

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian terkait digunakan sebagai bahan perbandingan untuk menghindari manipulasi terhadap sebuah karya ilmiah dan menguatkan bahwa penelitian yang penulis lakukan benar-benar belum pernah diteliti oleh orang lain. Peneliti terdahulu yang relevan dengan analisis konservasi energi melalui selubung bangunan dapat dilihat mengenai.

“Analisis *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)* Pada Gedung Magister Manajemen Universitas Gadjah Mada Dengan Hubungan Kebutuhan Energi Bangunan” penelitian ini bertujuan Memperoleh nilai *OTTV* selubung bangunan Magister Manajemen Universitas Gadjah Mada. Peneliti menggunakan metode simulasi dengan perangkat lunak untuk pemodelan bangunan dan simulasi sistem energi, perangkat lunak yang digunakan adalah *EnergyPlus* 8.3. version. Adapun hasil yang diperoleh Berdasarkan perhitungan *OTTV* yang merujuk SNI 03-6389-2000 dengan asumsi-asumsi yang diberikan serta pendekatan kondisi sebenarnya, nilai *OTTV* pada Gedung Magister Manajemen UGM sebesar $28,581 \text{ W/m}^2$ [4].

“Analisis Kinerja Selubung Bangunan Dengan Mengacu Pada Nilai *OTTV* (Studi Kasus: Hotel Novotel Yogyakarta, Indonesia)” tujuan dari penelitian yang ditulis adalah Memperoleh perkiraan nilai *OTTV* selubung bangunan Hotel Novotel dan Mengidentifikasi apakah bangunan tersebut telah memenuhi standar nilai *OTTV* SNI. Dalam penelitian tersebut peneliti mengabaikan Keadaan lingkungan sekitar bangunan, mulai dari vegetasi maupun gedung-gedung bertingkat. Penelitian ini hanya membahas mengenai perolehan nilai *OTTV* pada zona ruangan yang dipilih dan memiliki selubung bangunan cukup besar berupa kaca, yaitu lantai satu hotel Fokus penelitian hanya pada bagaimana kinerja selubung bangunan dengan perhitungan nilai *OTTV* dan apakah *OTTV* hotel tersebut telah memenuhi SNI tanpa rekomendasi upaya penghematan konsumsi energi melalui pengondisian udara. Hasil yang diperoleh Berdasarkan simulasi dengan asumsi-asumsi yang diberikan dan dengan pendekatan kondisi sebenarnya, nilai *OTTV* bangunan Hotel Novotel pada lantai satu adalah $24,69 \text{ W/m}^2$ [6].

”Analisis Dan Visualisasi Overall Thermal Transfer Value (OTTV) Pada Selubung Bangunan Gedung L4 Perpustakaan Pusat UGM” tujuan dari penelitian ini adalah Melakukan perhitungan nilai OTTV pada gedung L4 Perpustakaan Pusat UGM dan mengidentifikasi kesesuaiannya terhadap SNI 6389:2000. Penelitian dilakukan dengan cara melakukan pendekatan analitik dan simulasi menggunakan *software* COMSOL *ultiphysics*. Perhitungan OTTV akan didasarkan dari persamaan-persamaan yang tercantum dalam dokumen SNI 6389:2000. Hasil perhitungan digunakan untuk mengidentifikasi kesesuaian nilai OTTV bangunan dengan SNI 6389:2000, simulasi yang menghasilkan nilai dan visualisasi perpindahan panas bangunan akan digunakan sebagai data pembanding dengan hasil pendekatan analitik. Berdasarkan perhitungan OTTV total, terdapat ruangan dalam gedung L4 Perpustakaan Pusat UGM yang masih belum memenuhi SNI 6389:2011. Ruang tersebut adalah ruang baca lantai 2 dengan OTTV total tertinggi = $51,21 \text{ W/m}^2$ dan ruang baca lantai 3 dengan OTTV total tertinggi = $50,51 \text{ W/m}^2$. Karena hasil yang belum memenuhi standar, maka perlu dilakukan penyesuaian [7].

Berdasarkan penelitian terkait diatas didapatkan bahwa, penelitian terdahulu hanya membahas sebatas analisa yang menggunakan perangkat lunak sebagai alat simulasi tanpa melakukan pengukuran pada objek yang telah ditentukan. Data yang diperoleh dalam simulasi merupakan data global yang terdapat pada wilayah tertentu sesuai dengan kordinat yang telah ditentukan bukan merupakan data spesifik pada objek penelitian. Penelitian terkait diatas juga mengabaikan warna cat dan vegetasi pada lingkungan sekitar yang dapat menghambat merambatnya sinar matahari masuk kedalam ruangan. Maka dalam tugas akhir ini peneliti mengembangkan pembahasan dengan cara pengambilan data langsung pada objek dengan menggunakan alat ukur untuk dapat mengetahui data yang diperlukan pada objek yang diteliti tanpa mengabaikan vegetasi dan warna cat. selain itu peneliti juga menganalisa ventilasi udara dan *air conditioner* (AC) dalam ruangan yang menyebabkan kurangnya kenyamanan *thermal*. Metode yang dilakukan oleh peneliti dengan cara observasi pengukuran langsung pada selubung bangunan, ventilasi dan *air conditioner* yang mempengaruhi kinerja pengondisian udara dalam ruangan dengan tujuan mendapatkan peluang konservasi energi melalui selubung bangunan, ventilasi dan pendingin ruangan.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Estimasi Panas

Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Permukaan Bumi penting untuk di ketahui Matahari dengan suhu permukaannya sebesar 6.000 K, radiasinya mempunyai kisaran panjang gelombang antara 0.3-0.4 m [8]. Tahun 2016 berdasarkan data *National Oceanic and Atmospheric Agency* (NOAA) adalah tahun terpanas sepanjang pencatatan sepanjang 137 tahun, menggantikan posisi tahun 2015, walaupun tanpa efek El Nino. Suhu rata-rata permukaan bumi adalah sekitar 0,45 hingga 0,56 derajat Celsius di atas suhu rata-rata bumi pada periode 1981-2010 [11]. salah satu kota yang terletak tak jauh dengan garis khatulistiwa adalah pekanbaru dengan demikian pekanbaru menapati proporsi panas yang lebih dibanding dengan kota yang posisinya jauh dari garis katulistiwa. Pekanbaru juga merupakan daerah yang termasuk dalam dataran rendah yang cenderung lebih panas dengan daerah yang berada pada dataran tinggi. Pekanbaru adalah Ibukota Provinsi Riau, terletak antara 101° 14' – 101°34' Bujur Timur dan 0°25' - 0°45' Lintang Utara. Kota Pekanbaru pada umumnya beriklim tropis dengan suhu udara maksimum berkisar antara 34,1° C- 35,6° C dan suhu minimum antara 20,2° C – 23,0° C [9]. Puncak cuaca panas tertinggi di pekanbaru berada pada bulan juli, agustus dan September Suhu cuaca berada diantara 35-36 derajat celcius saat matahari berada di atas ekuator [10].

