarak 3 m diberi kolom praktis

⁶⁾ Dokumen perkuliahan pribadi penulis dan <http://en.wikipedia.org/wiki/Brick>

sebagai pengikat dan penyalur beban. Dinding batu bata biasanya dipakai sebagai konstruksi non struktural yang tidak menahan beban. Bata biasa terbuat dari tanah liat yang di bentuk dengan cetakan, dikeringkan, kemudian dibakar pada suhu yang relatif rendah (Gambar 2.9). Proses pembakaran ini menyebabkan bata menjadi cukup kuat dan keras. Bata biasa digunakan di bagian dalam struktur, kemudian ditutup dengan lapisan plester atau bata muka.



Gambar 2.8. Batu bata merah

(Sumber: Dokumen presentasi perkuliahan)



Gambar 2.9. Batu bata setelah melewati proses pencetakan

(Sumber: Dokumen presentasi perkuliahan)

Batu bata ini berwarna merah karena kandungan besi di dalam tanah liat mengalami oksidasi ketika dibakar. Bila kandungan besinya sedikit, batu itu akan berwarna jingga atau kuning. Muka batu bata biasa kasar. Pada industri rakyat

persyaratan untuk tanah liat batu bata tidaklah seketat tanah liat genting dan kendi, karena tak perlu kedap air. tanah liatnya dapat mengandung lebih banyak humus.

Batako⁷⁾

Untuk menghemat biaya pembangunan rumah, alternatif pemakaian batako banyak digunakan di banyak tempat. Selain harganya lebih murah per meternya, dimensi yang lebih besar dan berlubang dapat menghemat 75% plesteran dan 50% beban dinding (Gambar 2.10). Dan tentu saja pelaksanaan pekerjaannya pun menjadi lebih cepat. Batako terbuat dari campuran tras, kapur, pasir dan semen. Kekuatannya tentu lebih rendah dari pada batu bata. Batako yang berkualitas rendah akan mudah pecah karena kadar semen yang sedikit. Ukuran yang umum di pasaran adalah 40 x 20 x 10 atau kurang.



Gambar 2.10. Batako

(Sumber: Dokumen perkuliahan pribadi)

Batako merupakan batu cetak yang tidak dibakar, berdasarkan bahan bakunya batako dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Batako tras/putih, Batako putih terbuat dari campuran trass, batu kapur, dan air, sehingga sering juga disebut batu cetak kapur trass. Trass merupakan jenis tanah yang berasal dari lapukan batu-batu yang berasal

⁷⁾ Dokumen perkuliahan pribadi penulis

dari gunung berapi, warnanya ada yang putih dan ada juga yang putih kecokelatan. Ukuran batako trass yang biasa beredar di pasaran memiliki panjang 20 cm–30 cm, tebal 8 cm–10 cm, dan tinggi 14 cm–18 cm.

2. Batako semen, dibuat dari campuran semen dan pasir. Ukuran dan model lebih beragam dibandingkan dengan batako putih. Batako ini biasanya menggunakan dua lubang atau tiga lubang disisinya untuk diisi oleh adukan pengikat. Nama lain dari batako semen adalah batako pres, yang dibedakan menjadi dua bagian, yaitu pres mesin dan pres tangan. Secara kasat mata, perbedaan pres mesin dan tangan dapat dilihat pada kepadatan permukaan batakonya. Di pasaran ukuran batako semen yang biasa ditemui memiliki panjang 36 cm–40 cm, tinggi 18 cm–20 cm dan tebal 8 cm–10 cm.

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan batako:

- a. Portland Cement (PC)

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif sebagai bahan pengikat (*bonding material*) yang dipakai bersama batu kerikil, pasir dan air. Semen portland akan mengikat butir-butir agregat (halus dan kasar) setelah diberi air dan selanjutnya akan mengeras menjadi suatu massa yang padat.

Portland Cement merupakan bahan utama atau komponen batako terpenting yang berfungsi sebagai bahan pengikat an-organik dengan bantuan air dan mengeras secara hidrolis. Portland Cement harus memenuhi persyaratan yang diperlukan dalam PBI (1971). Portland Cement inilah yang dapat menyatukan antara agregat halus dan agregat kasar sehingga mengeras menjadi beton. Adapun komponen–komponen bahan baku Portland cement yang baik yaitu (Tjokrodinuljo, 1996):

- | | | |
|-----|---|--------------|
| (1) | Batukapur (CaO) | = 60 – 67% |
| (2) | PasirSilika (SiO ₂) | = 17 – 25% |
| (3) | Alumina (Al ₂ O ₃) | = 0,3 – 0,8% |
| (4) | TanahLiat (Al ₂ O ₃) | = 0,3 – 0,8% |

- (5) Magnesia (MgO) = 0,3 – 0,8%
- (6) Sulfur (SO₃) = 0,3 – 0,8%

b. Agregat halus (pasir)

Agregat halus (pasir) terdiri dari butiran sebesar 0,14 - 5 mm, didapat dari hasil disintegrasi batuan alam (natural sand) atau dapat juga dengan memecahnya (artificial sand), tergantung dari kondisi pembentukan tempat yang terjadinya. Pasir alam dapat dibedakan atas : pasir galian, pasir sungai, pasir laut, pasir done yaitu bukit-bukit pasir yang dibawa ketepi pantai.

Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Selain itu juga pasir berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan dan kekerasan pada batako atau produk bahan bangunan campuran semen lainnya.

Pasir yang digunakan untuk pembuatan batako harus bermutu baik yaitu pasir yang bebas dari lumpur, tanah liat, zat organik, garam florida dan garam sulfat. Selain itu juga pasir harus bersifat keras, kekal dan mempunyai susunan butir (gradasi) yang baik. Menurut Persyaratan Bangunan Indonesia (1982: 23) agregat halus sebagai campuran untuk pembuatan beton bertulang harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- (1) Pasir harus terdiri dari butir-butir kasar, tajam dan keras.
- (2) Pasir harus mempunyai kekerasan yang sama.
- (3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, apabila lebih dari 5 % maka agregat tersebut harus dicuci dulu sebelum digunakan. Adapun yang dimaksud lumpur adalah bagian butir yang melewati ayakan 0,063 mm.
- (4) Pasir harus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.

- (5) Pasir harus tidak mudah terpengaruh oleh perubahan cuaca.
- (6) Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk beton

c. Air

Air yang dimaksud disini adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton. Menurut PBI 1971 persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan adalah sebagai berikut:

- (1) Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak daripada beton.
- (2) Apabila dipandang perlu maka contoh air dapat dibawa ke Laboratorium Penyelidikan Bahan untuk mendapatkan pengujian sebagaimana yang dipersyaratkan.
- (3) Jumlah air yang digunakan adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya. Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi syarat air minum. Jika dipergunakan air yang tidak baik maka kekuatan beton akan berkurang. Air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit untuk dikerjakan, tetapi jika air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras.

Beton ringan aerasi⁸⁾

Beton ringan aerasi atau *autoclaved aerated concrete* (AAC) dikenal juga dengan nama *autoclaved cellular concrete* (ACC) atau *autoclaved lightweight concrete* (ALC), pertama kali diciptakan oleh arsitek Swedia bernama Johan Axel Eriksson pada pertengahan 1920an. Material ini mulai dikenal di Indonesia pada tahun 1995. Kelebihannya adalah bobotnya yang jauh lebih ringan dari batu bata ataupun batako. Biasa digunakan untuk bangunan bertingkat untuk mengurangi pembebanan sehingga biaya pondasi menjadi lebih kecil. Dimensi yang besar yaitu 60 x 20 x 10/7,7 cm menjadikan pekerjaan dinding cepat selesai. Ukurannya yang presisi juga hanya membutuhkan spesi yang sangat tipis. Kelebihan yang lain adalah kemampuannya untuk menahan panas dan suara. Selain itu material ini dapat disesuaikan ukurannya dengan cara dipotong menggunakan gergaji (Gambar 2.11). Dari segi harga sampai saat ini masih lebih mahal dari batu bata. Namun pekerjaan pemasangan yang cepat dapat menghemat upah tukang.



Gambar 2.11. Beton ringan aerasi. Material ini dapat dipotong dengan mudah sesuai dengan kebutuhan

(Sumber: <http://grahaciptaestetama.blogspot.com/>)

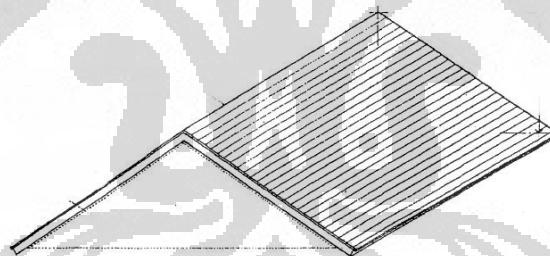
Beton ringan aerasi (AAC) dibuat dengan agregat yang lebih kecil daripada pasir. Pasir kuarsa, batu kapur, semen dan air digunakan sebagai bahan pengikat. Bubuk aluminium digunakan sebanyak 0,05 – 0,08% dari volume. Pada

⁸⁾Dokumen perkuliahan pribadi dan http://en.wikipedia.org/wiki/Autoclaved_aerated_concrete

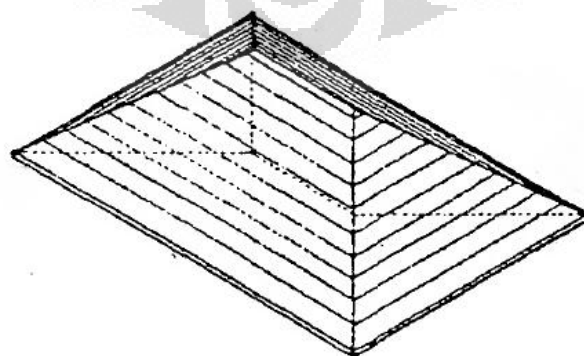
saat bahan diaduk dan dicetak, beberapa reaksi kimia terjadi yang membuat AAC berbobot ringan (20% lebih ringan dari beton) dan properti termalnya. Bubuk aluminium bereaksi dengan kalsium hidroksida dan air membentuk hidrogen. Gas hidrogen mengembang dan menggandakan volume campuran awal (menciptakan gelembung gas berdiameter sekitar 1/8 inci). Pada akhir proses pengembangan, hidrogen terlepas ke atmosfer dan digantikan oleh udara.

2.3.3. Atap

Atap adalah penutup bagian atas dari sebuah bangunan, termasuk rangka yang mendukungnya. Atap pelana (gable roof) adalah atap dengan kemiringan ke arah bawah dari bubungan tengah menjadi dua bagian sehingga membentuk segitiga di kedua ujungnya (Gambar 2.12). Atap perisai (hip roof) adalah atap dengan kemiringan ke arah bawah di bagian sisi dan ujung, pertemuannya membentuk sudut yang terproyeksi (Gambar 2.13).



Gambar 2.12. Konstruksi atap pelana
(Sumber : A Visual Dictionary of Architecture, Francis D.K. Ching, 1995)



Gambar 2.13. Konstruksi atap perisai
(Sumber : A Visual Dictionary of Architecture, Francis D.K. Ching, 1995)

2.4. OTTV

Konsep OTTV (Overall Thermal Transmittance Value) mencakup tiga elemen dasar perpindahan panas melalui selubung luar bangunan yaitu: konduksi panas melalui dinding tidak tembus cahaya, radiasi matahari melalui kaca, dan konduksi panas melalui kaca. Untuk mengurangi beban external (panas yang masuk ke dalam bangunan akibat radiasi matahari dan konduksi melalui selubung bangunan), Badan Standardisasi Nasional Indonesia melalui SNI 03-6389-2000 menentukan kriteria disain selubung bangunan yang dinyatakan dalam Harga Alih Termal Menyeluruh (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) yaitu $OTTV \leq 45 \text{ Watt/m}^2$.

Nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu dapat dihitung melalui persamaan:

$$OTTV_i = \alpha [U_w \times (1-WWR)] \times T_{Deq} + (SC \times WWR \times SF) + (U_f \times WWR \times \Delta T) \dots\dots\dots (2.1)$$

Sumber: SNI 03-6389-2000

dimana:

$OTTV_i$ = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m^2).

α = absorbtansi radiasi matahari.

U_w = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya ($\text{Watt/m}^2 \cdot \text{°K}$).

WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

T_{Deq} = beda temperatur ekuivalen (°K).

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = faktor radiasi matahari (Watt /m^2).

U_f = transmitansi termal fenestrasi ($\text{Watt/m}^2 \cdot \text{°K}$).

ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5°K).

Absorbtansi radiasi matahari (α) merupakan nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut. Nilai α untuk bahan terdapat dalam Tabel 2.1. dan untuk warna terdapat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tak tembus cahaya

Bahan dinding luar	α
Beton berat ¹⁾	0,91
Bata merah	0,89
Bitumunous felt	0,88
Batu sabak	0,87
Beton ringan	0,86
Aspal jalan setapak	0,82
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekspos	0,61
Ubin putih	0,58
Bata kuning tua	0,56
Atap putih	0,50
Cat alumunium	0,40
Kerikil	0,29
Seng putih	0,26
Bata gelazur putih	0,25
Lembaran alumunium yang dikilapkan.	0,12

¹⁾ Untuk bangunan nuklir.

Sumber: SNI 03-6389-2000

Tabel 2.2. Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar

Cat permukaan dinding luar	α
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam	0,90
Coklat tua	0,88
Abu abu/biru tua	0,88
Biru/hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau	0,79
Hijau medium	0,59
Kuning medium	0,58
Hijau/biru medium	0,57
Hijau muda	0,47
Putih semi kilap	0,30
Putih kilap	0,25
Perak	0,25
Pernis putih	0,21

Sumber: SNI 03-6389-2000

Nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w) yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan dihitung dengan rumus:

$$U=1/R_{total} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

$$R_{total} = \text{Resistansi termal total} = \Sigma R$$

Nilai resistansi termal untuk masing-masing bahan dihitung dengan rumus:

$$R= t/k \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

t = tebal bahan (mm)

k = nilai konduktivitas termal bahan (Watt/m.K)

Nilai k untuk berbagai jenis bahan terdapat dalam Tabel 2.3.

Beda temperatur ekuivalen (T_{Deq}) adalah 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. Nilai T_{Deq} bisa dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3. Nilai k bahan bangunan

No	Bahan bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m.K)
1	Beton	2400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca		1,154
5	Plesteran pasir semen	1568	0,533
6	Kaca lembaran	2512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fibreglass	32	0,035
13	Paduan Aluminium	2672	211
14	Tembaga	8784	385
15	Baja	7840	47,6
16	Granit	2640	2,927
17	Marmer/Batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298

Sumber: SNI 03-6389-2000

Tabel 2.4. Beda temperatur 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

Faktor radiasi matahari (SF) adalah 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. Nilai SF dapat dilihat di Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) untuk berbagai orientasi¹⁾

Orientasi	U	TL	T	TGR	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	243	211

¹⁾ Berdasarkan data radiasi matahari di Jakarta.

Sumber: SNI 03-6389-2000

Koefisien peneduh (SC) merupakan angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasasi yang sama.

Untuk menghitung nilai OTTV seluruh dinding luar, hasil perhitungan OTTV dinding luar secara individual dijumlahkan dengan rumus:

$$OTTV = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{oi} \times OTTV_i)}{\sum_{i=1}^n A_{oi}} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

A_{oi} = luas dinding pada bagian dinding luar i (m²). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

$OTTV_i$ = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.1).

Sebagai hipotesis, penulis menduga bahwa material bata dengan nilai absorbtansi radiasi matahari paling tinggi diantara material lain yang diteliti akan membuat hasil akhir perhitungan OTTV menjadi tinggi, melebihi ambang batas 45 W/m^2 . Angka tersebut merupakan batas maksimal untuk dapat memenuhi kriteria konservasi energi. Artinya jika di kemudian hari rumah dengan material bata akan menggunakan sistem pengkondisian udara maka konsumsi energinya akan lebih tinggi dari rumah dengan material batako atau beton ringan aerasi.



BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara testing out dengan pendekatan metode kuantitatif. Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai kerangka dan langkah-langkah dalam penelitian.

3.1. Kerangka Penelitian

Sebagai langkah awal, penulis berupaya menelusuri berbagai studi literatur yang terkait mengenai hal yang akan diteliti, yaitu mengenai dinding. Studi kasus yang ditentukan adalah rumah sederhana tipe 36 dengan atap pelana dan perisai. Material dinding menggunakan batako, bata merah dan beton ringan aerasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh material dinding dan keberadaan peneduh terhadap nilai alih termal selubung bangunan atau OTTV (Overall Thermal Transfer Value).

Performa bangunan yang menggunakan material dinding berbeda diuji terhadap rumus OTTV dengan faktor radiasi matahari (SF) dan warna cat yang berbeda dalam hal ini warna terang dan medium. Indikator keberhasilan adalah apabila nilai OTTV $\leq 45 \text{ W/m}^2$.

Temuan dari hasil analisa yang diperoleh diidentifikasi apakah telah memenuhi syarat konservasi energi yang ditetapkan dalam SNI 03-6389-2000 atau belum.

3.2. Metode dan pelaksanaan penelitian

Tahap perhitungan nilai OTTV

Tahap ini merupakan proses yang menentukan apakah performa selubung bangunan studi kasus telah memenuhi aspek teknis konservasi energi atau belum.

Urutan proses yang harus dilakukan adalah:

1. Bangunan studi kasus dibuatkan modelnya dengan menggunakan software Google SketchUp.
2. Menentukan nilai α dinding dengan mengacu pada tabel nilai α yang ada.

3. Untuk menentukan nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w), sebelumnya harus mengetahui dahulu nilai resistansi termal total (R_{total}). Komponen R_{total} sendiri terdiri dari tebal bahan (t) dan nilai konduktivitas termal bahan (k).
4. Window Wall Ratio (WWR) adalah nilai yang harus dicari berikutnya. WWR merupakan perbandingan antara bukaan kaca dengan luas bidang pada sisi yang dihitung.
5. Beda temperatur ekuivalen (T_{Deq}) ditentukan berdasarkan material yang paling dominan dalam satu struktur dinding sisi yang dihitung. Nilai yang didapat dikonversikan dengan tabel T_{Deq} yang ada.
6. Nilai koefisien peneduh sistem fenestrasi (SC) ditentukan berdasarkan keberadaan peneduh yang mempengaruhi sistem fenestrasi. Faktor radiasi matahari (SF) ditentukan menurut orientasi yang terdapat pada tabel.
7. Untuk menentukan nilai transmitansi termal sistem fenestrasi (U_f) langkah yang ditempuh sama dengan mencari U_w . Nilai R_{total} sistem fenestrasi harus ditentukan terlebih dahulu.
8. Setelah semua nilai diketahui maka nilai OTTV dinding pada orientasi yang ditentukan dapat diidentifikasi. Setelah itu barulah dapat dicari nilai OTTV keseluruhan selubung bangunan. Hasil yang dicapai hendaknya tidak melebihi 45 W/m^2 .

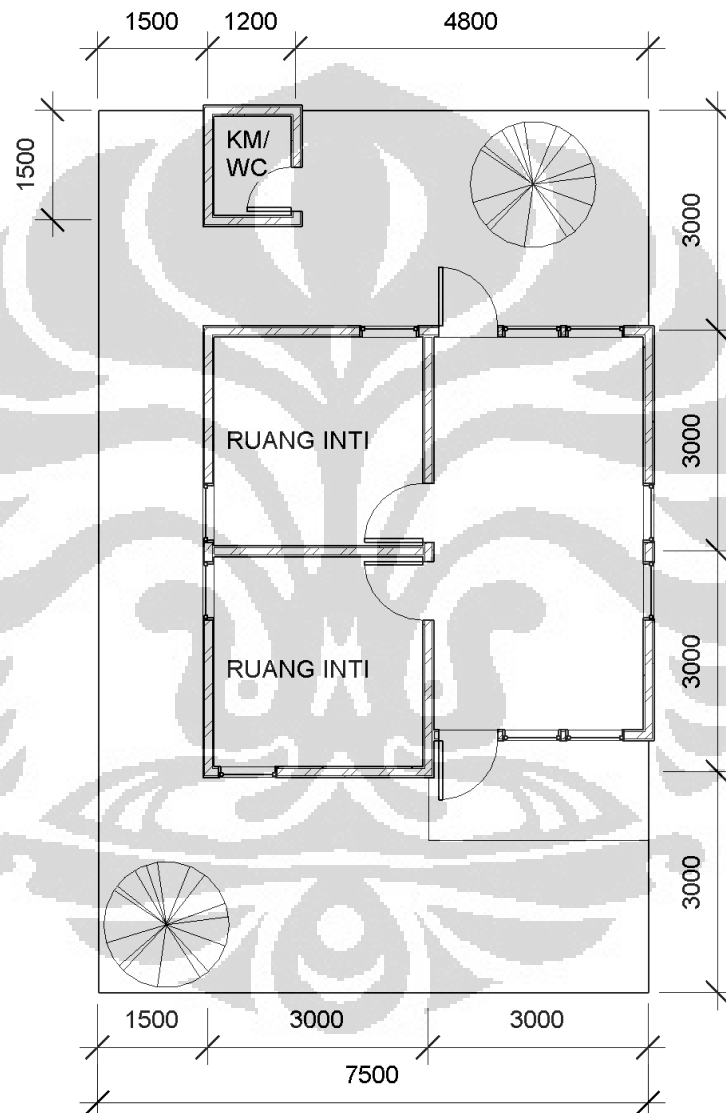
3.3. Instrumen penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Laptop, yang dilengkapi dengan program:
 - a. Autodesk Revit 2011 untuk menggambar denah rumah.
 - b. Google SketchUp 8 Pro untuk membuat model 3D.
 - c. Microsoft Word 2007 untuk menulis hasil laporan.
 - d. Microsoft Excel 2007 untuk menyusun data hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik.
 - e. Software OTTV v2.01.

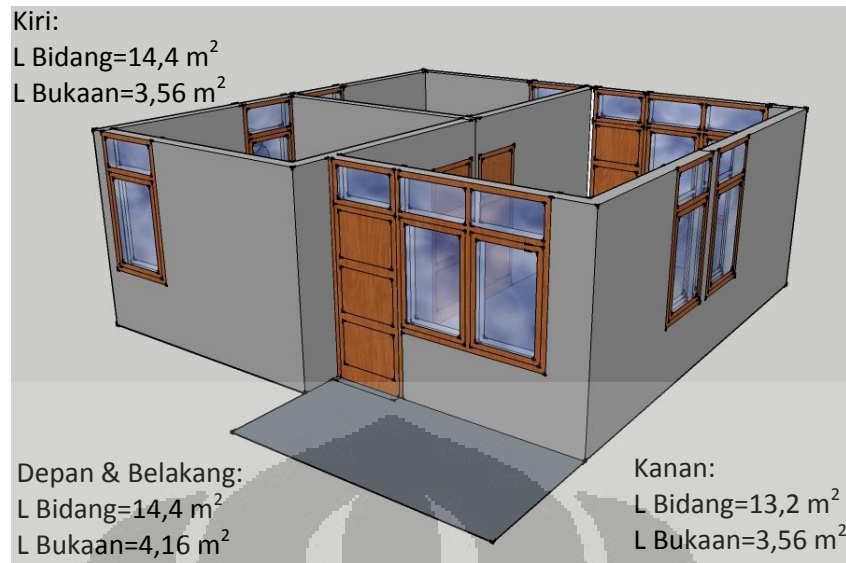
3.4. Model rumah

Model rumah yang diteliti merupakan rumah sederhana tipe 36 (6m x 6m). Tinggi bidang dinding 2,4m. Luas dinding yang dihitung untuk bidang depan, belakang dan samping kiri masing-masing 14,4 m². Luas dinding samping kanan 13,2 m². Luas bukaan kaca sisi depan dan belakang masing-masing 4,16 m². Luas bukaan kaca sisi kiri dan kanan masing-masing 3,56 m² (Lihat gambar 3.1 & 3.2).



Gambar 3.1. Denah Rumah Sederhana

(Sumber: Kepmen Kimpraswil 403/2002. Denah digambar ulang menggunakan software Autodesk Revit 2011)



Gambar 3.2. Selubung bangunan rumah sederhana
(Sumber: Kepmen Kimpraswil 403/2002. Grafis model dari hasil pengolahan kembali menggunakan Google SketchUp 8 Pro)

Tabel 3. Luas bidang dinding dan bukaan

Dinding	Luas Bidang (m ²)	Luas Bukaannya (m ²)
Depan (fasade)	14,4	4,16
Belakang	14,4	4,16
Kiri	14,4	3,56
Kanan	13,2	3,56

3.4.1. Model Rumah 1 dengan atap pelana dan cat dinding warna abu-abu

Atap pelana disini dimaksudkan untuk mewakili keberadaan peneduh hanya pada dua sisi bangunan yaitu di depan dan belakang (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Model Rumah 1
(Sumber: Kepmen Kimpraswil 403/2002. Grafis model dari hasil pengolahan kembali menggunakan Google SketchUp 8 Pro)

3.4.2. Model Rumah 2 dengan atap pelana dan cat dinding warna putih

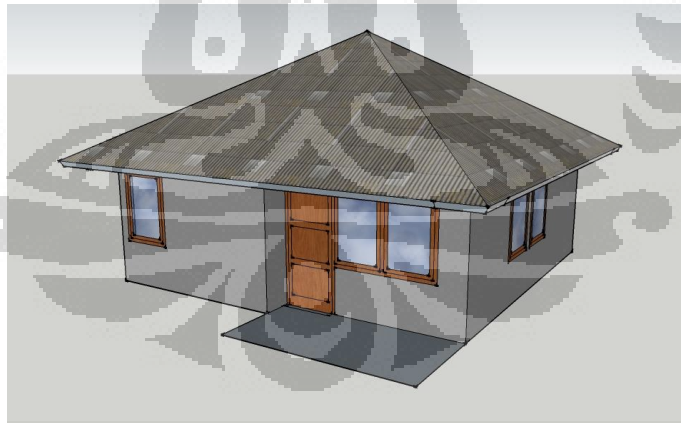
Atap pelana disini dimaksudkan untuk mewakili keberadaan peneduh hanya pada dua sisi bangunan yaitu di depan dan belakang (Gambar 3.4).



Gambar 3.4. Model Rumah 2
(Sumber: Kepmen Kimpraswil 403/2002. Grafis model dari hasil pengolahan kembali menggunakan Google SketchUp 8 Pro)

3.4.3. Model Rumah 3 dengan atap puncak dan cat dinding warna abu-abu

Atap puncak disini dimaksudkan untuk mewakili keberadaan peneduh pada keempat sisi bangunan (Gambar 3.5).



Gambar 3.5. Model Rumah 3
(Sumber: Kepmen Kimpraswil 403/2002. Grafis model dari hasil pengolahan kembali menggunakan Google SketchUp 8 Pro)

3.4.4. Model Rumah 4 dengan atap puncak dan cat dinding warna putih

Atap puncak disini dimaksudkan untuk mewakili keberadaan peneduh pada keempat sisi bangunan (Gambar 3.6).



Gambar 3.6. Model Rumah 4
(Sumber: Kepmen Kimpraswil 403/2002. Grafis model dari hasil pengolahan kembali menggunakan Google SketchUp 8 Pro)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan nilai variabel dalam OTTV

Sebelum masuk pada tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV tersebut harus ditentukan terlebih dahulu di awal perhitungan agar memudahkan perhitungan. Diantaranya adalah nilai absorbtansi radiasi matahari (α), transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w), perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan (WWR), beda temperatur ekuivalen (T_{Deq}), dan transmitansi termal fenestrasi (U_f).

4.1.1. Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan bangunan

Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan dinding batako⁹⁾ (0,86), warna cat abu-abu (0,88):

$$\begin{aligned}\alpha &= (\alpha_{\text{wall}} + \alpha_{\text{color}})/2 \\ &= (0,86 + 0,88)/2 \\ &= \mathbf{0,87}\end{aligned}$$

Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan dinding batako (0,86), warna cat putih (0,3):

$$\begin{aligned}\alpha &= (\alpha_{\text{wall}} + \alpha_{\text{color}})/2 \\ &= (0,86 + 0,3)/2 \\ &= \mathbf{0,58}\end{aligned}$$

Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan dinding bata (0,89), warna cat abu-abu (0,88):

$$\begin{aligned}\alpha &= (\alpha_{\text{wall}} + \alpha_{\text{color}})/2 \\ &= (0,89 + 0,88)/2 \\ &= \mathbf{0,885}\end{aligned}$$

Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan dinding bata (0,89), warna cat putih (0,3):

$$\alpha = (\alpha_{\text{wall}} + \alpha_{\text{color}})/2$$

⁹⁾ Nilai α batako sementara menggunakan nilai α yang sama dengan beton ringan dikarenakan masih belum tersedia informasi pasti atau penelitian tentang nilai α batako yang bisa diperoleh.

$$= (0,89 + 0,3)/2$$

$$= \mathbf{0,595}$$

Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan dinding beton ringan aerasi (0,86), warna cat abu-abu (0,88):

$$\alpha = (\alpha \text{ wall} + \alpha \text{ color})/2$$

$$= (0,86 + 0,88)/2$$

$$= \mathbf{0,87}$$

Nilai absorbtansi radiasi matahari bahan dinding beton ringan aerasi (0,86), warna cat putih (0,3):

$$\alpha = (\alpha \text{ wall} + \alpha \text{ color})/2$$

$$= (0,86 + 0,3)/2$$

$$= \mathbf{0,58}$$

4.1.2. Nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w)

Bahan dinding batako¹⁰⁾:

$$U_w = 1/(R_{\text{ext}}+R_1+R_2+R_3+R_{\text{int}})$$

$$= 1/(0,05 + 0,047 + 0,075 + 0,047 + 0,12)$$

$$= 1/0,339$$

$$= \mathbf{2,95 \text{ W/m}^2 \text{ degK}}$$

Bahan dinding bata:

$$U_w = 1/(R_{\text{ext}}+R_1+R_2+R_3+R_{\text{int}})$$

$$= 1/(0,05 + 0,047 + 0,087 + 0,047 + 0,12)$$

$$= 1/0,351$$

$$= \mathbf{2,849 \text{ W/m}^2 \text{ degK}}$$

Bahan dinding beton ringan aerasi:

$$U_w = 1/(R_{\text{ext}}+R_1+R_2+R_3+R_{\text{int}})$$

$$= 1/(0,05 + 0,047 + 0,33 + 0,047 + 0,12)$$

$$= 1/0,594$$

$$= \mathbf{1,684 \text{ W/m}^2 \text{ degK}}$$

¹⁰⁾ Nilai k dalam persamaan $R=t/k$ material batako menggunakan nilai $k = 1,33 \text{ W/mK}$

4.1.3. Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan

$$\text{WWR dinding depan\&belakang} = 4,16/14,4 = 0,289$$

$$\text{WWR dinding kiri} = 3,56/14,4 = 0,247$$

$$\text{WWR dinding kanan} = 3,56/13,2 = 0,27$$

4.1.4. Beda temperatur ekuivalen

Nilai beda temperatur ekuivalen material dinding yang diteliti adalah:

Batako:

$$\text{Density} = 2000\text{kg/m}^3$$

$$\text{Thickness} = 0,1\text{m}$$

$$\text{Weight} = 200\text{kg/m}^2$$

$$\text{TDeq} = 10 \text{ K}$$

Bata:

$$\text{Density} = 1760\text{kg/m}^3$$

$$\text{Thickness} = 0,1\text{m}$$

$$\text{Weight} = 176\text{kg/m}^2$$

$$\text{TDeq} = 12 \text{ K}$$

Beton ringan aerasi¹¹⁾:

$$\text{Density} = 500\text{kg/m}^3$$

$$\text{Thickness} = 0,1\text{m}$$

$$\text{Weight} = 50\text{kg/m}^2$$

$$\text{TDeq} = 15 \text{ K}$$

Tabel 4.1. Nilai TDeq material dinding

Material	Berat/satuan luas (kg/m^2)	TDeq (K)
Batako	200	10
Bata	176	12
Beton ringan aerasi	50	15

(Acuan: Pembahasan beda temperatur ekuivalen untuk dinding pada Bab II)

¹¹⁾ Nilai densitas beton ringan setara Hebel

4.1.5. Koefisien peneduh sistem fenestrasi (SC)

Bila ada teritisan/overstek diberi nilai 0.5. Jika terekspos total nilai 1. Terseduh total nilai 0.

4.1.6. Faktor radiasi matahari (SF)

Tabel 4.2. Faktor radiasi matahari yang masuk dalam perhitungan (SF, Watt/m²)

Orientasi	U	T	S	B
SF	130	112	97	243

(Acuan: Pembahasan faktor radiasi matahari pada Bab II)

4.1.7. Nilai transmitansi termal sistem fenestrasi (Uf)

Kaca lembaran 3mm:

$$\begin{aligned}
 U_f &= 1 / (R_{\text{ext}} + R_1 + R_{\text{int}}) \\
 &= 1 / (0,05 + 0,028 + 0,12) \\
 &= 1 / 0,198 \\
 &= 5,05 \text{ W/m}^2 \text{ degK}
 \end{aligned}$$

4.1.8. Luas dinding yang dihitung (Aoi)

Luas dinding depan, belakang dan sisi kiri bangunan (Aoi) masing-masing 14,4 m². Luas dinding sisi kanan bangunan 13,2 m². Maka luas selubung bangunan adalah $\Sigma a_{oi} = 56,4 \text{ m}^2$.

4.2. Perhitungan OTTV

4.2.1. Perhitungan OTTV unit rumah tunggal dinding batako dengan lapisan plester

- Nilai absorbtansi radiasi matahari (α) dinding batako dengan lapisan plester adalah 0,87 (cat abu-abu) dan 0,58 (cat putih).
- Nilai transmitansi termal dinding batako (U_w) adalah 2,95 W/m² degK.
- Material batako memiliki berat per meter persegi 200 kg/m². Nilai beda suhu ekuivalen (TDeq) batako ($> 195 \text{ kg/m}^2$) adalah 10 K.

- Nilai transmitansi termal kaca lembaran 3mm (Uf) adalah 5,05 W/m² degK.
- Luas selubung bangunan adalah $\Sigma aoi = 56,4 \text{ m}^2$.