2.2.2. Selubung Bangunan

Selubung bangunan adalah elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi *thermal* berpindah melalui elemen tersebut [12]. Upaya penghematan energi dengan cara pengelolaan selubung bangunan gedung adalah upaya yang melibatkan semua pihak yang terkait dalam perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengelolaan bangunan gedung [13]. Indonesia melalui Badan Setandar Nasional (BSN) telah menerbitkan setandar yang dijadikan rujukan untuk menghemat pemakaian energi melalui selubung bangunan yaitu itu SNI 03- 6389- 2000, beberapa cara untuk menghemat energi melalui selubung bangunan dengan cara meminimalkan perpindahan panas yang dihasilkan dari sisi luar bangunan pada dinding beberapa diantaranya Memasang alat peneduh (*shading*) pada jendela luar untuk meminimalkan radiasi matahari,

Penggunaan kaca gelas berlapis ganda untuk kaca jendela, atau melapisi dengan kaca film. Kaca gelas umumnya bukanlah material penahan panas yang baik, sehingga perpindahan panas cukup signifikan terjadi melalui kaca gelas jendela. Meminimalkan perpindahan panas melalui kaca gelas jendela dapat dilakukan dengan menggunakan kaca gelas berlapis ganda (*multiple layer glass*). Kaca gelas berlapis ganda umumnya mempunyai 3 (tiga) lapis kaca gelas yang terpisah oleh udara atau gas inert/mulia.

Kaca gelas yang rendah emisi (*Low-E glass*) Kaca gelas yang rendah emisi adalah kaca gelas yang dilapisi beberapa lapisan logam (termasuk juga lapisan logam perak) atau lapisan campuran logam. Kaca jenis ini mempunyai kemampuan yang tinggi untuk meneruskan cahaya tampak dan memantulkan radiasi panas infra merah. Kaca gelas yang mampu memantulkan sinar matahari (*Reflective glass*) Kaca jenis ini mampu menyerap dan merefleksikan sebagian besar panas radiasi matahari dengan lebih efektif dibandingkan kaca gelas biasa. Penampilan kaca gelas seperti cermin. Untuk mengurangi panas dari sinar matahari Penggunaan tanaman pada dinding atap cukup berpengaruh sehingga kemampuan isolasi *thermal* dinding atap menjadi lebih baik, manfaat tanaman pada atap dapat memperpanjang usia pakai atap gedung, Meningkatkan kemampuan kedap suara, Mengurangi beban pendinginan, Mengurangi dan memperlambat aliran air hujan dan Menangkap polusi gas dan partikulat[13].

2.2.3. Ragam Material Pada Selubung/Fasade Bangunan

Fasade adalah elemen arsitektual terpenting untuk mengkomunasiikan fungsi dan tanda dari sebuah gedung. Asal kata dari fasade adalah “*façade*” berasal dari bahasa latin “*facies* yang sama dengan kata “*face*”[14].

Fasade bangunan merupakan selubung bangun yang sering terkena matahari setelah atap bangunan. Untuk iklim tropis lembab di Indonesia dan pengaruh kecepatan angin maka radiasi matahari merupakan factor utama yang akan dihadapi oleh fasade bangunan yang baik, *fasade* bangunan yang tembus cahaya maupun yang tidak. Beberapa fungsi dari fasade bangunan:

1. Fungsi pemikul beban di atasnya
2. Penutup atau pembatas ruangan, baik visual maupun akustik
3. Menghadapi alam luar maupun dalam:
 - a. Berupa radiasi sinar cahaya dan kalor dari matahari

Selain tranmitasi *thermal* dinding tak tembus cahaya, factor lain juga dimiliki oleh bahan *fenetrasi* atau kaca (U_f) [14].

$$U_f = 1 / \frac{(0,05 + \text{ketebalan kaca} + 0,12)}{\text{Nilai Konduktifitas (K)}} \quad (2.2)$$

Dimana:

U_f = nilai fenetrasi *thermal* dinding tembus cahaya

2.2.4.2. G-Value

Merupakan total transmisi energi matahari yang mengindikasikan persentasi radiasi matahari yang ditularkan melalui dinding *eksternal* tembus cahaya. Nilai ini adalah hasil produk dari transmisi radiasi dan *emissivity* panas dari panel kedalam ruangan. Nilai *G-value* dari kaca ganda (*double glazing*) dengan insulai adalah 60% dan 50% untuk *triple glazing* jika di tambah dengan *coating* pada kaca maka nilainya 40% lebih rendah dibandingkan hanya *daubel glazing* dengan *insulasi*.

2.2.4.3. Dimuinution factor

Mengindikasikan proporsi dari insiden radiasi melewati sistem *sun shading*. Nilai diantara 0-1. Nilai yang lebih rendah berefek pada nilai *diminution factor*, nilai ini bergantung pada pelaksanaan dan pengerjaan *angel* dari *sun shading*.

2.2.5. Ragam Material Dan Warna

Macam-macam material pelapis selubung bangunan rendah [14]

2.2.5.1. Cat

Cat adalah produk yang di gunakan utuk melindungi dan memberikan warna pada suatu objek atau permukaan dengan lapisan berpigmen. Cat banyak yang di gunakan hampir di semua objek dalam bangunan untuk seni atau untuk menjaga korosi dan kerusakan oleh air dan panas [14].

Kelebihan dari cat adalah kemudahan dalam pengaplikasiannya dibandingkan dengan materian lainnya. Cat pun mudah dari segi perawatan karna sudah banyak cat yang sedikit mengandung minyak dan mudah di bersikan apabila terkena noda. Macam-macam warna cat dapat dilihat pada lingkaran warna.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 1 lingkaran warna cat [14]

Masing-masing warna cat mempunyai nilai absorptansi matahari seperti pada table di bawah ini.

Tabel 2. 1 Nilai Absorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar [12]

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

2.2.5.2. Keramik dan granit

Keramik berasal dari bahasa Yunani “*keramikos*” yang artinya suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Kamus dan ensiklopedia tahun 1950-an mendefinisikan keramik sebagai suatu hasil seni dan teknologi untuk menghasilkan barang dari tanah liat yang dibakar seperti gerabah, genteng, porslin dan sebagainya. Definisi pengertian keramik terbaru mencakup semua bahan logam dan organik yang berbentuk padat [14]

Kelebihan keramik adalah daya tahannya yang cukup kuat terhadap gesekan, matahari dan cuaca. Mudah pula dalam perawatannya dan tahan terhadap kotoran. Kekurangannya sebaik apapun motif dan teksturnya tetap tidak bisa sama persis dengan batu alam atau kayu di karenakan pinggiran pada keramik yang tidak tercetak motif selain itu ketebalan keramik yang cenderung lebih tipis.