(1) Model Rumah 1



Model Rumah 1:
Atap Pelana
Cat dinding warna abu-abu

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	44,326	638,294	56,324
Selatan	14,4	39,557	569,621	
Timur	13,2	55,788	736,402	
Barat	14,4	85,581	1232,366	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{Aoi} \\ &= 56,324 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	44,326	638,294	56,205
Selatan	14,4	39,557	569,621	
Timur	14,4	53,224	766,426	
Barat	13,2	90,578	1195,63	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{Aoi} \\ &= 56,205 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	60,648	800,554	52,978
Selatan	14,4	49,52	713,088	
Timur	14,4	41,725	600,84	
Barat	14,4	60,654	873,418	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 52,978 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

d. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	57,67	830,448	52,972
Selatan	13,2	51,738	682,942	
Timur	14,4	41,725	600,84	
Barat	14,4	60,654	873,418	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 52,972 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding batako:

- Orientasi Utara : 56,205 W/m²
- Orientasi Selatan : 56,324 W/m²
- Orientasi Timur : 52,978 W/m²
- Orientasi Barat : 52,972 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 1 dengan material batako melebihi 45 W/m² dengan nilai tertinggi 56,324 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Selatan.

(2) Model Rumah 2



Model Rumah 2:
Atap Pelana
Cat dinding warna putih

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	38,245	550,728	50,113
Selatan	14,4	33,476	482,054	
Timur	13,2	49,544	653,981	
Barat	14,4	79,14	1139,616	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 50,113 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	38,245	550,728	50,13
Selatan	14,4	33,476	482,054	
Timur	14,4	46,783	673,625	
Barat	13,2	84,914	1120,865	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 50,13 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	54,404	718,133	46,766
Selatan	14,4	43,079	620,338	
Timur	14,4	35,644	513,274	
Barat	14,4	54,573	785,851	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 46,766 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	51,229	737,698	46,761
Selatan	13,2	45,494	600,521	
Timur	14,4	35,644	513,274	
Barat	14,4	54,573	785,851	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 46,761 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding batako:

- Orientasi Utara : 50,13 W/m²
- Orientasi Selatan : 50,113 W/m²
- Orientasi Timur : 46,766 W/m²
- Orientasi Barat : 46,761 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 2 dengan material batako melebihi 45 W/m² dengan nilai tertinggi 50,13 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Utara.

(3) Model Rumah 3



Model Rumah 3:
Atap Puncak
Cat dinding warna abu-abu

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	44,326	638,294	45,123
Selatan	14,4	39,557	569,621	
Timur	13,2	40,668	536,818	
Barat	14,4	55,57	800,208	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 45,123 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	44,326	638,294	45,132
Selatan	14,4	39,557	569,621	
Timur	14,4	39,392	567,245	
Barat	13,2	58,353	770,26	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 45,132 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	43,095	568,854	45,81
Selatan	14,4	37,54	540,576	
Timur	14,4	41,725	600,84	
Barat	14,4	60,654	873,418	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 45,81 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	41,615	599,256	45,808
Selatan	13,2	38,643	510,088	
Timur	14,4	41,725	600,84	
Barat	14,4	60,654	873,418	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 45,808 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding batako:

- Orientasi Utara : 45,132 W/m²
- Orientasi Selatan : 45,123 W/m²

- Orientasi Timur : 45,81 W/m²
- Orientasi Barat : 45,808 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 3 dengan material batako berada pada ambang batas 45 W/m² dengan nilai tertinggi 45,81 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Timur.

(4) Model Rumah 4



Model Rumah 4:
Atap Puncak
Cat dinding warna putih

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	38,245	550,728	38,912
Selatan	14,4	33,476	482,054	
Timur	13,2	34,424	454,397	
Barat	14,4	49,129	707,458	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 38,912 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	38,245	550,728	38,92
Selatan	14,4	33,476	482,054	
Timur	14,4	32,951	474,494	
Barat	13,2	52,109	687,839	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 38,92 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	36,854	486,473	39,497
Selatan	14,4	30,699	442,066	
Timur	14,4	35,644	513,274	
Barat	14,4	54,573	785,851	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 39,497 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding batako dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	35,174	506,506	39,598
Selatan	13,2	32,4	427,68	
Timur	14,4	35,644	513,274	
Barat	14,4	54,573	785,851	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 39,598 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding batako:

- Orientasi Utara : 38,92 W/m²
- Orientasi Selatan : 38,912 W/m²
- Orientasi Timur : 39,497 W/m²
- Orientasi Barat : 39,598 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 4 dengan material batako berada dibawah ambang batas 45 W/m² dengan nilai tertinggi 39,598 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Barat.

4.2.2. Perhitungan OTTV unit rumah tunggal dinding bata dengan lapisan plester

- Nilai absorptansi radiasi matahari (α) dinding bata dengan lapisan plester adalah 0,885 (cat abu-abu) dan 0,595 (cat putih).
- Nilai transmitansi termal dinding bata (U_w) adalah 2,849 W/m² degK
- Material bata memiliki berat per meter persegi 176 kg/m². Nilai beda suhu ekuivalen (T_{Deq}) bata ($126 \leq x \leq 195$ kg/m²) adalah 12 K.
- Nilai transmitansi termal kaca lembaran 3mm (U_f) adalah 5,05 W/m² degK.
- Luas selubung bangunan adalah $\Sigma a_{oi} = 56,4$ m².

(1) Model Rumah 1



Model Rumah 1:
Atap Pelana
Cat dinding warna abu-abu

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	47,598	685,411	59,664
Selatan	14,4	42,83	616,752	
Timur	13,2	59,147	780,74	
Barat	14,4	89,038	1282,147	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{Aoi} \\ &= 59,664 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	47,598	685,411	59,681
Selatan	14,4	42,83	616,752	
Timur	14,4	56,681	816,206	
Barat	13,2	94,517	1247,624	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 59,681 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	64,007	844,892	56,316
Selatan	14,4	52,976	762,854	
Timur	14,4	44,997	647,957	
Barat	14,4	63,926	920,534	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 56,316 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	61,127	880,229	56,312
Selatan	13,2	55,097	727,28	
Timur	14,4	44,997	647,957	
Barat	14,4	63,926	920,534	

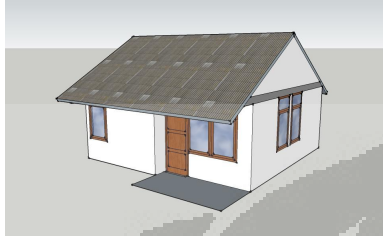
$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 56,312 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding bata:

- Orientasi Utara : 59,681 W/m²
- Orientasi Selatan : 59,664 W/m²
- Orientasi Timur : 56,316 W/m²
- Orientasi Barat : 56,312 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 1 dengan material bata melebihi 45 W/m^2 dengan nilai tertinggi $59,681 \text{ W/m}^2$ pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Utara.

(2) Model Rumah 2



Model Rumah 2:
Atap Pelana
Cat dinding warna putih

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	40,548	583,891	52,464
Selatan	14,4	35,779	515,218	
Timur	13,2	51,908	685,186	
Barat	14,4	81,573	1174,651	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 52,464 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	40,548	583,891	52,48
Selatan	14,4	35,779	515,218	
Timur	14,4	49,216	708,71	
Barat	13,2	87,278	1152,07	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 52,48 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	56,768	749,338	49,116
Selatan	14,4	45,512	655,373	
Timur	14,4	37,947	546,437	
Barat	14,4	56,876	819,014	

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi}$$

$$= 49,116 \text{ W/m}^2$$

d. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	53,662	772,733	49,112
Selatan	13,2	47,858	631,726	
Timur	14,4	37,947	546,437	
Barat	14,4	56,876	819,014	

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi}$$

$$= 49,112 \text{ W/m}^2$$

OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding bata:

- Orientasi Utara : 52,48 W/m²
- Orientasi Selatan : 52,464 W/m²
- Orientasi Timur : 49,116 W/m²
- Orientasi Barat : 49,112 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 2 dengan material bata melebihi 45 W/m² dengan nilai tertinggi 52,48 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Utara.

(3) Model Rumah 3



Model Rumah 3:
Atap Puncak
Cat dinding warna abu-abu

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	47,598	685,411	48,463
Selatan	14,4	42,83	616,752	
Timur	13,2	44,027	581,156	
Barat	14,4	59,027	849,989	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 48,463 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	47,598	685,411	48,471
Selatan	14,4	42,83	616,752	
Timur	14,4	42,849	617,026	
Barat	13,2	61,712	814,598	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 48,471 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	46,457	613,232	49,15
Selatan	14,4	40,997	590,357	
Timur	14,4	44,997	647,957	
Barat	14,4	63,926	920,534	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= [(13,2)(46,457) + (14,4)(40,997) + (14,4)(44,997) + (14,4)(63,926)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 49,15 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	45,072	649,037	49,148
Selatan	13,2	42,002	554,426	
Timur	14,4	44,997	647,957	
Barat	14,4	63,926	920,534	

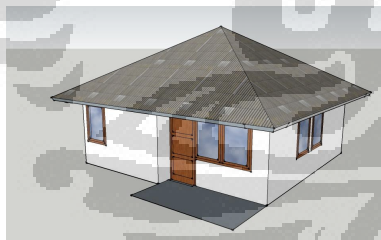
$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi} \\ &= 49,148 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding bata:

- Orientasi Utara : 48,471 W/m²
- Orientasi Selatan : 48,463 W/m²
- Orientasi Timur : 49,15 W/m²
- Orientasi Barat : 49,148 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 3 dengan material bata melebihi 45 W/m² dengan nilai tertinggi 49,15 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Timur.

(4) Model Rumah 4



Model Rumah 4:
Atap Puncak
Cat dinding warna putih

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	40,548	583,891	41,263
Selatan	14,4	35,779	515,218	
Timur	13,2	36,788	485,602	
Barat	14,4	51,562	742,493	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 41,263 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	40,548	583,891	41,271
Selatan	14,4	35,779	515,218	
Timur	14,4	35,384	509,53	
Barat	13,2	54,473	719,044	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 41,271 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	39,218	517,678	41,848
Selatan	14,4	33,132	477,101	
Timur	14,4	37,947	546,437	
Barat	14,4	56,876	819,014	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 41,848 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding bata dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	37,607	541,541	41,948
Selatan	13,2	34,763	458,872	
Timur	14,4	37,947	546,437	
Barat	14,4	56,876	819,014	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 41,948 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding bata:

- Orientasi Utara : 41,271 W/m²
- Orientasi Selatan : 41,263 W/m²

- Orientasi Timur : 41,848 W/m²
- Orientasi Barat : 41,948 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 4 dengan material bata berada dibawah ambang batas 45 W/m² dengan nilai tertinggi 41,948 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Barat.

4.2.3. Perhitungan OTTV unit rumah tunggal dinding beton ringan aerasi dengan lapisan plester

- Nilai absorbtansi radiasi matahari (α) dinding beton ringan aerasi dengan lapisan plester adalah 0,87 (cat abu-abu) dan 0,58 (cat putih).
- Nilai transmitansi termal dinding beton ringan aerasi (U_w) adalah 1,684 W/m² degK
- Material beton ringan aerasi memiliki berat per meter persegi 50 kg/m². Nilai beda suhu ekuivalen (T_{Deq}) beton ringan aerasi (<125 kg/m²) adalah 15 K.
- Nilai transmitansi termal kaca lembaran 3mm (U_f) adalah 5,05 W/m² degK
- Luas selubung bangunan adalah $\Sigma a_{oi} = 56,4 \text{ m}^2$.

(1) Model Rumah 1



Model Rumah 1:
Atap Pelana
Cat dinding warna abu-abu

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	41,703	600,523	53,646
Selatan	14,4	36,934	531,85	
Timur	13,2	53,095	700,854	
Barat	14,4	82,805	1192,392	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 53,646 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	41,703	600,523	53,662
Selatan	14,4	36,934	531,85	
Timur	14,4	50,448	726,451	
Barat	13,2	88,465	1167,738	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 53,662 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	57,955	765,006	50,3
Selatan	14,4	46,744	673,114	
Timur	14,4	39,102	563,069	
Barat	14,4	58,031	835,646	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 50,3 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	54,894	790,474	50,294
Selatan	13,2	49,045	647,394	
Timur	14,4	39,102	563,069	
Barat	14,4	58,031	835,646	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 50,294 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 1 dengan material dinding beton ringan aerasi:

- Orientasi Utara : 53,662 W/m²
- Orientasi Selatan : 53,646 W/m²
- Orientasi Timur : 50,3 W/m²
- Orientasi Barat : 50,294 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 1 dengan material beton ringan aerasi melebihi 45 W/m² dengan nilai tertinggi 53,662 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Utara.

(2) Model Rumah 2



Model Rumah 1:
Atap Pelana
Cat dinding warna putih

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	36,5	525,6	48,329
Selatan	14,4	31,727	456,869	
Timur	13,2	47,749	630,287	
Barat	14,4	77,29	1112,976	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \frac{\sum(\text{Aoi} \times \text{OTTVi})}{\sum \text{Aoi}} \\ &= 48,329 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	36,5	525,6	48,345
Selatan	14,4	31,727	456,869	
Timur	14,4	44,933	647,035	
Barat	13,2	83,119	1097,171	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 48,345 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	52,609	694,439	44,98
Selatan	14,4	41,229	593,698	
Timur	14,4	33,895	488,088	
Barat	14,4	52,824	760,666	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 44,98 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Barat:

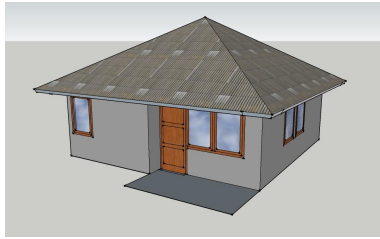
Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	49,379	711,058	44,976
Selatan	13,2	43,699	576,827	
Timur	14,4	33,895	488,088	
Barat	14,4	52,824	760,666	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 44,976 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 2 dengan material dinding beton ringan aerasi:

- Orientasi Utara : 48,345 W/m²
- Orientasi Selatan : 48,329 W/m²
- Orientasi Timur : 44,98 W/m²
- Orientasi Barat : 44,976 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 2 dengan material beton ringan aerasi melebihi 45 W/m² untuk bangunan dengan orientasi Utara dan Selatan dengan nilai tertinggi 48,345 W/m² pada bangunan dengan orientasi menghadap Utara. Untuk bangunan dengan orientasi Timur dan Barat nilainya dibawah ambang batas SNI, nilai tertinggi pada bangunan dengan orientasi menghadap Timur sebesar 44,98 W/m².

(3) Model Rumah 3

Model Rumah 3:
Atap Puncak
Cat dinding warna abu-abu

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	41,703	600,523	42,445
Selatan	14,4	36,934	531,85	
Timur	13,2	37,975	501,27	
Barat	14,4	52,794	760,234	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 42,445 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	41,703	600,523	42,453
Selatan	14,4	36,934	531,85	
Timur	14,4	36,616	527,27	
Barat	13,2	55,66	734,712	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 42,453 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	40,405	533,346	43,132
Selatan	14,4	34,764	500,602	
Timur	14,4	39,102	563,069	
Barat	14,4	58,031	835,646	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 43,132 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	38,839	559,282	43,13
Selatan	13,2	35,95	474,54	
Timur	14,4	39,102	563,069	
Barat	14,4	58,031	835,646	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 43,13 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 3 dengan material dinding beton ringan aerasi:

- Orientasi Utara : 42,453 W/m²
- Orientasi Selatan : 42,445 W/m²
- Orientasi Timur : 43,132 W/m²
- Orientasi Barat : 43,13 W/m²

Nilai OTTV Model Rumah 3 dengan material beton ringan aerasi berada dibawah ambang batas 45 W/m² dengan nilai tertinggi 43,132 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Timur.

(4) Model Rumah 4



Model Rumah 1:
Atap Puncak
Cat dinding warna putih

- a. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Selatan:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	36,5	525,6	37,127
Selatan	14,4	31,727	456,869	
Timur	13,2	32,629	430,703	
Barat	14,4	47,279	680,818	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 37,127 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Utara:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	36,5	525,6	37,136
Selatan	14,4	31,727	456,869	
Timur	14,4	31,101	447,854	
Barat	13,2	50,314	664,145	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 37,136 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Timur:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	13,2	35,059	462,78	37,712
Selatan	14,4	28,849	415,426	
Timur	14,4	33,895	488,088	
Barat	14,4	52,824	760,666	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{Aoi} \\ &= 37,712 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding beton ringan aerasi dan orientasi bangunan arah Barat:

Dinding	Aoi	OTTVi	Aoi x OTTVi	OTTV
Utara	14,4	33,324	479,866	37,812
Selatan	13,2	30,604	403,973	
Timur	14,4	33,895	488,088	
Barat	14,4	52,824	760,666	

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{Aoi} \\ &= 37,812 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Model Rumah 4 dengan material dinding beton ringan aerasi:

- Orientasi Utara : 37,136 W/m²
- Orientasi Selatan : 37,127 W/m²
- Orientasi Timur : 37,712 W/m²
- Orientasi Barat : 37,812 W/m²

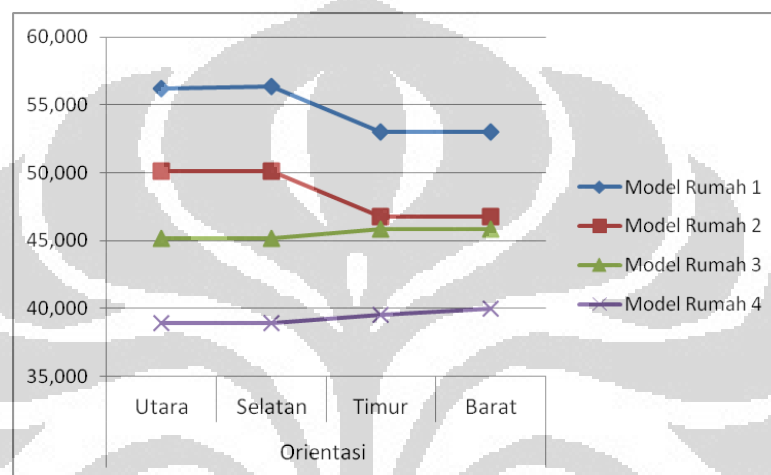
Nilai OTTV Model Rumah 4 dengan material beton ringan aerasi berada dibawah ambang batas 45 W/m² dengan nilai tertinggi 37,812 W/m² pada bangunan dengan orientasi bangunan arah Barat.

4.3. Evaluasi hasil perhitungan OTTV

Setelah melalui tahapan perhitungan OTTV, hasilnya dirangkum dalam tabel untuk memudahkan penilaian. Performa terbaik yang berhasil dicapai material dinding batako adalah 38,912 W/m² pada Model Rumah 4 dengan orientasi bangunan menghadap Selatan (lihat Tabel 4.3). Berarti Model Rumah 4 memenuhi kriteria $\text{OTTV} \leq 45 \text{ W/m}^2$. Model Rumah 4 adalah rumah dengan warna cat dinding putih dan bukaan di semua sisi memiliki teritisan. Performa terburuk dari material dinding batako adalah 56,324 W/m² pada Model Rumah 1 dengan orientasi bangunan menghadap Selatan (Gambar 4.1).

Tabel 4.3. OTTV bahan dinding batako (W/m^2)

Model Rumah	Orientasi			
	Utara	Selatan	Timur	Barat
Model Rumah 1	56,205	56,324	52,978	52,972
Model Rumah 2	50,13	50,113	46,766	46,761
Model Rumah 3	45,132	45,123	45,81	45,808
Model Rumah 4	38,92	38,912	39,497	39,598

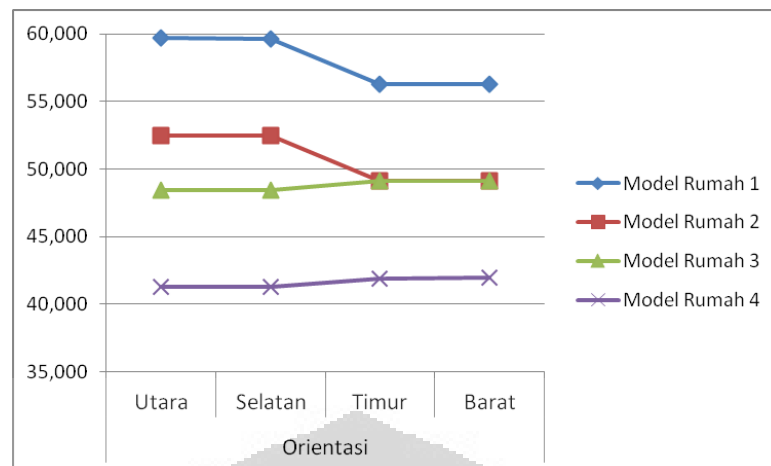


Gambar 4.1. Grafik OTTV bahan dinding batako
(Sumber: Pengolahan data dengan Microsoft Excel 2007)

Performa terbaik yang berhasil dicapai material dinding bata adalah $41,263 W/m^2$ pada Model Rumah 4 dengan orientasi bangunan menghadap Selatan (lihat Tabel 4.4). Kombinasi ini masih memenuhi kriteria $OTTV \leq 45 W/m^2$. Performa terburuk dari material bata adalah $59,681 W/m^2$ dengan orientasi bangunan menghadap Utara (Gambar 4.2).

Tabel 4.4. OTTV bahan dinding bata (W/m^2)

Model Rumah	Orientasi			
	Utara	Selatan	Timur	Barat
Model Rumah 1	59,681	59,664	56,316	56,312
Model Rumah 2	52,48	52,464	49,116	49,112
Model Rumah 3	48,471	48,463	49,15	49,148
Model Rumah 4	41,271	41,263	41,848	41,948

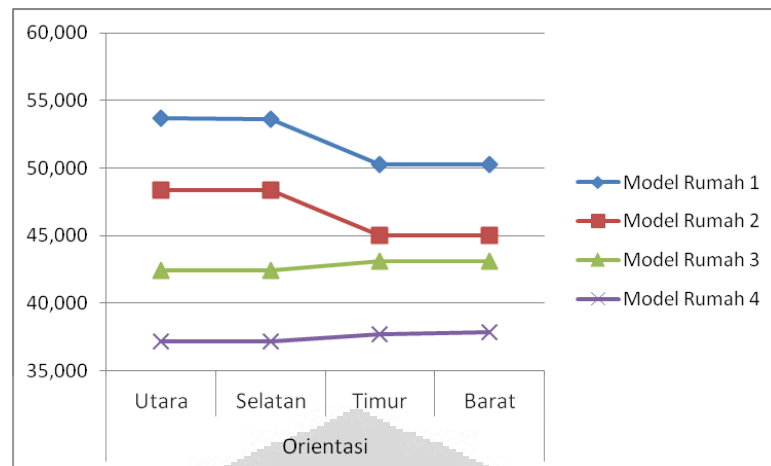


Gambar 4.2. Grafik OTTV bahan dinding bata
(Sumber: Pengolahan data dengan Microsoft Excel 2007)

Performa terbaik yang berhasil dicapai material dinding beton ringan aerasi adalah $37,127 \text{ W/m}^2$ pada Model Rumah 4 dengan orientasi bangunan menghadap Selatan (lihat Tabel 4.5). Pada tabel dapat dilihat bahwa Model Rumah 3 dan 4 seluruhnya memiliki OTTV dibawah 45 W/m^2 . Model Rumah 2 dengan orientasi bangunan menghadap Timur dan Barat juga masih memenuhi kriteria $\text{OTTV} \leq 45 \text{ W/m}^2$ (Gambar 4.3).

Tabel 4.5. OTTV bahan dinding beton ringan aerasi (W/m^2)

Model Rumah	Orientasi			
	Utara	Selatan	Timur	Barat
Model Rumah 1	53,662	53,646	50,3	50,294
Model Rumah 2	48,345	48,329	44,98	44,976
Model Rumah 3	42,453	42,445	43,132	43,13
Model Rumah 4	37,136	37,127	37,712	37,812



Gambar 4.3. Grafik OTTV bahan dinding beton ringan aerasi
(Sumber: Pengolahan data dengan Microsoft Excel 2007)

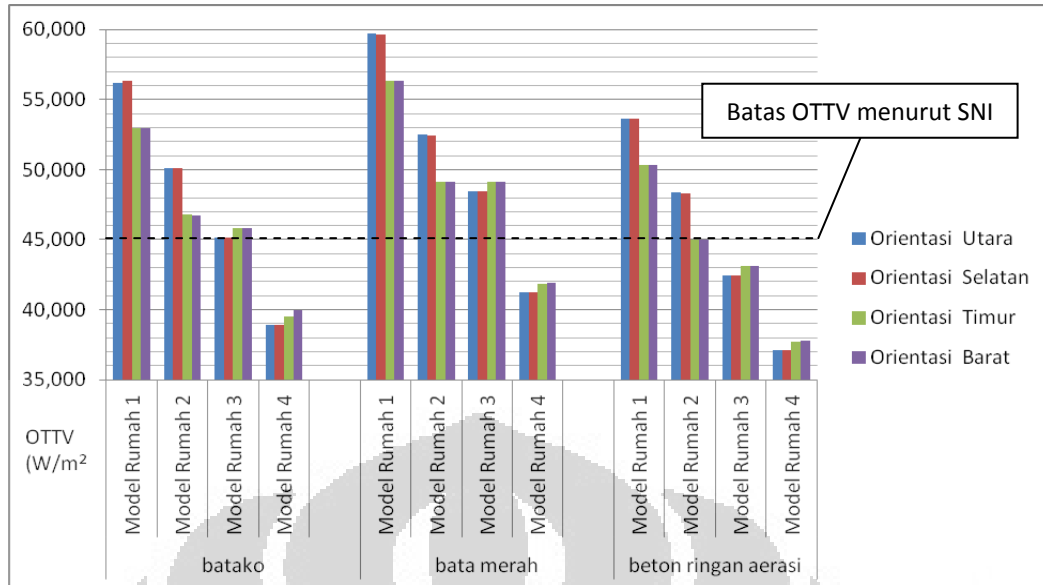
Secara keseluruhan material bata mempunyai kombinasi yang paling banyak melebihi angka 45 W/m^2 . Hanya Model Rumah 4 saja yang memenuhi $\text{OTTV} \leq 45 \text{ W/m}^2$. Nilai paling tinggi diperoleh Model Rumah 1 dengan material dinding bata merah dengan nilai $59,681 \text{ W/m}^2$ untuk orientasi rumah menghadap Utara dan $59,664 \text{ W/m}^2$ untuk orientasi rumah menghadap Selatan (lihat Tabel 4.4). Model Rumah 1 memiliki koefisien peneduh sistem fenestrasi atau teritisan dengan nilai 0,5 di bagian muka dan belakang rumah serta koefisien peneduh sistem fenestrasi dengan nilai 1 di sisi kiri dan kanan rumah. Artinya rumah tersebut dengan orientasi menghadap Utara maupun Selatan, sisi samping kiri dan kanan bangunan yang tidak memiliki teritisan akan terekspos total terhadap sinar matahari dari arah Barat dan Timur. Energi termal dari matahari masuk ke dalam bangunan melalui fenestrasi/bukaan tanpa ada yang menghalangi. Tingginya nilai OTTV pada rumah dengan material dinding bata merah dipengaruhi oleh nilai absorbtansi radiasi matahari (α) bata merah yang lebih tinggi dibandingkan dengan material lainnya yaitu 0,89. Model Rumah 1 memiliki warna cat dinding abu-abu dengan nilai α 0,88 sehingga nilai α total adalah 0,885.

Nilai OTTV paling rendah adalah Model Rumah 4 dengan material dinding beton ringan aerasi dengan nilai $37,136 \text{ W/m}^2$ untuk orientasi rumah menghadap Utara dan $37,127 \text{ W/m}^2$ untuk orientasi rumah menghadap Selatan (lihat Tabel 4.5). Model Rumah 4 memiliki koefisien peneduh sistem fenestrasi atau teritisan yang sama di setiap sisi rumah yaitu 0,5. Artinya rumah tersebut

memiliki teritisan yang menaungi fenestrasi/bukaan di setiap sisinya. Pada saat matahari berada pada posisi yang tinggi, keberadaan teritisan menghalangi masuknya energi termal matahari melalui bukaan. Nilai OTTV yang rendah pada rumah dengan material dinding beton ringan aerasi dipengaruhi oleh nilai α beton ringan yang lebih rendah dibandingkan dengan material lainnya yaitu 0,87. Model Rumah 4 memiliki warna cat dinding putih dengan nilai α 0,3 sehingga nilai α total adalah 0,58. Selain itu bahan beton ringan aerasi memiliki nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya yang paling kecil diantara ketiga material yang diuji yaitu 1,684 W/m².

Model Rumah 1 dan 2 memiliki nilai OTTV yang lebih besar pada saat bangunan berorientasi ke Utara atau Selatan, dibandingkan dengan orientasi Timur atau Barat. Rentang perbedaannya berkisar antara 3 – 4 W/m². Model Rumah 3 dan 4 memiliki rentang perbedaan nilai OTTV < 1 W/m² antara 4 orientasi. Hal ini menunjukkan pengaruh yang ditimbulkan dari keberadaan teritisan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Secara umum kombinasi terbaik untuk mendapatkan nilai OTTV adalah Model Rumah 4, khususnya orientasi Utara maupun Selatan (lihat Gambar 4.4). Seperti yang telah dibahas sebelumnya, keberadaan teritisan yang menaungi bukaan di setiap sisi membantu untuk menahan perpindahan termal radiasi matahari melalui jendela. Selain itu warna putih dengan nilai penyerapan radiasi matahari yang rendah juga menahan perpindahan termal radiasi matahari melalui dinding. Secara umum material beton ringan aerasi menunjukkan performa yang paling baik dibandingkan bata merah dan batako.



Gambar 4.4. Grafik perbandingan OTTV material
(Sumber: Pengolahan data menggunakan Microsoft Excel 2007)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengolahan data mengenai OTTV, material dinding yang paling memenuhi kriteria konservasi energi dan faktor yang harus diperhatikan agar aspek tersebut tercapai dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Jenis material yang paling memenuhi nilai $OTTV \leq 45 \text{ W/m}^2$ adalah beton ringan aerasi dengan atap perisai atau memiliki koefisien peneduh sistem fenestrasi/teritisan. Untuk warna abu-abu dengan berbagai orientasi memiliki nilai dengan kisaran $42\text{-}43 \text{ W/m}^2$ sementara warna putih memiliki nilai dengan kisaran 37 W/m^2 . Nilai OTTV terkecil dicapai oleh beton ringan aerasi dengan cat putih. Hal ini dikarenakan warna putih memiliki nilai absorbtansi radiasi matahari (α) yang lebih kecil dibandingkan dengan warna abu-abu serta dipengaruhi oleh nilai transmitansi termal dinding beton ringan aerasi yang paling kecil.
- b. Faktor yang harus diperhatikan agar nilai OTTV tidak melebihi 45 W/m^2 (aspek arsitektural yang terkait fisika bangunan) adalah:

1. Pemilihan material dan warna dinding

Diupayakan untuk memilih bahan dan cat dengan absorbtansi radiasi matahari yang rendah agar penyerapan radiasi matahari oleh dinding rendah. Tabel nilai absorbtansi radiasi matahari yang tercantum dalam SNI 03-6389-2000 dapat digunakan sebagai acuan perencanaan.

2. Pemberian overstek/teritisan pada bukaan kaca

Hal ini bertujuan untuk menghalangi masuknya radiasi matahari melalui kaca bangunan yang akan meningkatkan nilai OTTV. Overstek tidak hanya berperan sebagai elemen peneduh dan pemanis saja, namun dapat menurunkan tingkat konsumsi energi rumah. Hal ini berarti biaya operasional (running cost) rumah tersebut menjadi lebih ringan dalam jangka waktu tertentu.

5.2. Saran

Nilai perpindahan termal selubung bangunan (OTTV) mempunyai beberapa variabel penentu yang signifikan, diantaranya adalah jenis material dinding dan peneduh sistem fenestrasi. Agar aspek konservasi energi dapat tercapai jenis material dinding yang direkomendasikan adalah yang nilai transmitansinya rendah. Pada penelitian ini dibuktikan bahwa keberadaan teritisan/overstek yang menaungi bukaan jendela mampu mereduksi nilai perpindahan termal secara signifikan. Dampak langsung dari pemilihan material dan konfigurasi bangunan yang memiliki $OTTV \leq 45 \text{ W/m}^2$ adalah bangunan tersebut mentransmisikan energi termal radiasi matahari yang rendah ke dalam bangunan, sehingga biaya operasional menjadi rendah. Konsekuensinya adalah investasi awal yang lebih besar.

Untuk bidang akademik disarankan untuk lebih banyak mengkaji selubung bangunan dalam kaitannya dengan konservasi energi ditengah tumbuhnya kesadaran masyarakat tentang masalah energi. Penelitian yang telah dilakukan ini dapat menjadi bahan rujukan untuk pengembangan penelitian mengenai konservasi energi melalui selubung bangunan.