Nilai konduktivitas *thermal* keramik adalah 1.298 K (W/mK) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Nilai K bahan bangunan[12].

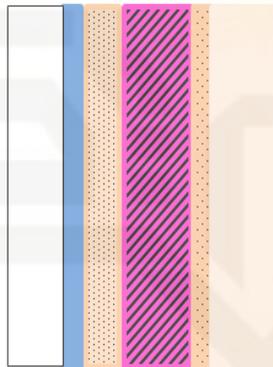
NO	Bahan bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m.K)
1	Beton	2.400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plaster	1.760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plaster, tahan terhadap cuaca.		1,154
5	Plasteran pasir-semen	1.568	0,533
6	Kaca lembaran	2.512	1,053
7	Papan <i>gypsum</i>	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	720	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	<i>Glasswool</i>	32	0,035
12	<i>Fibreglass</i>	32	0,035
16	Granit	2.640	2,927
17	Marmar/terazo/keramik/mozaik	2.640	1,298

2.2.5.3. Batu alam

Batu alam memiliki banyak jenis dan warna yang dapat diaplikasikan, tampilannya kokoh dan natural penempatannya dapat dibuat sekreatif mungkin akan tetapi memiliki kekurangan setiap 6-12 bulan sekali harus diberi lapisan pelindung agar warnanya tetap terjaga dan permukaannya tidak berlumut [36]. Nilai dari konduktivitas *thermal* dari batu alam dapat di lihat pada tabel di atas.

2.2.5.4. Kayu

Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa sifat yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain. Pemilihan dan penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian. Untuk lebih dalam mengenai material dapat dilihat pada gambar di bawah yang menjelaskan warna biru adalah material pelapis dapat berupa cat, keramik dan batu alam, kemudian warna orange bintik hitam adalah plasteran semen kemudian warna merah mudah gari-garis melintang adalah dinding utama yaitu batu bata dan dilapisi dengan plasteran semen yang di tunjukan pada gambar orange bintik-bintik hitam



Gambar 2. 2 Penampang material[14]

2.2.6. Mekanisme Transfer panas Terhadap Pada Selubung Bangunan

Perpindahan panas adalah proses perpindahan panas dari panas yang lebih tinggi kepanas yang lebih rendah, mekanisme transfer panas dapat melalui beberapa cara di antaranya konduksi, konveksi dan radiasi [22].

2.2.6.1. Konduksi

Perambatan Panas konduksi merupakan perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui kontak (sentuhan) melalui suatu

medium benda sebagai perantara, hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara dua titik. Hal ini dapat terjadi pada selubung bangunan karna adanya perbedaan temperatur diluar bangunan yang lebih tinggi dibanding dengan kondisi udara panas dalam ruangan yang lebih rendah[14].

2.2.6.2. Konveksi

Perambatan panas konveksi perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui aliran angin (atau zat alir lainnya) [22].

2.2.6.3. Radiasi

Perambatan panas radiasi perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas dengna cara pancaran. Faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Untuk bidang vertikal pada berbagai orientasi dapat dilihat pada table dibawah[14].

Tabel 2. 3 Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) untuk berbagai orientasi [12]

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

Keterangan:

Rata-rata untuk seluruh orientasi

SF = 147

U = utara

T = timur

TG = tenggara

TL = timur laut

S = selatan

BL = barat laut

B = barat

BD = barat daya

2.2.7. Perpindahan panas pada permukaan tembus cahaya

Perpindahan *thermal* pada permukaan tembus cahaya, seperti permukaan yang tranfaran sehingga Radiasi *thermal* terjadi melalui ruang vakum atau medium transparan. Energi ditransfer melalui foton dalam gelomba elektromagnetik. Permukaan tranfaran seperti kaca, tak hanya berfungsi sebagai keindahan, kaca yang dipasang pada bangunan-bangunan banyak yang telah memiliki kemampuan untuk mengatur sinar matahari yang masuk kedalam sebuah bangunan [15]. Berdasarkan teori, kaca dengan ketebalan dan jenis tertentu dapat mengurangi intensitas panas yang masuk.

Sifat ini digunakan oleh para arsitek untuk meredam panas yang masuk ke dalam ruangan. Jenis kaca yang banyak meneruskan sinar matahari untuk alasan biaya. Dengan mempertimbangkan kondisi wilayah, maka pemilihan kaca yang tepat memungkinkan sebuah gedung memperoleh efek penyinaran yang optimal. Penempatan jendela-jendela kaca pada sebuah gedung harusnya diperhitungkan secara serius. Hal ini sangat menentukan apakah sebuah gedung mendapatkan penyinaran optimal atau tidak. Jendela merupakan salah satu komponen penting yang harus diperhatikan sebagai sumber pencahayaan dalam mengatur suhu ruangan. Peran jendela juga sampai pada soal pemanasan suhu ruangan, proses pendinginan, dan pertukaran udara kedalam dan keluar ruangan. Lebih dari itu jendela juga dipandang sebagai sebuah aksesoris yang estetika [14].

Untuk permukaan yang tembus cahaya, radiasi matahari yang diteruskan oleh permukaan ini, misal jendela kaca atau fenestrasi, akan memberikan perolehan panas yang lebih besar. Pengurangan panas dari radiasi matahari melalui jendela yang dapat dilakukan oleh perencanaan bangunan adalah

1. Pemilihan orientasi bangunan dan orientasi jendela, serta ukuran jendela
2. Penggunaan kaca khusus
3. Penggunaan alat peneduh matahari

Sedangkan penggunaan tirai dan kere didalam ruangan tidak efektif karna radiasi matahari sudah terlanjur masuk kedalam ruangan. Radiasi yang diserapnya sebagian akan dipindahkan ke udara dengan cara konveksi dan sebagian lagi akan diradiasikan dalam bentuk radiasi gelombang panjang. Radiasi ini tidak dapat menembus kaca dan akan dipantulkan kedalam ruangan sehingga akan ikut memanaskan kondisi udara dalam ruangan.

2.2.8. Perpindahan Panas Pada Permukaan Yang Tidak Tembus Cahaya

Perpindahan panas pada material yang tak tembus cahaya terjadi pada perpindahan *thermal* secara konduksi. Konduksi merupakan dua titik dalam selubung bangunan yang memiliki perbedaan panas. Karena panas mengalir melalui jalur yang paling berlawanan, perpindahan panas dapat berkontribusi terhadap kinerja energi yang buruk. Untuk meminimalkan perpindahan panas ini diperlukan bahan material dan perancangan selubung bangunan yang baik. Dimana desain bangunan memiliki kapasitas terbatas untuk isolasi di beberapa daerah struktur. Daerah yang biasanya

paling sering kekurangan isolasi adalah sudut bangunan, dan daerah-daerah untuk keperluan pengguna seperti kotak listrik (*outlet* dan lampu), pipa, peralatan alarm kebakaran.