Pemerintah sebagai pengambil kebijakan disarankan untuk membuat suatu pedoman tentang tata cara konservasi energi melalui selubung bangunan. Karena bila hal ini dapat diterapkan pada skala yang luas secara optimal pada bangunan perumahan maupun bangunan gedung, maka dampak yang paling signifikan adalah penghematan penggunaan bahan bakar fosil yang digunakan untuk pembangkit listrik. Untuk bidang industri penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengkaji ulang performa produknya. Kedepannya diharapkan lebih banyak mengembangkan produk yang lebih terjangkau bagi masyarakat luas agar dapat ikut berpartisipasi untuk konservasi energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ching, Francis D.K. (1995). *A Visual Dictionary of Architecture*. Van Nostrand Reinhold, USA
- Frick, Heinz., & Mulyani, Tri Hesti. (2006). *Arsitektur Ekologis*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Hyde, Richard. (2000). *Climate Responsive Design: A study of buildings in moderate and hot humid climates*. E&FN Spon, London
- Lechner, Norbert. (2007). *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay. (1973). *Manual of Tropical Housing and Building, Part 1 Climatic Design*. Longman Group Limited, London
- Lippsmeier, George. (1994). *Bangunan Tropis Edisi ke 2*. Terjemahan Syahmir Nasution, Penerbit Erlangga
- Olgay, Victor. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press, USA
- Soegijanto. (2000). *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung
- SNI 03-6389-2000. (2000). *Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Szokolay, S.V. (1980). *Environmental Science Hand Book for Architect and Builders*. The Construction Press Lancaster, London
- Watson, Donald. (1993). *The Energy Design Handbook*. American Institute of Architects, USA

http://en.wikipedia.org/wiki/Autoclaved_aerated_concrete

<http://en.wikipedia.org/wiki/Brick>

<http://oxforddictionaries.com/>

<http://pusatbahasa.kemdiknas.go.id/kbbi/>

<http://web.archive.org/web/20101104001651/http://www.hebel.co.nz/about/hebel%20history.php>

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/79195/brick-and-tile/76609/History-of-brickmaking>

<http://www.etymonline.com>

<http://www.kemenpera.go.id>

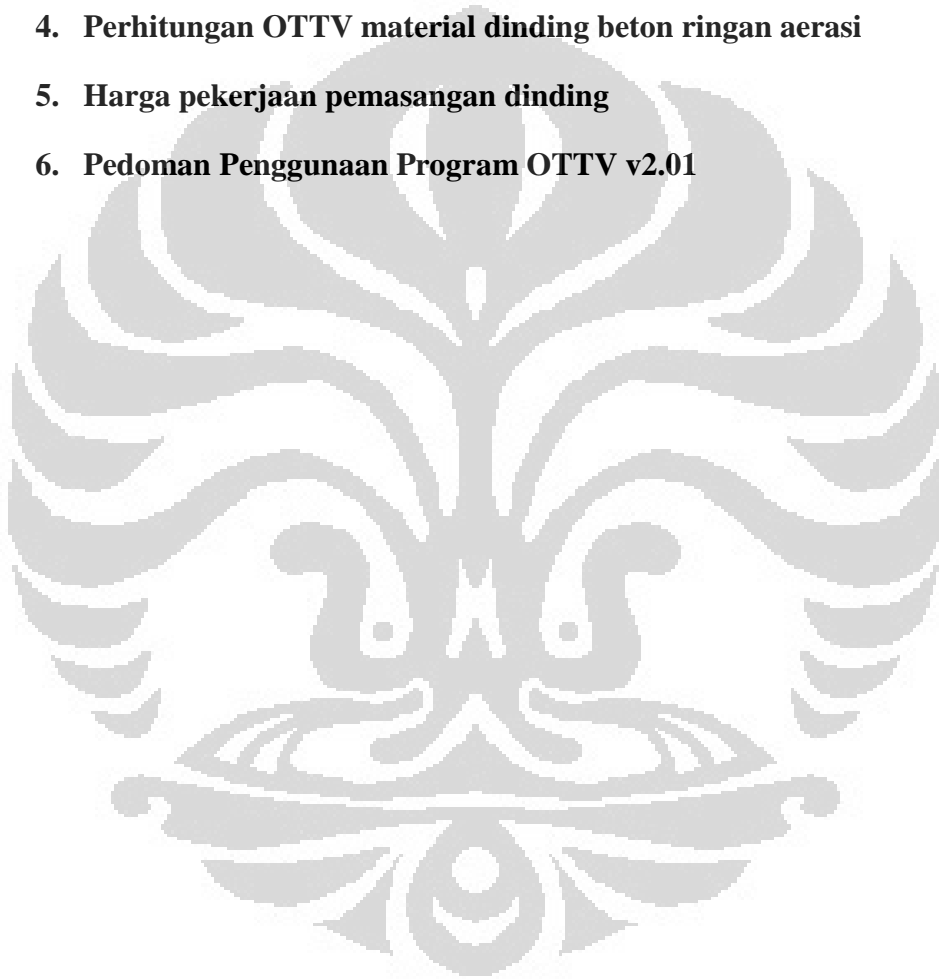
<http://www.madehow.com/Volume-3/Concrete-Block.html>

<http://www.ncma.org/resources/ConcreteMasonryUnits/Pages/default.aspx>



LAMPIRAN

1. **Tabel SNI 03-6389-2000**
2. **Perhitungan OTTV material dinding batako**
3. **Perhitungan OTTV material dinding bata**
4. **Perhitungan OTTV material dinding beton ringan aerasi**
5. **Harga pekerjaan pemasangan dinding**
6. **Pedoman Penggunaan Program OTTV v2.01**



1. Tabel SNI 03-6389-2000

Tabel 1. Nilai absorbtansi radiasi matahari (α) untuk dinding luar dan atap tak tembus cahaya

Bahan dinding luar	α
Beton berat ¹⁾	0,91
Bata merah	0,89
Bitumunous felt	0,88
Batu sabak	0,87
Beton ringan	0,86
Aspal jalan setapak	0,82
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekspos	0,61
Ubin putih	0,58
Bata kuning tua	0,56
Atap putih	0,50
Cat alumunium	0,40
Kerikil	0,29
Seng putih	0,26
Bata gelazur putih	0,25
Lembaran alumunium yang dikilapkan.	0,12

¹⁾ Untuk bangunan nuklir.

Tabel 2. Nilai absorbtansi radiasi matahari (α) untuk cat permukaan dinding luar

Cat permukaan dinding luar	α
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam	0,90
Coklat tua	0,88
Abu abu/biru tua	0,88
Biru/hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau	0,79
Hijau medium	0,59
Kuning medium	0,58
Hijau/biru medium	0,57
Hijau muda	0,47
Putih semi kilap	0,30
Putih kilap	0,25
Perak	0,25
Pernis putih	0,21

Tabel 3. Nilai k bahan bangunan

No	Bahan bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m.K)
1	Beton	2400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester,tahan terhadap cuaca		1,154
5	Plesteran pasir semen	1568	0,533
6	Kaca lembaran	2512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fibreglass	32	0,035
13	Paduan Alumunium	2672	211
14	Tembaga	8784	385
15	Baja	7840	47,6
16	Granit	2640	2,927
17	Marmmer/Batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298

Tabel 4. Nilai beda temperatur untuk dinding (TDeq)

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

Tabel 5. Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) untuk berbagai orientasi ¹⁾

Orientasi	U	TL	T	TGR	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	243	211

¹⁾ Berdasarkan data radiasi matahari di Jakarta.

2. Perhitungan OTTV material dinding batako

(1) Warna cat abu-abu, atap pelana (Model Rumah 1)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 44,326 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 39,557 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,27)](10)\} + [(1)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 55,788 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,247)](10)\} + [(1)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 85,581 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(44,326) + (14,4)(39,557) + (13,2)(55,788) + (14,4)(85,581)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 56,324 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 44,326 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 39,557 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,247)](10)\} + [(1)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 53,224 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(1)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 90,578 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(44,326) + (14,4)(39,557) + (14,4)(53,224) + (13,2)(90,578)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 56,205 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(1)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 60,648 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(1)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 49,52 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,725 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 60,654 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(13,2)(60,648) + (14,4)(49,52) + (14,4)(41,725) + (14,4)(60,654)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 52,978 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,247)](10)\} + [(1)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 57,67 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,27)](10)\} + [(1)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 51,738 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,725 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 60,654 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(57,67) + (13,2)(51,738) + (14,4)(41,725) + (14,4)(60,654)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 52,972 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

(2) Warna cat putih, atap pelana (Model Rumah 2)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,58[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 38,245 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,58[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 33,476 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,58[(2,95)(1-0,27)](10)\} + [(1)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 49,544 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(1)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 79,14 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(38,245) + (14,4)(33,476) + (13,2)(49,544) + (14,4)(79,14)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 50,113 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 38,245 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 33,476 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(1)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 46,783 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(1)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 84,914 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(38,245) + (14,4)(33,476) + (14,4)(46,783) + (13,2)(84,914)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 50,13 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(1)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \end{aligned}$$

$$= 54,404 \text{ W/m}^2$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(1)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 43,079 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 35,644 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 54,573 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned} &= [(13,2)(54.404) + (14,4)(43.079) + (14,4)(35,644) + (14,4)(54,573)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 46,766 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(1)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 51,229 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(1)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 45,494 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 35,644 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 54,573 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned}
&= [(14,4)(51,229) + (13,2)(45,494) + (14,4)(35,644) + (14,4)(54,573)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{46,761 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

(3) Warna cat abu-abu, atap perisai (Model Rumah 3)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 44,326 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 39,557 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,87[(2,95)(1-0,27)](10)\} + [(0,5)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
&= 40,668 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,87[(2,95)(1-0,247)](10)\} + [(0,5)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
&= 55,57 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\mathbf{OTTV = \Sigma(A_{oi} \times OTTV_i) / \Sigma a_{oi}}$$

$$\begin{aligned}
&= [(14,4)(44,326) + (14,4)(39,557) + (13,2)(40,668) + (14,4)(55,57)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{45,123 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 44,326 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 39,557 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(0,5)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 39,392 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(0,5)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 58,353 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(44,326) + (14,4)(39,557) + (14,4)(39,392) + (13,2)(58,353)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 45,132 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(0,5)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 43,095 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(0,5)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 37,54 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,725 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 60,654 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(13,2)(43,095) + (14,4)(37,54) + (14,4)(41,725) + (14,4)(60,654)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 45,81 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,247)](10)\} + [(0,5)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 41,615 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,27)](10)\} + [(0,5)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 38,643 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,725 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 60,654 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(41,615) + (13,2)(38,643) + (14,4)(41,725) + (14,4)(60,654)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 45,808 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

(4) Warna cat putih, atap perisai (Model Rumah 4)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,58[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 38,245 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,58[(2,95)(1-0,289)](10)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 33,476 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,58[(2,95)(1-0,27)](10)\} + [(0,5)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 34,424 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(0,5)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 49,129 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(38,245) + (14,4)(33,476) + (13,2)(34,424) + (14,4)(49,129)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 38,912 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 38,245 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 33,476 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(0,5)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 32,951 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(0,5)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 52,109 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(38,245) + (14,4)(33,476) + (14,4)(32,951) + (13,2)(52,109)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 38,92 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(0,5)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \end{aligned}$$

$$= 36,854 \text{ W/m}^2$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(0,5)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 30,699 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 35,644 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 54,573 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned} &= [(13,2)(36,854) + (14,4)(30,699) + (14,4)(35,644) + (14,4)(54,573)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{39,497 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,247)](10) \} + [(0,5)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 35,174 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,27)](10) \} + [(0,5)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 32,4 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 35,644 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

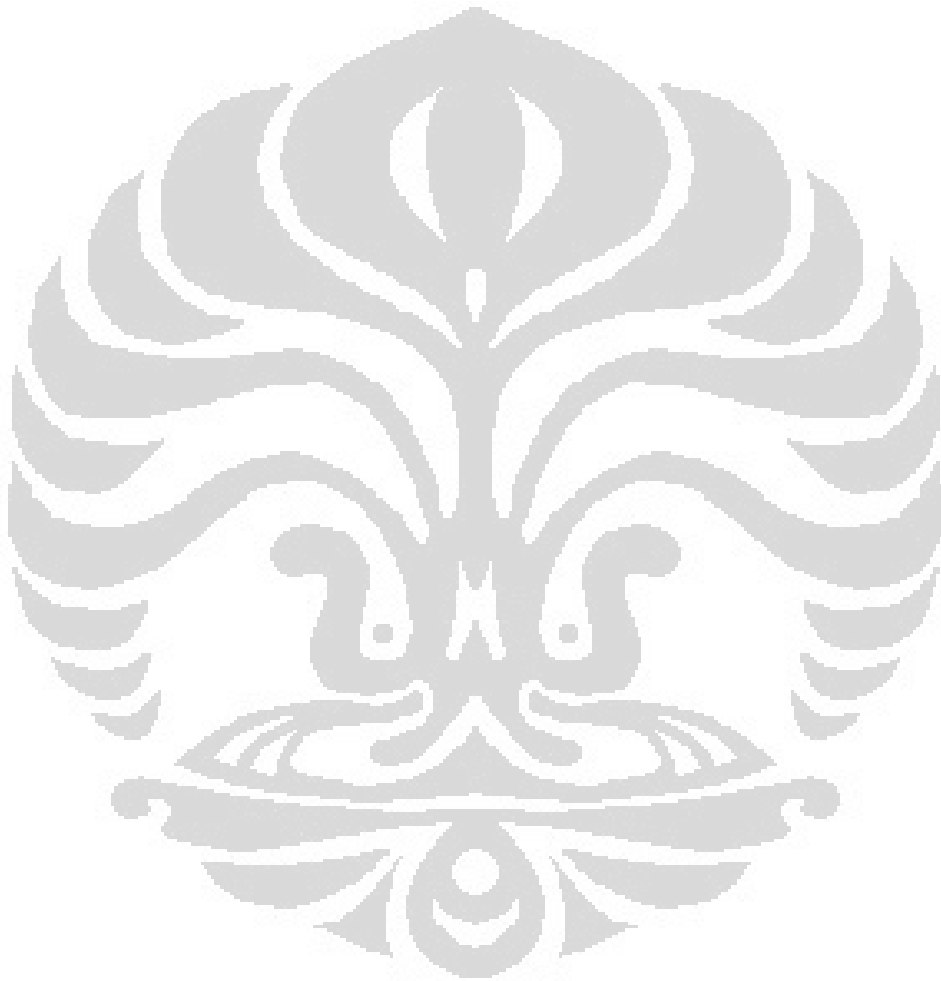
OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(2,95)(1-0,289)](10) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 54,573 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding batako plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(35,174) + (13,2)(32,4) + (14,4)(35,644) + (14,4)(54,573)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{39,598 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$



3. Perhitungan OTTV material dinding bata

(1) Warna cat abu-abu, atap pelana (Model Rumah 1)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 47,598 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 42,83 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,885[(2,849)(1-0,27)](12)\} + [(1)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 59,147 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,885[(2,849)(1-0,247)](12)\} + [(1)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 89,038 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(47,598) + (14,4)(42,83) + (13,2)(59,147) + (14,4)(89,038)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 59,664 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 47,598 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 42,83 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,885[(2,849)(1-0,247)](12)\} + [(1)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 56,681 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(1)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 94,517 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(47,598) + (14,4)(42,83) + (14,4)(56,681) + (13,2)(94,517)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 59,681 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(1)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 64,007 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(1)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 52,976 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 44,997 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 63,926 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(13,2)(64,007) + (14,4)(52,976) + (14,4)(44,997) + (14,4)(63,926)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 56,316 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(1)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 61,127 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(1)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 55,097 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 44,997 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 63,926 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(61,127) + (13,2)(55,097) + (14,4)(44,997) + (14,4)(63,926)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 56,312 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

(2) Warna cat putih, atap pelana (Model Rumah 2)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 40,548 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 35,779 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(1)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 51,908 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(1)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 81,573 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(40,548) + (14,4)(35,779) + (13,2)(51,908) + (14,4)(81,573)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 52,464 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 40,548 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 35,779 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(1)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 49,216 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(1)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 87,278 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(40,548) + (14,4)(35,779) + (14,4)(49,216) + (13,2)(87,278)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 52,48 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(1)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 56,768 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(1)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 45,512 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 37,947 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 56,876 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(13,2)(56,768) + (14,4)(45,512) + (14,4)(37,947) + (14,4)(56,876)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{49,116 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(1)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 53,662 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(1)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 47,858 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 37,947 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 56,876 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned}
&= [(14,4)(53,662) + (13,2)(47,858) + (14,4)(37,947) + (14,4)(56,876)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{49,112 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

(3) Warna cat abu-abu, atap perisai (Model Rumah 3)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 47,598 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 42,83 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,885[(2,849)(1-0,27)](12)\} + [(0,5)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
&= 44,027 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,885[(2,849)(1-0,247)](12)\} + [(0,5)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
&= 59,027 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned}
&= [(14,4)(47,598) + (14,4)(42,83) + (13,2)(44,027) + (14,4)(59,027)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{48,463 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 47,598 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
&= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 42,83 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(0,5)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 42,849 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(0,5)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 61,712 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(47,598) + (14,4)(42,83) + (14,4)(42,849) + (13,2)(61,712)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 48,471 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(0,5)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 46,457 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(0,5)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 40,997 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 44,997 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,885[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 63,926 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$= [(13,2)(46,457) + (14,4)(40,997) + (14,4)(44,997) + (14,4)(63,926)] / [3(14,4) + 13,2]$$

$$= \mathbf{49,15 \text{ W/m}^2}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

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

$$= \{0,885[(2,849)(1-0,247)](12)\} + [(0,5)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)]$$

$$= 45,072 \text{ W/m}^2$$

OTTV dinding selatan

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

$$= \{0,885[(2,849)(1-0,27)](12)\} + [(0,5)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)]$$

$$= 42,002 \text{ W/m}^2$$

OTTV dinding timur

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

$$= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)]$$

$$= 44,997 \text{ W/m}^2$$

OTTV dinding barat

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

$$= \{0,885[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)]$$

$$= 63,926 \text{ W/m}^2$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\mathbf{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times OTTV_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$= [(14,4)(45,072) + (13,2)(42,002) + (14,4)(44,997) + (14,4)(63,926)] / [3(14,4) + 13,2]$$

$$= \mathbf{49,148 \text{ W/m}^2}$$

(4) Warna cat putih, atap perisai (Model Rumah 4)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

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

$$= \{0,595[(2,849)(1-0,289)](12) + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)]\}$$

$$= 40,548 \text{ W/m}^2$$

OTTV dinding selatan

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

$$= \{0,595[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)]$$

$$= 35,779 \text{ W/m}^2$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(0,5)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 36,788 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(0,5)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 51,562 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi} \\ &= [(14,4)(40,548) + (14,4)(35,779) + (13,2)(36,788) + (14,4)(51,562)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{41,263 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 40,548 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,289)](12) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 35,779 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,247)](12) \} + [(0,5)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 35,384 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,595[(2,849)(1-0,27)](12) \} + [(0,5)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 54,473 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi} \\ &= [(14,4)(40,548) + (14,4)(35,779) + (14,4)(35,384) + (13,2)(54,473)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{41,271 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,27)](12)\} + [(0,5)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
 &= 39,218 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,247)](12)\} + [(0,5)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
 &= 33,132 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 37,947 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 56,876 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi}$$

$$\begin{aligned}
 &= [(13,2)(39,218) + (14,4)(33,132) + (14,4)(37,947) + (14,4)(56,876)] / \\
 &\quad [3(14,4) + 13,2] \\
 &= 41,848 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,247)](12)\} + [(0,5)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
 &= 37,607 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,27)](12)\} + [(0,5)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
 &= 34,763 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 37,947 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
 &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{0,595[(2,849)(1-0,289)](12)\} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 56,876 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding bata plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi} \\ &= [(14,4)(37,607) + (13,2)(34,763) + (14,4)(37,947) + (14,4)(56,876)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{41,948 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