Tabel 2. 4 Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tak tembus cahaya[12].

No	Bahan dinding luar	α
1	Beton Berat ¹⁾	0,91
2	Bata Merah	0,89
3	Beton ringan	0,86
4	Kayu Permukaan Luas	0,78
5	Beton ekspos	0,61
6	Ubin Putih	0,58
7	Bata kunin tau	0,56
8	Atap Putih	0,50
9	Seng Putih	0,26
10	Beta gelazur putih	0,25
11	Lembaran aluminium yang dikilapkan	0,12

¹⁾ untuk bangunan nuklir

2.2.9. Kenyamanan *Thermal*

Kenyamanan *thermal* yang baik adalah sebuah kondisi *thermal* dengan sedikit usaha yang diperlukan badan usaha untuk menggangtur kondisi sekitar lingkungan [24]. Manusia adalah mahluk yang paling cerdas tetapi kehidupannya memiliki sentivitas yang tinggi terhadap fisik lingkungan buatan manusia memiliki efek pada produktifitas dan kenyamanan. Suatu bangunan harus memberikan kenyamanan lingkungan *thermal* untuk penggunanya[19] . Pada *united kingdom performance thermal* dari sebuah bahan bangunan secara langsung dipengaruhi oleh perubahan musim dan perubahan suhu yang ekterim. Perbedaan temperatur siang dan malam,kondisi langit, efek dari penyerapan udara, material dan orientasi pergerakan matahari pada lokasi [25].

Hal-hal tersebut di atas merupakan faktor kenyamanan *thermal*. Iklim suatu daerah mempengaruhi kenyamanan *thermal* dalam suatu bangunan [25]. Oleh karena itu tema tugas akhir yang saya ambil terletak di Indonesia pekanbaru khususnya maka iklim yang dipelajari adalah iklim yang lembab. Maka pembangunan didaerah tropis lembab adalah selalu mengusahakan aliran udara yang mudah menembus seluruh ruangan akan tetapi harus memperhatikan bangunan yang baik bagi lingkungan dan pengguna bangunan.

Kondisi ideal yang harus dibuat untuk menciptakan bangunan nyaman secara *thermal* adalah teritis atap (*overhang*) yang cukup lebar, selubung bangunan atap dan dinding berwarna mudah yang dapat memantulkan cahaya, terjadi pentilasi silang, bidang –bidang atap dan dinding mendapat bayangan yang cukup baik, penyinaran langsung dari matahari dihalangi dari panas dan silau menggunakan *solar shading device* [30].

Daerah kenyamanan untuk pengkondisian udara untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi tiga kategori sebagaimana berikut [16].

1. Sejuk nyaman, (20,50C ~ 22,80C)
2. Nyaman optimal, (22,80C ~ 25,80C)
3. Hangat nyaman, (25,80C ~ 27,10C)

Pada kebanyakan kasus ruangan pada gedung yang memiliki AC (*air conditioner*) cenderung memiliki suhu yang lebih dingin dari suhu yang dibutuhkan oleh pengguna ruangan. Oleh karena itu terdapat dua kerugian pada saat suhu yang dikeluarkan AC lebih dingin dari kebutuhan pengguna ruangan. Pertama yaitu suhu yang terlalu dingin akan mengganggu aktifitas dan kenyamanan pengguna ruangan, yang kedua AC dipaksa bekerja keras untuk mendinginkan ruangan sehingga akan membutuhkan penggunaan energi listrik yang lebih besar.

Untuk mengantisipasi hal ini pemerintah telah menetapkan standar dan peraturan tentang kenyamanan penggunaan suhu ruangan. Standar suhu udara yang baik pada suatu ruangan yang telah ditetapkan berkisar antara 18°C sampai 26°C dengan kelembaban 40% sampai 60% [17]. Sedangkan suhu dan kelembaban relatif telah ditetapkan dalam standar indonesia untuk bangunan yang menggunakan pendingin ruangan, dapat dilihat pada tabel dibawah [18].

Tabel 2. 5 Suhu Ruangan [18]

Ruangan	Suhu	Kelembaban
Ruang kerja	24°C sampai 27°C	Antara 55% sampai 65%
Lobby dan koridor	27°C sampai 30°C	Antara 50% sampai 70%.

Berdasarkan tingkat kenyamanan dalam ruangan menurut standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan gedung menurut iklim dapat dilihat pada tabel dibawah ini [18]. Pada tabel tersebut untuk Indonesia batas nyaman yang diberikan berkisar antara 20,5⁰C-24,5⁰C. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik ruang kerja memiliki suhu berkisar antara 24°C sampai 27°C dengan kelembaban relative antara 55% sampai 65% sedangkan pada ruangan lobby dan koridor adalah 27°C sampai 30°C dengan kelembaban 50% sampai 80%.

Tabel 2. 6 Standar Suhu Menurut Iklim [18]

Pengarang	Tempat	Kelompok manusia	Batas kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30 ⁰)	Peneliti	20,5 ⁰ C-24,5 ⁰ C TE
Rao	Calcutta (22 ⁰ LU)	India	20,5 ⁰ C-24,5 ⁰ C TE
Webb	Singapura Khatulistiwa	Malaysia Cina	20,5 ⁰ C-24,5 ⁰ C TE
Mom	Jakarta (6 ⁰ LS)	Indonesia	20,5 ⁰ C-24,5 ⁰ C TE
Ellis	Singapura Khatulistiwa	Eropa	20,5 ⁰ C-24,5 ⁰ C TE

Untuk mengetahui berapa PK yang dibutuhkan dalam suatu ruangan dapat digunakan persamaan berikut:

$$PK = \frac{P \times L \times T}{3} \times 700 \quad (2.3)$$

Dimana:

- PK = Jumlah pendinginan yang dibutuhkan (BTU/h)
- P = Panjang Ruangan (m)
- L = Lebar ruangan (m)
- T = Tinggi Ruangan (m)
- 700 = Standar panas dalam ruangan (m²).

Untuk mempermudah hubungan antara PK dengan BTU/h berikut adalah konversi dari system daya AC yang didapatkan:

1. $\frac{1}{2}$ PK setara dengan 5.000 BTU/h
2. $\frac{3}{4}$ PK setara dengan 7.000 BTU/h
3. 1 PK setara dengan 9.000 BTU/h
4. $1 \frac{1}{2}$ PK setara dengan 12.000 BTU/h
5. 2 PK setara dengan 18.000 BTU/h
6. $2 \frac{1}{2}$ setara dengan 24.000 BTU/h
7. 3 PK setara dengan 28.000 BTU/h

Nilai standar panas yang telah ditetapkan untuk menyelesaikan persamaan diatas adalah jika ruanga berada pada lantai dasar atau atas dan ditinggalli satu penghuni maka nilai dan memiliki jendela bukaan kaca standar panasnya sebesar 500 , jika ruangan berada pada lantai dasar atau atas dan ditinggali lebih dari tiga orang serta tidak memiliki jendela bukaan kaca maka nilai standar panasnya sebesar 600 dan jika ruangan berada pada lantai dasar atau atas dan memiliki jendela yang banyak dan bukaan kaca yang luas serta dinding terkena sinar matahari dengan penghuni lebih dari tiga orang maka nilai standar panasnya adalah 700 [34].

2.2.10. Parameter Parameter Perhitungan OTTV

2.2.10.1. Nilai Perpindahan *Thermal* Menyeluruh.

Nilai *koefisien* perpindahan panas kaca gelas jendela (*U*) umumnya antara 2.8 sampai dengan 3.0 W/m²K. Dengan menggunakan kaca gelas berlapis ganda nilai *U* dapat mencapai 0.6 hingga 1.4 W/m²K. Artinya dengan menggunakan kaca gelas berlapis ganda kemampuan kaca jendela menahan masuknya panas radiasi sinar matahari dapat ditingkatkan hingga menjadi 2 sampai dengan 5 kali lipat. Atau pemborosan energi dapat diturunkan hingga menjadi 50% sampai dengan 80% [13]. Mengganti Material Kaca untuk menurunkan nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) untuk mengurangi terjadinya radiasi sinar matahari merupakan langkah yang tepat bagi bangunan yang belum menerapkan kaca khusus untuk mengurangi radiasi matahari. OTTV adalah Nilai perpindahan *thermal* menyeluruh, untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari melalui selubung bangunan, yaitu dinding dan atap maka

ditentukan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak melebihi 45 Watt/m². Untuk menghitung OTTV dapat di gunakan persamaan berikut [12]:

$$OTTV = \alpha \cdot [(U_w \times (1 - WWR)) \times TD_{ek} + (SC \times WWR \times SF) + (U_f \times WWR \times \Delta T)] \quad (2.4)$$

Dimana :

OTTV = Nilai perpindahan *thermal* menyeluruh pada dinding luar yang Memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²).

α = Absorbtansi radiasi matahari.

U_w = Transmittansi *thermal* dinding tak tembus cahaya (Watt/m².K).

WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada Orientasi yang ditentukan

TD_{Ek} = Beda temperatur ekuivalen (K).(lihat tabel 2.8)

SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = Faktor radiasi matahari (W/m²).

U_f = Transmittansi *thermal* fenestrasi (W/m².K).

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

Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, digunakan persamaan sebagai berikut [12]:

$$\frac{OTTV_{total} = (A_{01} \times OTTV_1) + (A_{02} \times OTTV_2) + \dots + (A_{Dst} \times OTTV_{Dst})}{A_{01} + A_{02} + \dots + A_{Dst}} \quad (2.5)$$

Dimana:

A_{01} = Luas dinding pada bagian dinding luar (m²). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

$OTTV_1$ = Nilai perpindahan *thermal* menyeluruh pada bagian dinding sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan.

2.2.10.2. Absorbtansi Radiasi Matahari (α)

Nilai penyerapan energi *thermal* akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut. Nilai absorbtansi radiasi matahari (α)

untuk beberapa jenis permukaan dinding tak tembus cahaya dapat dilihat pada Tabel [12]. Untuk mendapatkan nilai α menggunakan persamaan berikut.

$$\alpha = (\alpha \text{ warna cat}) \times (\alpha \text{ material dinding}) \quad (2.6)$$

2.2.10.3. *Transmitansi thermal (U)*

Transmitansi merupakan fraksi antara intensitas radiasi yang masuk terhadap intensitas yang keluar dari ketebalan suatu material atau didefinisikan juga dengan koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya [12]. Untuk dinding tak tembus cahaya dan fenestration yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, maka besarnya U dihitung dengan rumus [12] :

$$U = \frac{1}{R_{\text{Total}}} \quad (2.7)$$

Dimana :

$$R_{\text{total}} = \text{Resistansi termal total} = \sum_{i=0}^{i=n} R_i \quad (2.8)$$

Maka untuk mendapatkan nilai U adalah

$$U = \frac{1}{R_{UL} + R_K + R_{UP}}$$

Dimana : R_K = Tebal bahan / K material

1. *Resistansi thermal*, terdiri dari

- a. *Resistansi* lapisan udara luar (R_{UL}) Besarnya nilai R_{UL} ditunjukkan pada tabel 2.8.

Tabel 2. 7 Nilai R lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap [14]

Jenis Permukaan		Resistansi <i>thermal</i> R (m ² .K/watt)
Permukaan dalam (R^{UP})	<i>Emisifitas</i> Tinggi ¹⁾	0,120
	<i>Emisifitas</i> Trendah ²⁾	0,299
Permukaan Luar (R^{UL})	<i>Emisifitas</i> Tinggi	0,044

Keterangan :

Emisifitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (*non reflektif*)
Emisifitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat *reflektif*, seperti aluminium foil.

b. *Resistansi thermal* bahan (R_k)

$$R_k = \frac{t}{k} \quad (2.9)$$

Dimana:

t = Tebal bahan (m).

k = Nilai konduktifitas *thermal* bahan (Watt/m.K)

Besarnya harga k untuk berbagai jenis bahan dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Nilai K bahan bangunan [12]

NO	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m ³)	K(W/m.K)
1	Beton	2,4	1,448
2	Beton Ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plaster	1,76	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plaster tahan terhadap cuaca		1,154
5	plasteran Pasir-semen	1,568	0,533
6	Kaca Lembaran	2,512	1,053
7	Papan <i>gypsum</i>	880	0,170
8	kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	<i>Glasswool</i>	32	0,035
12	<i>Fibreglass</i>	32	0,035
13	Paduan aluminium	2,672	211
14	Tembaga	8,784	385
15	Baja	7,84	47,6
16	Granit	2,64	2,927
17	marmar/terazo/keramik/mozaik	2,64	1,298

c. Resistansi thermal rongga udara (R_{RU})

Nilainya ditunjukkan pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Nilai R lapisan rongga udara [12].

NO	Jenis celah udara	Resistansi thermal ($m^2.K/W$)			
		5 mm	10 mm	100 mm	
1	R_{RU} untuk dinding Rongga udara vertikal (aliran panas secara horisontal)				
	1. <i>Emisifitas</i> tinggi.	0,110	0,148	0,160	
	2. <i>Emisifitas</i> rendah	0,250	0,578	0,606	
2	R_{RU} untuk dinding Rongga udara horisontal/miring (aliran panas kebawah)				
	1. <i>Emisifitas</i> tinggi.	rongga udara horisontal.	0,110	0,148	0,174
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^\circ$	0,110	0,148	0,165
		rongga udara dengan kemiringan 45°	0,110	0,148	0,158
	2. <i>Emisifitas</i> rendah	rongga udara horisontal.	0,250	0,572	1,423
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^\circ$	0,250	0,571	1,095
		rongga udara dengan kemiringan 45°	0,250	0,570	0,768
3	R_{RU} untuk loteng		0,458		
	1. <i>Emisifitas</i> tinggi				
	2. <i>Emisifitas</i> rendah		1,356		

d. *Resistansi thermal* lapisan udara permukaan (R_{UP})

Nilainya seperti ditunjukkan pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Nilai R lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap [14].