4. Perhitungan OTTV material dinding beton ringan aerasi

(1) Warna cat abu-abu, atap pelana (Model Rumah 1)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

$$\begin{aligned} \text{OTTV dinding utara} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(1,684)(1-0,289)](15)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,703 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OTTV dinding selatan} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(1,684)(1-0,289)](15)\} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 36,934 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OTTV dinding timur} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(1,684)(1-0,27)](15)\} + [(1)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 53,095 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OTTV dinding barat} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(1,684)(1-0,247)](15)\} + [(1)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 82,805 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi} \\ &= [(14,4)(41,703) + (14,4)(36,934) + (13,2)(53,095) + (14,4)(82,805)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{53,646 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

$$\begin{aligned} \text{OTTV dinding utara} &= \{\alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq})\} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{0,87[(1,684)(1-0,289)](15)\} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,703 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 36,934 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(1)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 50,448 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(1)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 88,465 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(41,703) + (14,4)(36,934) + (14,4)(50,448) + (13,2)(88,465)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 53,662 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(1)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 57,955 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(1)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 46,744 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 39,102 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 58,031 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\begin{aligned}
\text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi} \\
&= [(13,2)(57,955) + (14,4)(46,744) + (14,4)(39,102) + (14,4)(58,031)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{50,3 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

$$\begin{aligned}
\text{OTTV dinding utara} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(1)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
&= 54,894 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{OTTV dinding selatan} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(1)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
&= 49,045 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{OTTV dinding timur} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 39,102 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{OTTV dinding barat} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 58,031 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap pelana dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\begin{aligned}
\text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi} \\
&= [(14,4)(54,894) + (13,2)(49,045) + (14,4)(39,102) + (14,4)(58,031)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{50,294 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

(2) Warna cat putih, atap pelana (Model Rumah 2)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

$$\begin{aligned}
\text{OTTV dinding utara} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 36,5 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{OTTV dinding selatan} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 31,727 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(1)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 47,749 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(1)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 77,29 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(36,5) + (14,4)(31,727) + (13,2)(47,749) + (14,4)(77,29)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 48,329 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 36,5 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 31,727 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(1)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 44,933 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(1)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 83,119 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(A_{oi} \times \text{OTTV}_i) / \Sigma a_{oi} \\ &= [(14,4)(36,5) + (14,4)(31,727) + (14,4)(44,933) + (13,2)(83,119)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 48,345 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(1)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
 &= 52,609 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(1)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
 &= 41,229 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 33,895 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 52,824 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

OTTV = $\Sigma(A_{oi} \times OTTV_i) / \Sigma a_{oi}$

$$\begin{aligned}
 &= [(13,2)(52,609) + (14,4)(41,229) + (14,4)(33,895) + (14,4)(52,824)] / \\
 &\quad [3(14,4) + 13,2] \\
 &= \mathbf{44,98 \text{ W/m}^2}
 \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(1)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
 &= 49,379 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(1)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
 &= 43,699 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 33,895 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)]
 \end{aligned}$$

$$= 52,824 \text{ W/m}^2$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap pelana dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi} \\ &= [(14,4)(49,379) + (13,2)(43,699) + (14,4)(33,895) + (14,4)(52,824)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{44,976 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

(3) Warna cat abu-abu, atap perisai (Model Rumah 3)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,703 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 36,934 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(0,5)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 37,975 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 52,794 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi} \\ &= [(14,4)(41,703) + (14,4)(36,934) + (13,2)(37,975) + (14,4)(52,794)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= \mathbf{42,445 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 41,703 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 36,934 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 36,616 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(0,5)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 55,66 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(41,703) + (14,4)(36,934) + (14,4)(36,616) + (13,2)(55,66)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 42,453 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(0,5)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 40,405 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 34,764 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 39,102 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 58,031 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

$$\begin{aligned}
\text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi} \\
&= [(13,2)(40,405) + (14,4)(34,764) + (14,4)(39,102) + (14,4)(58,031)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{43,132 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
&= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
&= 38,839 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
&= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,27)](12) \} + [(0,5)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
&= 35,95 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
&= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 39,102 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
&= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,87[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 58,031 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat abu-abu, atap perisai dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\begin{aligned}
\text{OTTV} &= \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma\text{aoi} \\
&= [(14,4)(38,839) + (13,2)(35,95) + (14,4)(39,102) + (14,4)(58,031)] / \\
&\quad [3(14,4) + 13,2] \\
&= \mathbf{43,13 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

(4) Warna cat putih, atap perisai (Model Rumah 4)

a. Orientasi bangunan arah selatan:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
&= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 36,5 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
&= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
&= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
&= 31,727 \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(0,5)(0,27)(112)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 32,629 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(243)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 47,279 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah selatan adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(36,5) + (14,4)(31,727) + (13,2)(32,629) + (14,4)(47,279)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 37,127 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b. Orientasi bangunan arah utara:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(130)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 36,5 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(97)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\ &= 31,727 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(112)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\ &= 31,101 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned} &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\ &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(0,5)(0,27)(243)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\ &= 50,314 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah utara adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$\begin{aligned} &= [(14,4)(36,5) + (14,4)(31,727) + (14,4)(31,101) + (13,2)(50,314)] / \\ &\quad [3(14,4) + 13,2] \\ &= 37,136 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

c. Orientasi bangunan arah timur:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(0,5)(0,27)(130)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
 &= 35,059 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(97)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
 &= 28,849 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 33,895 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 52,824 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah timur adalah:

OTTV = $\Sigma(A_{oi} \times OTTV_i) / \Sigma a_{oi}$

$$\begin{aligned}
 &= [(13,2)(35,059) + (14,4)(28,849) + (14,4)(33,895) + (14,4)(52,824)] / \\
 &\quad [3(14,4) + 13,2] \\
 &= \mathbf{37,712 \text{ W/m}^2}
 \end{aligned}$$

d. Orientasi bangunan arah barat:

OTTV dinding utara

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,247)](15) \} + [(0,5)(0,247)(130)] + [(5,05)(0,247)(5)] \\
 &= 33,324 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding selatan

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,27)](15) \} + [(0,5)(0,27)(97)] + [(5,05)(0,27)(5)] \\
 &= 30,604 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding timur

$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(112)] + [(5,05)(0,289)(5)] \\
 &= 33,895 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV dinding barat

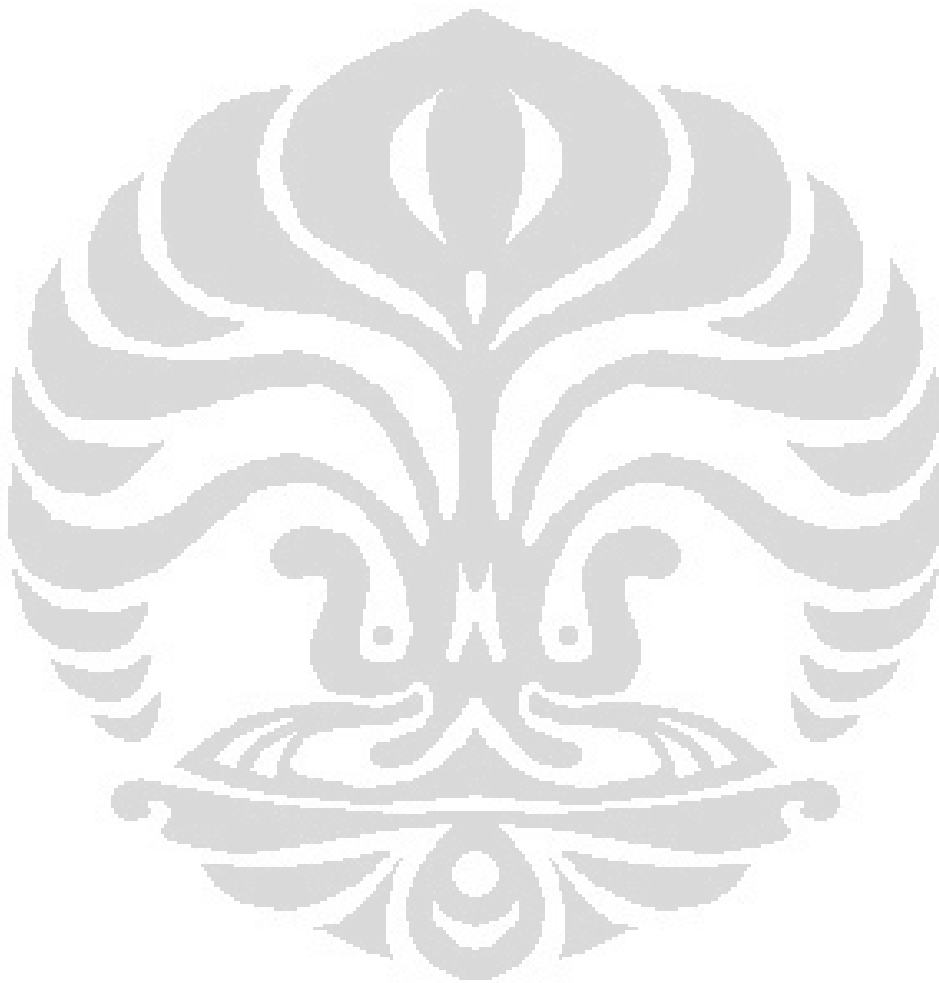
$$\begin{aligned}
 &= \{ \alpha[(U_w)(1-WWR)](T_{Deq}) \} + [(SC)(WWR)(SF)] + [(U_f)(WWR)(\Delta T)] \\
 &= \{ 0,58[(1,684)(1-0,289)](15) \} + [(0,5)(0,289)(243)] + [(5,05)(0,289)(5)]
 \end{aligned}$$

$$= 52,824 \text{ W/m}^2$$

Maka total nilai OTTV untuk bangunan rumah tunggal dengan dinding beton ringan aerasi plester, warna cat putih, atap perisai dengan orientasi bangunan arah barat adalah:

$$\text{OTTV} = \Sigma(\text{Aoi} \times \text{OTTVi}) / \Sigma \text{aoi}$$

$$= [(14,4)(33,324) + (13,2)(30,604) + (14,4)(33,895) + (14,4)(52,824)] / [3(14,4) + 13,2]$$
$$= 37,812 \text{ W/m}^2$$



5. Harga pekerjaan pemasangan dinding

Badan Standardisasi Nasional telah menetapkan Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan dinding untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan melalui SNI 6897:2008. Dalam SNI ini memuat pedoman mengenai penetapan indeks harga satuan pekerjaan dinding bata merah dengan berbagai ketebalan dan spesi, pekerjaan dinding hollow block dengan berbagai dimensi dan spesi, dan pekerjaan pemasangan terawang (roster) atau bata berongga.

Untuk memasang 1 m² dinding bata merah ukuran (5 x 11 x 22) cm tebal ½ bata, campuran spesi 1 PC : 5 PP, indeks harga satuan pekerjaan dinding adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Indeks harga satuan pekerjaan dinding bata

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Bata merah	Buah	70,000
	PC	Kg	9,680
	PP	m ³	0,045
Tenaga kerja	Pekerja	OH	0,300
	Tukang batu	OH	0,100
	Kepala tukang	OH	0,010
	Mandor	OH	0,015

Untuk memasang 1 m² dinding HB/CB 10, campuran spesi 1 PC : 4 PP, indeks harga satuan pekerjaan dinding adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Indeks harga satuan pekerjaan dinding HB/CB 10

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Bata merah	Buah	70,000
	PC	Kg	9,680
	PP	m ³	0,045
	Besi angkur $\phi = 8\text{mm}$	kg	0,280
Tenaga kerja	Pekerja	OH	0,300
	Tukang batu	OH	0,100
	Kepala tukang	OH	0,010
	Mandor	OH	0,015

Pada kenyataannya di lapangan harga satuan pekerjaan untuk pemasangan dinding tidak berlaku mutlak. Artinya masih bisa menyesuaikan, perhitungan harga masih dapat ditekan lebih jauh. Contohnya perhitungan pekerjaan pemasangan dinding menurut kontraktor PT. AGREGAT WASTU ADHIKARI. Harga yang tertera adalah harga untuk wilayah Jakarta.

Tabel 8. Harga satuan pekerjaan pemasangan dinding bata menurut SNI

No.	Macam Pekerjaan			Upah Tukang (Rp)	Biaya Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Volume	Sat.	Uraian			
Pasangan Dinding Bata Merah 1/2 batu (1 m2)						
1	70.0000	bh	bata merah	@ Rp. 400.00	28,000.00	
	9.6800	kg	Semen PC	@ Rp. 1,170.00	11,325.60	
	0.0450	m ³	Pasir pasang	@ Rp. 200,000.00	9,000.00	
	0.1000	org	Tukang batu	@ Rp. 95,617.00	9,561.70	
	0.0100	org	Kepala tukang	@ Rp. 110,850.00	1,108.50	
	0.3000	org	Pekerja/ Kenek	@ Rp. 81,750.00	24,525.00	
	0.1500	org	Mandor	@ Rp. 124,500.00	18,675.00	
			JUMLAH		53,870.20	102,195.80
			DIBULATKAN		53,870.00	102,195.00

Tabel 9. Harga satuan pekerjaan pemasangan dinding bata menurut kontraktor

No.	Macam Pekerjaan			Upah Tukang (Rp)	Biaya Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Volume	Sat.	Uraian			
Pasangan Dinding Bata Merah 1/2 batu (1 m2)						
1	75.0000	bh	bata merah	@ Rp. 400.00	30,000.00	
	9.6800	kg	Semen PC	@ Rp. 1,170.00	11,325.60	
	0.0450	m ³	Pasir pasang	@ Rp. 200,000.00	9,000.00	
	0.1667	org	Tukang batu	@ Rp. 75,000.00	12,502.50	
	0.0277	org	Kepala tukang	@ Rp. 85,000.00	2,354.50	
	0.1667	org	Pekerja/ Kenek	@ Rp. 60,000.00	10,002.00	
	0.0277	org	Mandor	@ Rp. 100,000.00	2,770.00	
			JUMLAH		50,325.60	77,954.60
			DIBULATKAN		27,629.00	77,954.00

Tabel 10. Harga satuan pekerjaan pemasangan dinding batako menurut SNI

No.	Macam Pekerjaan			Upah Tukang (Rp)	Biaya Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Volume	Sat.	Uraian			
Pasangan Dinding Batako (1 m2)						
2	16.5000	bh	Batako *	@ Rp. 1,650.00	27,225.00	
	12.1300	kg	Semen PC	@ Rp. 1,170.00	14,192.10	
	0.0388	m ³	Pasir pasang	@ Rp. 200,000.00	7,760.00	
	0.2800	kg	Besi beton angkur diameter= 8mm	@ Rp. 8,800.00	2,464.00	
	0.1000	org	Tukang batu	@ Rp. 95,617.00	9,561.70	
	0.0100	org	Kepala tukang	@ Rp. 110,850.00	1,108.50	
	0.3000	org	Pekerja/ Kenek	@ Rp. 81,750.00	24,525.00	
	0.1500	org	Mandor	@ Rp. 124,500.00	18,675.00	
			JUMLAH		53,870.20	105,511.30
			DIBULATKAN		53,870.00	105,511.00

Tabel 11. Harga satuan pekerjaan pemasangan dinding batako menurut kontraktor

No.	Macam Pekerjaan			Upah Tukang (Rp)	Biaya Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)	
	Volume	Sat.	Uraian				Harga Satuan
Pasangan Dinding Batako (1 m2)							
2	16.5000	bh	Batako *	@ Rp. 1,650.00	27,225.00		
	6.8300	kg	Semen Pasang	@ Rp. 1,170.00	7,991.10		
	0.0250	m ³	Pasir pasang	@ Rp. 200,000.00	5,000.00		
	0.2800	kg	Besi beton angkur diameter= 8mm	@ Rp. 8,800.00	2,464.00		
	0.1250	org	Tukang batu	@ Rp. 75,000.00	9,375.00		
	0.0208	org	Kepala tukang	@ Rp. 85,000.00	1,768.00		
	0.1250	org	Pekerja/ Kenek	@ Rp. 60,000.00	7,500.00		
	0.0208	org	Mandor	@ Rp. 100,000.00	2,080.00		
			JUMLAH		20,723.00	63,403.10	
			DIBULATKAN		20,723.00	42,680.00	63,403.00

Tabel 12. Harga satuan pekerjaan pemasangan dinding beton ringan aerasi menurut SNI