NO	Jenis permukaan		Resistansi Thermal R ($m^2.K/Watt$)
1	Permukaan dalam (R^{UP})	<i>Emisifitas</i> tinggi ¹⁾	0,120
		<i>Emisifitas</i> Rendah ²⁾	0,299
2	Permukaan Luar (R^{UL})	<i>Emisifitas</i> tinggi	0,044

2. Beda temperatur *ekuivalen*.

Beda temperatur *ekuivalen* ($TDEK$) dipengaruhi oleh :

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

Untuk menyederhana kan perhitungan OTTV nilai TD_{EK} , berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel 2.11. Untuk mendapatkan nilai TD_{EK} dapat mnggunakan persamaan (2.9).

$$\text{Berat} = (\text{Densitas material} \times \text{ketebalan bahan}) + (Dst) \quad (2.10)$$

Tabel 2. 11 Beda temperatur *ekuivalen* untuk dinding [12]

NO	Berat/satuan Luas (Kg/m^2)	TD^{EK}
1	Kurang Dari 125	15
2	126 ~ 195	12
3	Lebih dari 195	10

3. Faktor rerata radiasi matahari

Faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00.

Untuk bidang *vertikal* pada berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2. 12 Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) untuk berbagai orientasi.¹⁾ [12].

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

¹⁾ Berdasarkan data radiasi matahari di Jakarta.

Keterangan :

Rata-rata untuk seluruh orientasi SF = 147

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

4. Koefisien peneduh (SC)

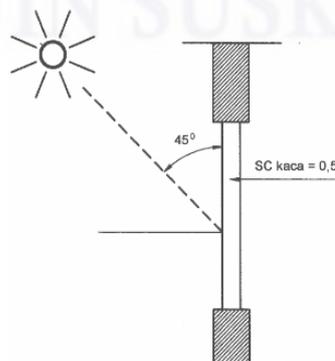
Koefisien peneduh tiap sistem *fenestrasi* dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran SC kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi [12].

$$SC = SC_{Kaca} \times SC_{Ef} \quad (2.11)$$

Dimana:

- SC = koefisien peneduh sistem *fenestrasi*.
- SC_k = koefisien peneduh kaca.
- SC_{Ef} = koefisien peneduh efektif alat peneduh.

Angka koefisien peneduh kaca didasarkan atas nilai yang dicantumkan oleh pabrik pembuatnya, yang ditentukan berdasarkan sudut datang 45⁰ terhadap garis normal. Sebagai contoh, besarnya *koefisien* peneduh kaca seperti ditunjukkan dalam gambar 2.3, berdasarkan data pabrik pembuat adalah SC_k = 0,5.



Gambar 2.3 Sinar matahari jatuh pada bidang normal dengan sudut 45⁰ [12].

2.2.10.4. Perhitungan koefisien peneduh efektif

1. Bila sebuah jendela dilindungi atau diteduhi sebagian oleh sarana peneduh luar, maka:
 - a. Bagian yang ekspos dari jendela, menerima radiasi total I_T
 - b. Bagian yang diteduhi, menerima radiasi difus I_D

2. Perolehan panas radiasi matahari dinyatakan dalam persamaan berikut [12]

$$\begin{aligned}
 H &= (A_{EK} \times I_T) + (A_S \times I_D) \\
 H &= (A_{EK} \times I_D) + (A_{EK} \times I_L) + (A_S \times I_D) \quad (2.12) \\
 H &= ((A_{EK} \times I_L) + \{(A_{EK} + A_S) \times I_D\})
 \end{aligned}$$

Dimana :

- H = perolehan panas radiasi matahari.
- A_{EK} = luas bagian jendela yang terekspos (*exposed area*)
- A_S = luas bagian jendela yang terlindungi (*shaded area*).
- I_T = radiasi total (= $I_D + I_L$).
- I_D = radiasi difus.
- I_L = radiasi langsung.
- A = luas jendela (= $A_{EK} + A_S$)

Persamaan diatas, dapat ditulis menjadi :

$$H = (A_{EK} \times I_L) + (A \times I_D) \quad (2.13)$$

3. Untuk kaca bening dengan ketebalan 3 mm dan tidak terlindung, perolehan panas radiasi matahari adalah:

$$H = A \times I_T \quad (2.14)$$

4. Besarnya koefisien peneduh tiap jam, dinyatakan dengan persamaan

$$SC = \frac{H}{A \times I_T} \quad (2.15)$$

$$SC = \frac{(A_{EK} \times I_L) + (A \times I_D)}{A \times I_L} \quad (2.16)$$

$$SC = \frac{\frac{A_{EK}}{A} \times I_D}{I_T}$$

$$SC = \frac{G \times I_L + I_D}{L}$$

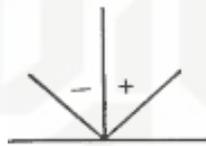
2.2.10.5. Menentukan nilai faktor “G”.

1. Fraksi luar bagian jendela yang ekspos oleh matahari, G, pada setiap waktu untuk suatu orientasi tertentu dapat ditentukan dengan geometri matahari.
2. Dengan mengetahui nilai SBV (Sudut Bayangan Vertikal) dan SBH (Sudut Bayangan Horizontal), nilai G untuk sirip horizontal, sirip vertikal dan pelindung matahari bentuk kotak segiempat dapat dihitung, dengan ketentuan sebagai berikut:

$$\theta_1 = \text{SBV (selalu positif). [Gambar 2.4.]}$$

$$\theta_2 = \text{SBH (positif untuk arah kanan dinding, negatif untuk arah kiri dinding).}$$

[Gambar 2.4.]



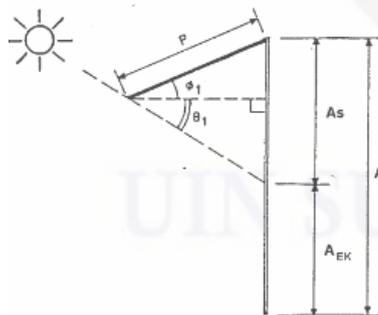
Gambar 2. 4 Sudut Bayangan Vertikal dan Horizontal [12]

ϕ_1 = sudut proyeksi dari sirip *horizontal* terhadap bidang *horizontal* (dianggap positif).

ϕ_1 = sudut proyeksi sirip *vertikal* terhadap orientasi dinding (positif bila disebelah kanan dinding; negatif bila di sebelah kiri dinding)

3. Sirip *horizontal* di atas jendela.

Sirip *horizontal* di atas jendela seperti ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Denah sirip *horizontal* di atas jendela [12]

$$A_s = P \cdot \sin \phi_1 \cdot \tan \theta = P \cdot (\sin \phi_1 + \cos \phi_1 \cdot \tan \theta_1)$$

$$A_{EK} = A - A_s$$

$$\frac{A_{EK}}{A} = \frac{A - A_s}{A} = 1 - \frac{A_s}{A}$$

$$\frac{A_{EK}}{A} = 1 - \frac{P}{A} \cdot (\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1 \cdot \tan \theta_1) \text{ atau}$$

(2.17)

$$G_1 = 1 - R_1 \cdot (\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1 \cdot \tan \theta_1)$$

Dimana : $G_1 = A_{EK}/A$ dan $R_1 = P/A$, untuk proyeksi *horizontal* catatan $G_1 \geq 0$

2.2.10.6. Penutup atap

1. Nilai perpindahan *thermal* atap

Nilai perpindahan *thermal* dari penutup atap bangunan gedung dengan orientasi tertentu, yang dikenal dengan sebutan RTTV (*roof thermal transfer value*) dapat dihitung melalui persamaan [12].

$$RTTV = \frac{a \cdot (R_r \cdot U_r \cdot X \cdot TD_{EK}) + (A_s \cdot X \cdot U_s \cdot X \cdot \Delta T) + (A_s \cdot X \cdot SC \cdot X \cdot F)}{A_0} \quad (2.18)$$

Dimana :

RTTV = nilai perpindahan *thermal* atap yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m^2).

α = absorbtansi radiasi matahari (table 2.4 dan 2.1).

A_r = luas atap yang tidak tembus cahaya (m^2).

A_s = luas skylight (m^2).

A_0 = luas total atap = $A_r + A_s$ (m^2).

U_r = *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya ($\text{Watt/m}^2 \cdot \text{K}$).

TD_{EK} = beda temperatur *ekuivalen* (K). (tabel 2.14).

SC = koefisien peneduh dari sistem *fenestrasi*.

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

U_s = *transmitansi thermal fenestrasi* (skylight) ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$).

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

Bila digunakan lebih dari 1 jenis bahan penutup atap, maka *transmitansi* termal rata rata untuk seluruh luasan atap di hitung bbrdasarkan persamaan

$$U_r = \frac{(A_{r1} \times U_{r1}) + (A_{r2} \times U_{r2}) + \dots + (A_m \times W_m)}{A_{r1} + A_{r2} \dots + A_m} \quad (2.19)$$

Dimana :

U_r = Transmittansi termal rata rata atap ($W/m^2.K$)

U_{r1}, U_{r2}, U_m = Transmittansi termal dari berbagai bagian atap ($W/m^2.K$)

A_{r1}, A_{r2}, A_m = Luas dari berbagai jenis atap yang berlainan (M^2)

Bila digunakan lebih dari satu jenis bahan penutup, maka berat atap rata rata dapat dihitung berdasarkan persamaan

$$W_r = \frac{(A_{r1} \times W_{r1}) + (A_{r2} \times W_{r2}) + \dots + (A_m \times W_m)}{A_{r1} + A_{r2} \dots + A_m} \quad (2.20)$$

Dimana :

W_r = Berat atap rata rata (kg/m^2)

W_{r1}, W_{r2}, W_m = Berat dari jenis atap yang berlainan

2. Transmittansi thermal atap (U_r)

Nilai *transmittansi thermal* maksimal penutup atap (U_r), ditunjukkan pada tabel

2.13.

Tabel 2. 13 Nilai *transmittansi thermal* atap (U_r) maksimal [12].

NO	Berat per satuan atap Luas (Kg/m ²)	Transmisi <i>thermal</i> maksimal (W/m ² . K)
1	Dibawah 50 ¹⁾	0.5
2	50 ~ 230 ²⁾	0.8
3	Diatas 230 ³⁾	1.2

Keterangan :

- 1) Atap genteng.
- 2) Atap beton ringan.
- 3) Atap beton ketebalan > 6 inci (15 cm)

3. Beda temperatur ekuivalen atap (TD_{Ek})

Untuk menyederhanakan perhitungan nilai perpindahan termal atap maka beda temperatur ekuivalen untuk berbagai penutup atap ditentukan sesuai tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Nilai Beda temperatur ekuivalen atap (TD_{Ek}) [12].

NO	Berat per satuan atap Luas (Kg/m ²)	Transmisi <i>thermal</i> maksimal (W/m ² . K)
1	Kurang dari 50	24
2	50 ~ 230	20
3	Lebih dari 230	16

4. Faktor radiasi matahari atap (SF)

Nilai faktor radiasi matahari untuk bidang horisontal yang dihitung antara jam 07.00 sampai dengan 18.00 adalah : $SF = 316 \text{ Watt/m}^2$

2.3. Alat Ukur

Agar proses konervasi energi agar berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan, maka ada beberapa parameter yang harus dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur. Alat ukur yang digunakan [23] :

2.3.1. Meteran

Meteran juga dikenal sebagai pita ukur atau disebut juga sebagai Roll Meter, dengan panjang 25 – 50 meter. Meteran ini sering digunakan oleh pekerja baik untuk pembangunan atau pengukur lebar jalan dan luas tanah. Ketelitian pengukuran dengan rollmeter hingga 0,5 mm. Roll Meter ini pada umumnya dibuat dari bahan plastik atau plat besi tipis. Satuan yang dipakai dalam Roll Meter yaitu mm, cm dan inch. Pita ukur dalam Roll Meter memiliki panjang 10 sampai 50 meter yang biasa terbuat dari plastic atau besi tipis, meteran ini merupakan alat yang dapat dimanfaatkan untuk mengetahui ukuran jarak atau panjang bangunan. Kelebihan alat ukur ini praktis dengan ukuran yang kecil sehingga mudah dibawah kemanapun dan ringan selainitu alat ukur meteran ini memiliki ketelitian hingga 0,5 mm yang penggunaan tidak perlu dikalibrasi seperti alat ukur optic maupun elektronik. Meter ini juga memiliki kelemahan karna pita terbuat dari plastik dan adajuga yang terbuat dari besi tipis jika ditarik dengan

tenaga yang besar dapat memuai dan daya regang. Daya muai ialah tingkat pemuaian dikarenakan perubahan suhu udara. Dan daya regang ialah perubahan panjang disebabkan regangan atau tarikan. Daya muai dan daya regang meteran dipengaruhi oleh jenis Roll Meter, yang dibagi berdasarkan bahan yang dipakai dalam pembuatannya.



Gambar 2. 6 Meteran [31].