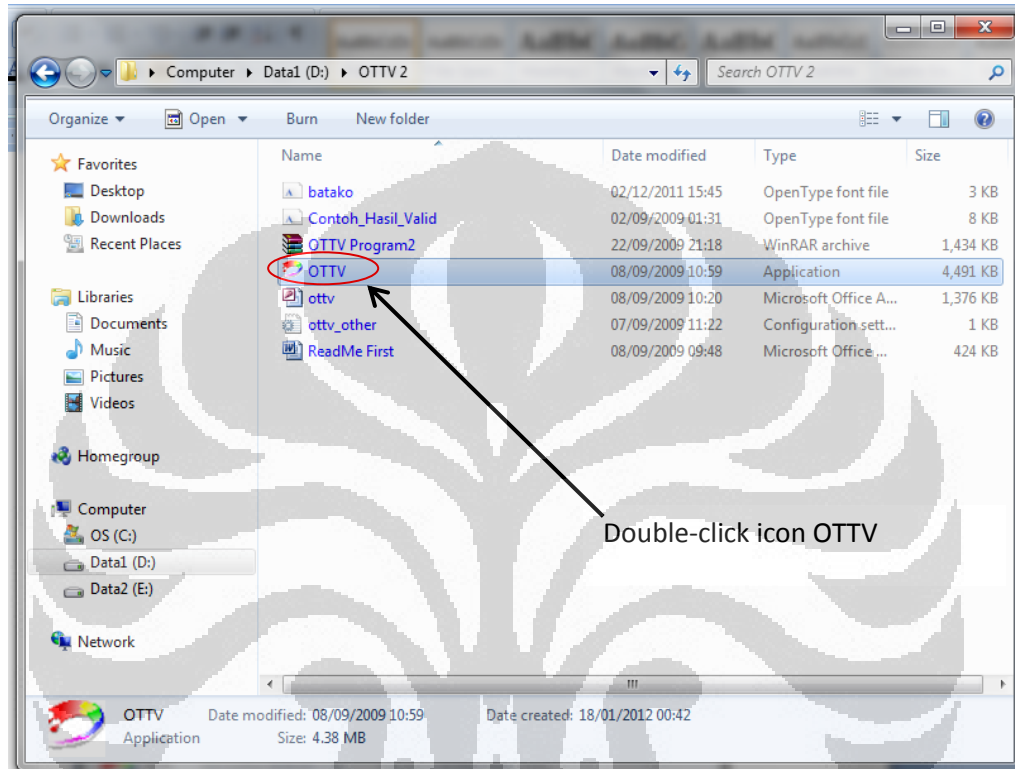
No.	Macam Pekerjaan			Upah Tukang (Rp)	Biaya Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)	
	Volume	Sat.	Uraian				Harga Satuan
Pasangan Dinding Bata Beton Ringan Aerasi (1 m2)							
3	8.5000	bh	Bata Beton Ringan Aerasi Str.Hebel **	@ Rp. 7,657.66	65,090.09		
	12.1300	kg	Semen PC	@ Rp. 1,170.00	14,192.10		
	0.0388	m ³	Pasir pasang	@ Rp. 200,000.00	7,760.00		
	0.2800	kg	Besi beton angkur diameter= 8mm	@ Rp. 8,800.00	2,464.00		
	0.1000	org	Tukang batu	@ Rp. 95,617.00	9,561.70		
	0.0100	org	Kepala tukang	@ Rp. 110,850.00	1,108.50		
	0.3000	org	Pekerja/ Kenek	@ Rp. 81,750.00	24,525.00		
	0.1500	org	Mandor	@ Rp. 124,500.00	18,675.00		
			JUMLAH		53,870.20	143,376.39	
			DIBULATKAN		53,870.00	89,506.00	143,376.00

Tabel 13. Harga satuan pekerjaan pemasangan dinding beton ringan aerasi menurut kontraktor

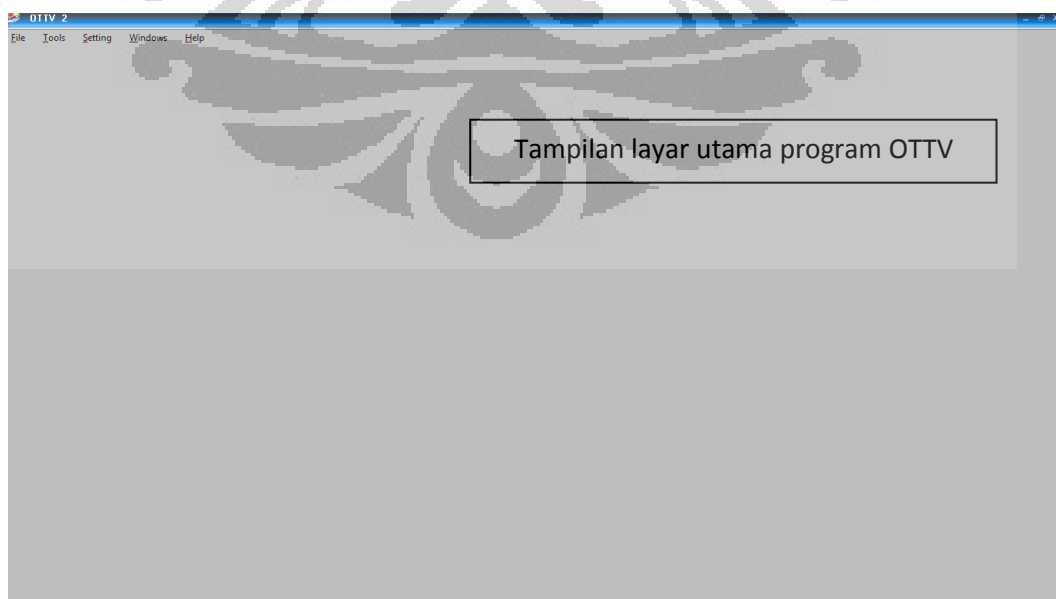
No.	Macam Pekerjaan			Upah Tukang (Rp)	Biaya Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)	
	Volume	Sat.	Uraian				Harga Satuan
Pasangan Dinding Bata Beton Ringan Aerasi (1 m2)							
3	8.5000	bh	Bata Beton Ringan Aerasi Str.Hebel **	@ Rp. 7,657.66	65,090.09		
	6.8300	kg	Semen Pasang	@ Rp. 1,170.00	7,991.10		
	0.0250	m ³	Pasir pasang	@ Rp. 200,000.00	5,000.00		
	0.2800	kg	Besi beton angkur diameter= 8mm	@ Rp. 8,800.00	2,464.00		
	0.1250	org	Tukang batu	@ Rp. 75,000.00	9,375.00		
	0.0208	org	Kepala tukang	@ Rp. 85,000.00	1,768.00		
	0.1250	org	Pekerja/ Kenek	@ Rp. 60,000.00	7,500.00		
	0.0208	org	Mandor	@ Rp. 100,000.00	2,080.00		
			JUMLAH		20,723.00	101,268.19	
			DIBULATKAN		20,723.00	80,545.00	101,268.00

6. Pedoman Penggunaan Program OTTV v2.01

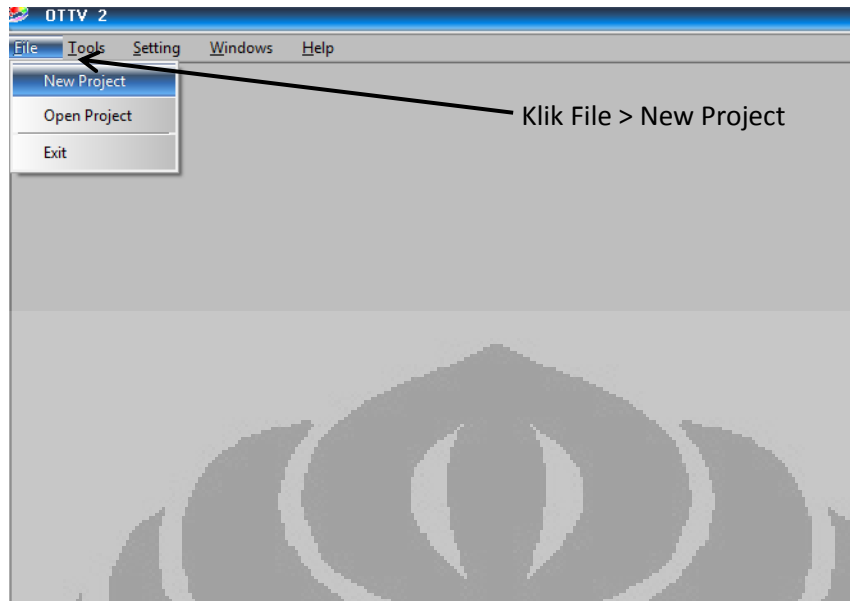
Program ini cukup ringan dan tidak perlu melakukan tahapan instalasi yang rumit. Untuk menggunakan program ini cukup double-click icon OTTV dalam folder dimana program ini disimpan, dalam hal ini penulis menyimpannya dalam D:\OTTV 2.



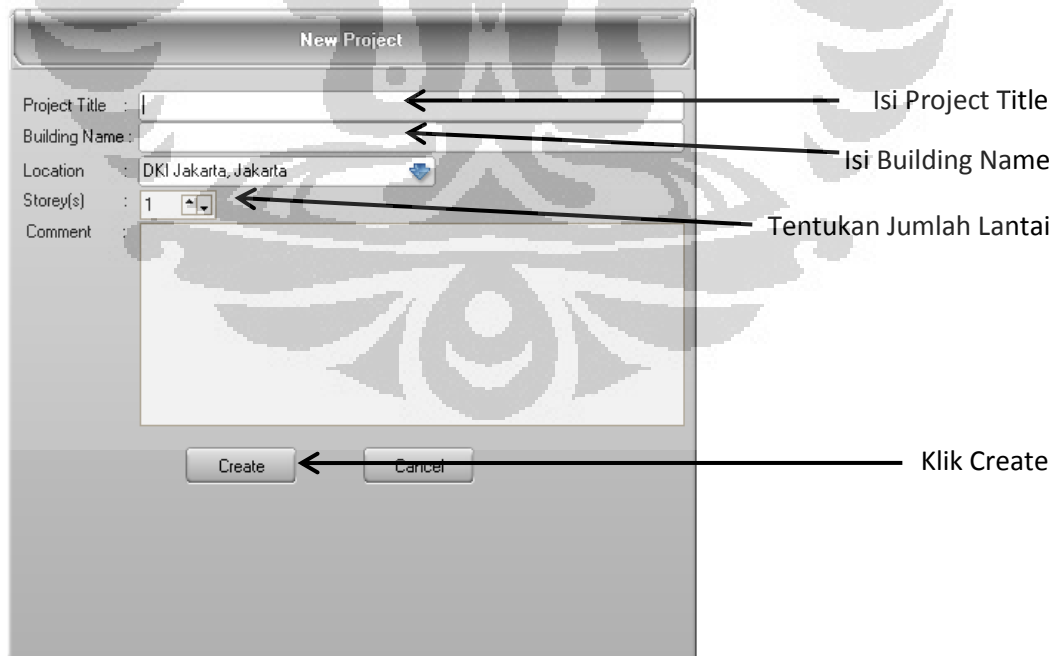
Setelah icon OTTV diklik dua kali akan muncul layar utama program OTTV.



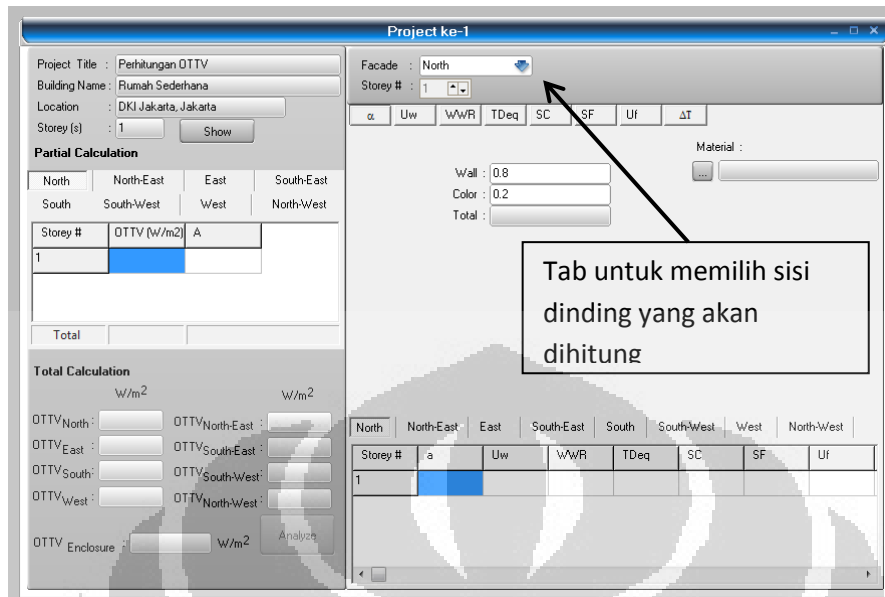
Langkah berikutnya adalah klik File > New Project



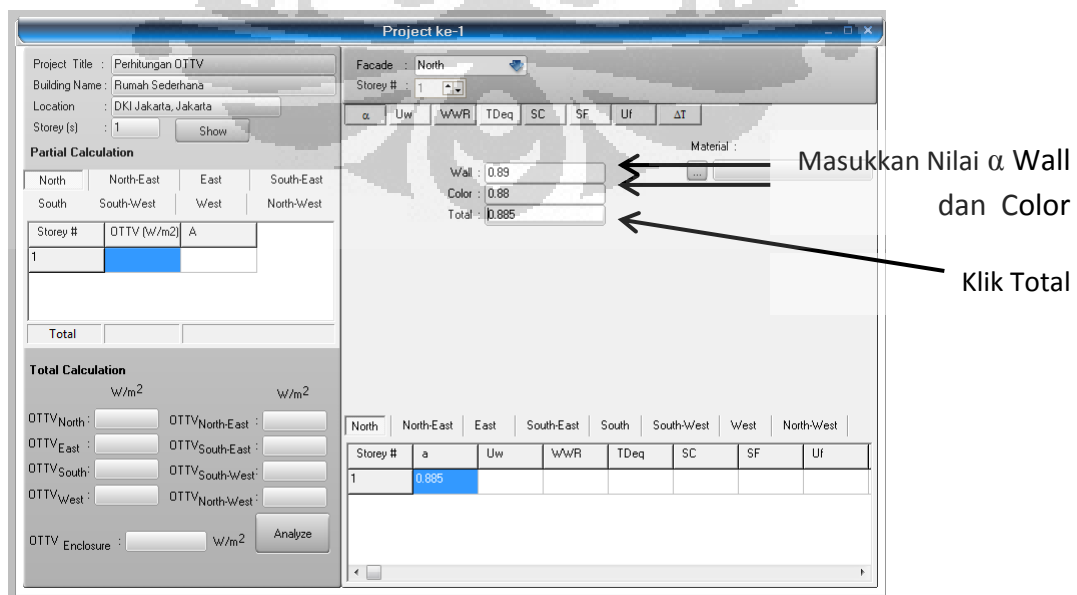
Setelah itu akan muncul dialog box New Project. Pada Project Title diisikan judul proyek yang hendak dikerjakan dan pada Building Name diisikan nama bangunan proyek tersebut. Location dalam program ini baru tercantum DKI Jakarta, untuk lokasi lain belum tersedia dalam program ini. Storey(s) ditentukan berdasarkan berapa lantai bangunan objek yang akan dihitung nilainya. Comment tidak wajib diisi. Setelah itu klik Create.



Window yang akan muncul setelah tombol Create diklik adalah sebagai berikut:

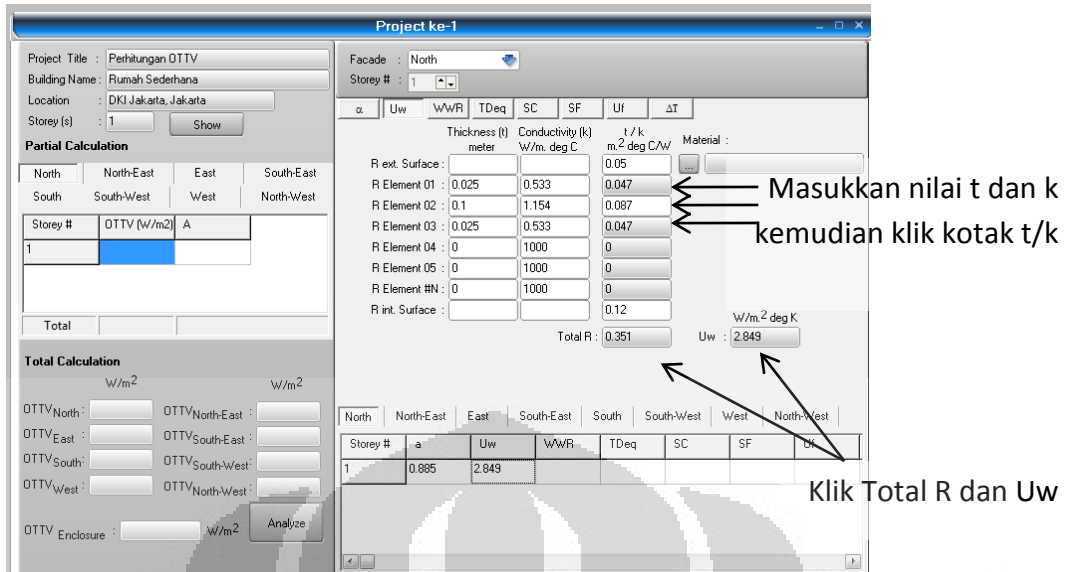


1. Ini adalah tampilan yang muncul secara default. Dalam tab Facade tertera North, ini berarti perhitungan akan dilakukan untuk dinding sisi utara. Jika fasade bangunan berorientasi ke selatan berarti bagian belakang bangunan yang menjadi perhatian dalam perhitungan ini. Klik tab Facade dan pilih sesuai sisi dinding yang akan dihitung. Perhitungan kali ini akan mencontohkan rumah sederhana yang digunakan dalam penelitian.
2. Urutan pertama dalam perhitungan ini adalah memasukkan nilai absorptansi radiasi matahari yang tercantum dalam tabel nilai α di SNI 03-6389-2000.



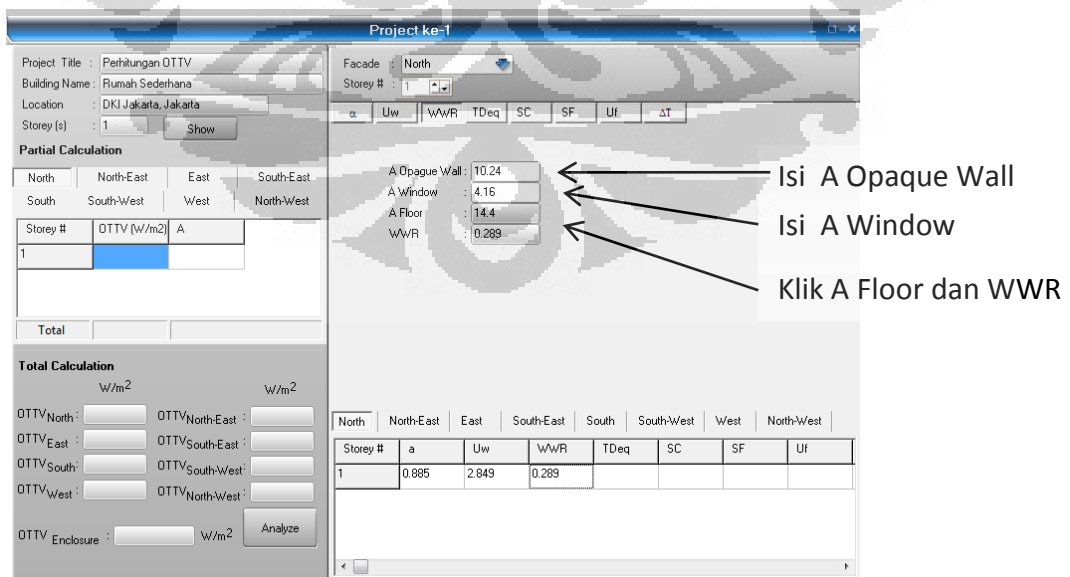
Untuk material bata merah dimasukkan nilai 0.89 pada kotak Wall. Kemudian untuk warna abu-abu masukkan nilai 0.88 pada kotak Color. Setelah itu klik kotak Total maka akan muncul hasil perhitungan α .

- Langkah selanjutnya adalah perhitungan transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w). Klik tab U_w untuk memulainya.
- Nilai thickness (t) dan conductivity (k) R ext. Surface dan R int. Surface dibiarkan kosong. Nilai t/k R ext. Surface 0.05 dan R int. Surface 0.12 dibiarkan default seperti adanya.
- Untuk perhitungan-perhitungan berikutnya jika kotak tersebut kosong diisikan nilai default tadi.
- Yang perlu diperhatikan berikutnya adalah R Element 01 dan seterusnya. Pengisian nilai-nilai ini diurutkan dari eksterior ke interior. Dan kotak yang diisi tergantung dalam penampang dinding itu ada berapa jenis material.
- Sebagai contoh disini adalah dinding bata plester. Maka yang diisikan adalah tebal plesteran pertama dalam satuan meter, kemudian nilai k plesteran yang terdapat pada tabel nilai k .
- Setelah itu klik kotak t/k disamping kanan maka akan muncul hasil perhitungan. Langkah yang sama diulangi untuk material berikutnya yaitu bata dan kemudian plesteran.
- Setelah semua material dalam penampang dimasukkan nilainya, sisa kotak R Element yang ada diisikan nilai $t=0$ dan $k=1000$ untuk mendapat hasil $t/k=0$.
- Setelah itu klik kotak Total R maka hasil perhitungan nilai R_{total} akan muncul dan kemudian klik kotak U_w untuk memunculkan hasil perhitungan nilai U_w .

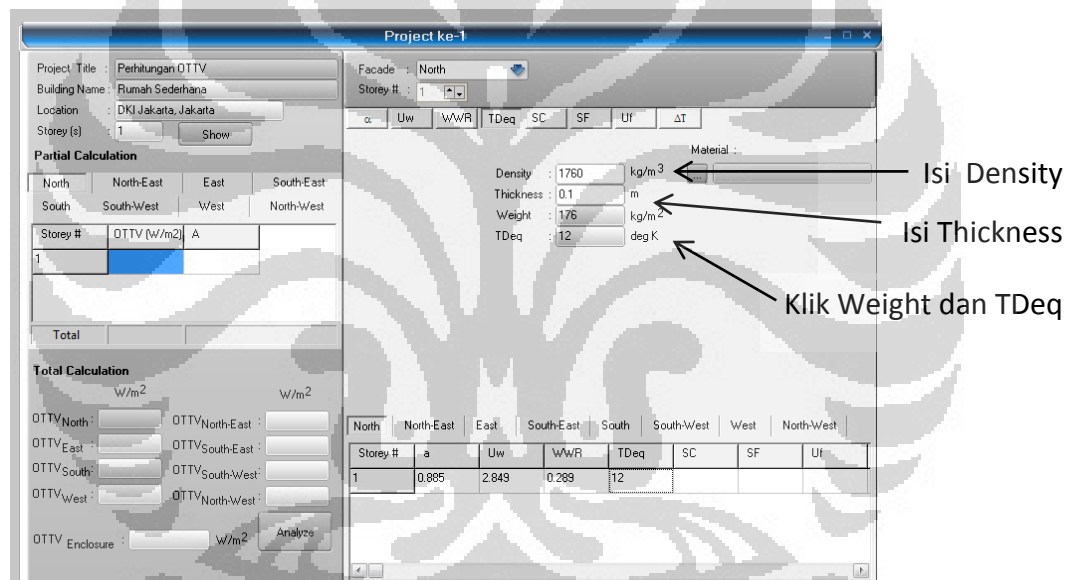


3. Langkah selanjutnya adalah perhitungan rasio bukaan dengan dinding atau Window Wall Ratio (WWR). Klik tab WWR untuk melanjutkan.

- Pada kotak A Opaque Wall diisikan luas permukaan dinding tak tembus cahaya pada sisi yang dihitung. Kemudian pada kotak A Window diisikan luas bukaan jendela yang ada di sisi yang dihitung.
- Setelah itu klik A Floor untuk memunculkan hasil kalkulasi total luas bidang sisi yang dihitung dan klik kotak WWR untuk memunculkan hasil kalkulasi WWR.

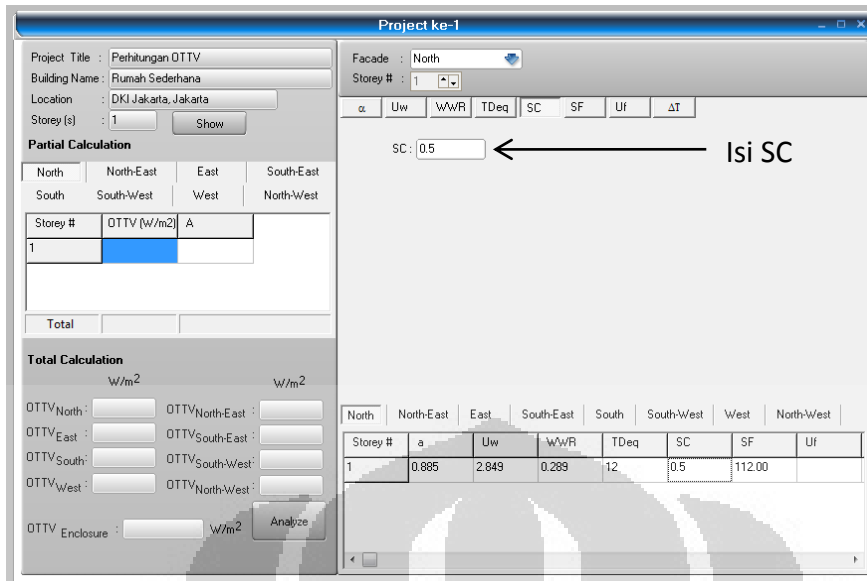


4. Langkah selanjutnya adalah perhitungan beda temperatur ekuivalen (TDeq). Klik tab TDeq untuk melanjutkan.
 - Pada kotak Density isikan nilai bahan yang paling dominan ketebalannya dalam penampang dinding yang dihitung. Dalam kasus ini bata dengan ketebalan 10cm merupakan penampang paling dominan. Nilai Density bahan bisa dilihat dalam tabel SNI 03-6389-2000.
 - Kemudian isikan ketebalan material dominan tersebut ke dalam kotak Thickness.
 - Setelah itu klik kotak Weight untuk memunculkan hasil perhitungan berat jenis material.
 - Klik kotak TDeq untuk memunculkan nilai TDeq



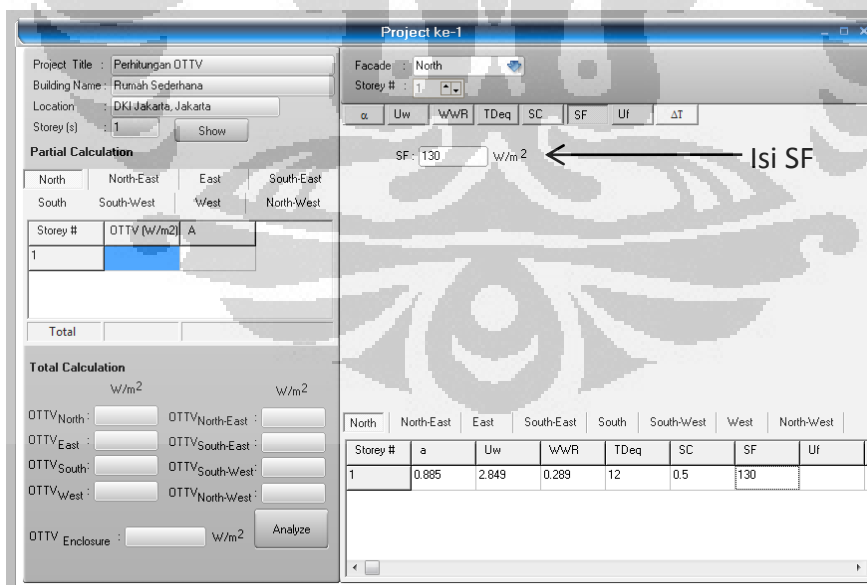
Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai koefisien peneduh sistem fenestrasi/shading coefficient (SC). Klik tab SC untuk melanjutkan.

- Nilai SC ditentukan oleh keberadaan overstek/teritisan. Untuk bukaan yang memiliki teritisan yang tidak terlalu panjang nilai yang dimasukkan adalah 0,5. Jika tidak ada teritisan atau terekspos total terhadap matahari nilai yang dimasukkan adalah 1. Jika teritisan panjang sehingga membuat bukaan tidak terekspos langsung terhadap sinar matahari atau terteduh total nilai yang dimasukkan adalah 0.
- Dalam perhitungan ini objek kasus memiliki teritisan normal sehingga nilai yang harus dimasukkan adalah 0,5 ke dalam kotak SC.



5. Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai faktor radiasi matahari (SF). Klik tab SF untuk melanjutkan.

- Yang harus dimasukkan adalah nilai SF sesuai dengan sisi dinding yang dihitung. Karena sekarang sedang dilakukan perhitungan untuk dinding utara maka nilai SF utara yang dimasukkan ke dalam kotak SF. Nilai-nilai SF bisa dilihat dalam tabel SNI 03-6389-2000.



6. Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai transmitansi termal sistem fenestrasi/bukaan (Uf). Klik tab Uf untuk melanjutkan.

- Langkah-langkah dalam mengisi nilai Uf sama dengan Uw.

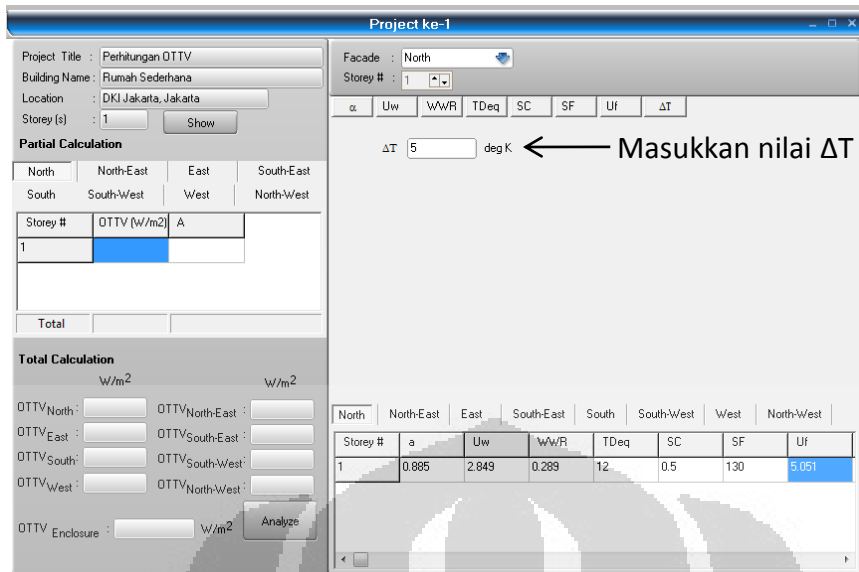
- Nilai thickness (t) dan conductivity (k) R ext. Surface dan R int. Surface dibiarkan kosong. Nilai t/k R ext. Surface 0.05 dan R int. Surface 0.12 dibiarkan default seperti adanya.
- Untuk perhitungan-perhitungan berikutnya jika kotak tersebut kosong diisikan nilai default tadi.
- Kotak t diisi dengan nilai ketebalan kaca dalam satuan meter. Kemudian masukkan nilai k kaca yang terdapat dalam tabel nilai k. Setelah itu klik kotak t/k di sebelah kanan untuk memunculkan hasil kalkulasi t/k.
- Setelah semua material dalam penampang dimasukkan nilainya, sisa kotak R Element yang ada diisikan nilai $t=0$ dan $k=1000$ untuk mendapat hasil $t/k=0$.
- Setelah itu klik kotak Total R maka hasil perhitungan nilai Rtotal akan muncul dan kemudian klik kotak Uf untuk memunculkan hasil perhitungan nilai Uf.

The screenshot shows the 'Project ke-1' software interface. The 'Partial Calculation' section displays a table of material properties:

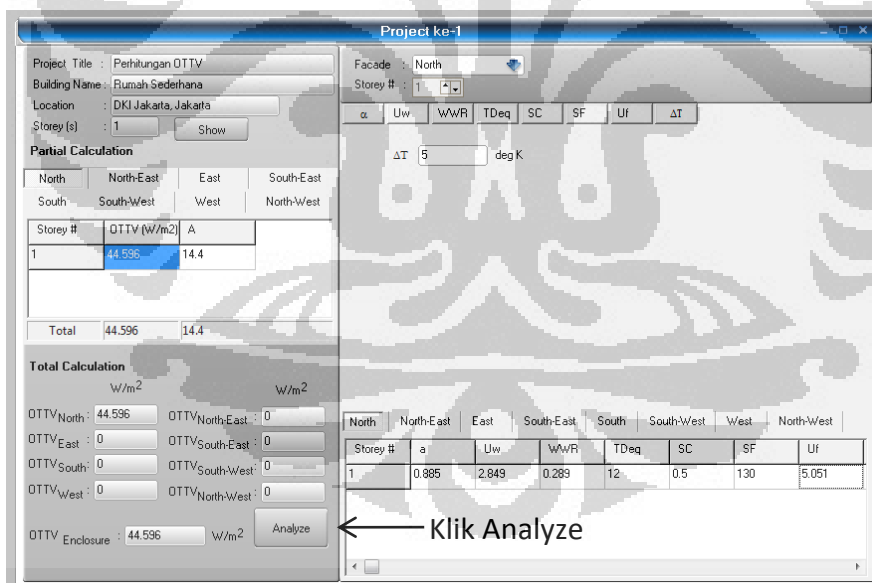
	Thickness (t) meter	Conductivity (k) W/m. deg C	t/k m ² .deg CAW	Material
R ext. Surface:			0.05	
R Element 01:	0.03	1.053	0.028	
R Element 02:	0	1000	0	
R Element 03:	0	1000	0	
R Element #N:	0	1000	0	
R int. Surface:			0.12	

Below the table, the 'Total R' is calculated as 0.198 and 'Uf' is 5.051 W/m² deg K. Annotations with arrows point to the 't/k' input field and the 'Total R' and 'Uf' output fields.

7. Langkah berikutnya adalah memasukkan nilai ΔT . Klik tab ΔT untuk melanjutkan.
- ΔT merupakan konstanta tetap yang ditentukan dalam rumus OTTV. Maka dimasukkan nilai 5 dalam kotak ΔT .



- Setelah selesai mengisi variabel-variabel yang diperlukan, langkah berikutnya adalah analisa nilai OTTV. Klik tombol Analyze dalam kolom Total calculation maka akan muncul hasil perhitungan OTTV dinding yang dihitung dan nilai total OTTV.



- Setelah perhitungan untuk dinding sisi Utara selesai langkah berikutnya adalah melanjutkan perhitungan untuk dinding-dinding berikutnya. Urutan langkah-langkahnya sesuai dengan yang telah dipaparkan sebelumnya (nomor 1-8).