2.3.2. UV Lightmeter

UV Light Meter sering kita sebut sebagai alat untuk mengukur cahaya, Light meter yang digunakan pada penelitian ini adalah Light Meter UV 126A. Alat ini dapat mengukur intensitas cahaya radiasi dari matahari dengan gelombang panjang 1 meter.



Gambar 2. 7. UV Light Meter [31].

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3.3. Thermometer

Thermometer adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengukur suhu. Thermometer dikembangkan sejak abad 16 dan 17. Thermometer berasal dari makna (thermo) dari bahasa Yunani “panas dan meter” Satuan internasional yang digunakan pada thermometer adalah *Kelvin* (K) sedangkan satuan yang digunakan di Indonesia adalah *derajat Celcius* ($^{\circ}\text{C}$) namun perbedaan ini bukanlah suatu permasalahan karena ada rumus tersendiri untuk menyamakan satuan ini. Di beberapa negara lain ada juga satuan yang berbeda yaitu *Fahrenheit* ($^{\circ}\text{F}$) dan *Reamour* ($^{\circ}\text{R}$).

Karena keterbatasan alat yang dimiliki maka termometer yang digunakan pada penelitian ini adalah multimeter digital yang di dalamnya terdapat parameter untuk mengukur suhu.



Gambar 2. 8. *Thermometer* (mengukur suhu) [31].

2.3.4. Kamera Digital

Kamera digital adalah alat untuk membuat gambar dari objek untuk selanjutnya dibiarkan melalui lensa pada sensor CCD dan akhir-akhir ini pada sensor BSI-CMOS (Back Side Illuminated) sensor yang lebih irit daya untuk kamera yang lebih canggih yang hasilnya kemudian direkam dalam format digital ke dalam media simpan digital.



Gambar 2. 9 Kamera Digital [31]

2.4. Konservasi energi melalui selubung bangunan

Konservasi energi merupakan upaya mengeffisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan [29]. Konservasi energi dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu Perilaku hemat energi. *System optimization*, *Retrofitting*, desain. Dan pemanfaatan teknologi baru yang lebih hemat energi. Penerapan konservasi energi secara menyeluruh bisa menghemat antara 10 hingga 60% tergantung kondisi. Keberhasilan konservasi energi secara optimal bisa meningkatkan daya saing produk, mengurangi emisi CO₂ dan meningkatkan ketahanan nasional [21]. Konservasi melalui sebuah desain rekomendasi dapat dilakukan dari beberapa aspek selubung bangunan gedung yaitu bentuk dan orintasi bangunan, luas jendela dan dinding, material kaca, peneduh eksternal dan internal serta infiltrasi [5].

Konservasi energi melalui selubung bangunan merupakan salah satu cara mencari peluang penghematan energi yang disebabkan oleh radiasi, konduksi dan konveksi *thermal* dari luar maupun dalam gedung. Untuk melakukan penghematan energi dalam bangunan dapat dilakukan dengan memilih dan meminimalkan sistem yang menggunakan energi yang terbesar di dalam suatu bangunan, namun hal ini dapat mengurangi kenyamanan penggunaannya. Dalam studi pendahuluan diperlihatkan bahwa pendingin ruangan merupakan peralatan elektronik yang paling besar mengkonsumsi energi listrik gedung antara 60% hingga 70% dari energi total gedung. Sehingga diperlukannya konservasi selubung bangunan untuk menghitung *thermal* eksternal dan internal gedung sebagai upaya penghematan energi melalui selubung bangunan dengan menurunkan *thermal* dalam ruangan agar pengondisian udara dapat bekerja secara optimal tanpa mengganggu kenyamanan pengguna ruangan tersebut.

Dalam hal regulasi pemerintah melalui Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) juga telah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No 13 Tahun 2012 tentang upaya penghematan pemakaian energi listrik salah satunya dengan cara menempatkan unit kompreor AC pada lokasi yang tidak terkena sinar matahari, dan memasang *thermometer* dalam ruangan untuk mengukur dan memastikan kelembaban suhu relatif dalam ruangan agar sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh Standar Negara Indonesia (SNI) serta memastikan tidak adanya udara luar masuk kedalam ruangan dan udara dingin yang keluar melalui ventilasi ruangan, yang dapat mengakibatkan efek pendinginan berkurang. Selain itu diharuskan menggunakan kaca tertentu untuk

dinding, jendela dan pintu yang dapat mengurangi panas matahari yang masuk dalam ruangan namun tidak mengurangi pencahayaan alami [32].

Konservasi energi melalui selubung bangunan selain memperhatikan material selubung bangunan dapat juga dilakukan dengan salah satu cara memperhatikan *ventilation, and air conditioning*. Konservasi ini merupakan aktivitas yang dilakukan secara berkala untuk mengetahui kualitas udara, performa peralatan serta konsumsi energi dan mengevaluasi tingkat kelayakannya serta menentukan langkah perbaikannya.

Pemerintah Indonesia melalui Badan Standar Nasional juga telah mengeluarkan SNI 03-6572-2001 tentang Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung sebagai pedoman semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pembangunan dan pengelolaan gedung, untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan bagi penggunaannya [16]. Sistem ventilasi ruangan memiliki tiga fungsi utama yaitu menjamin adanya pergantian udara dalam ruangan, memberi kenyamanan bagi pengguna ruangan, dan mendinginkan material dan perabot yang ada dalam ruangan. Ventilasi alami adalah teknik pendinginan pasif untuk mempertahankan tingkat kualitas udara yang baik yang dicapai dengan cara alami. Dalam beberapa kasus, bangunan memerlukan sirkulasi udara yang lebih besar untuk mengkompensasi temperatur dan kelembaban udara dalam ruangan agar memenuhi kebutuhan kesegaran yang berasal dari udara luar namun yang menjadi hambatan besar adalah keadaan iklim di Indonesia yang merupakan iklim tropis [33].

Langkah konservasi energi melalui selubung bangunan dengan meninjau dari aspek kenyamanan *thermal* yang mempengaruhi pengkondisian udara untuk mengatasi beban pendinginan merupakan langkah yang cukup memungkinkan untuk menghemat pemakaian energi listrik. Kenyamanan *thermal* yang didapatkan dari pengkondisian udara yang optimal berkisar antara 18°C sampai 26°C dengan kelembaban 40% sampai 60% [17]. Secara garis besar, beban pendinginan diklasifikasikan menjadi dua, yaitu beban kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan (beban eksternal) dan beban kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri (beban internal). Beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca. Beban eksternal antara lain beban radiasi matahari melalui kaca, beban infiltrasi beban ventilasi. Sedangkan beban internal terdiri dari beban partisi beban penerangan beban penghuni dan beban peralatan. Perpindahan kalor melalui suatu selubung bangunan dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

oleh faktor geometris, seperti ukuran, bentuk, dan orientasinya, adanya sumber-sumber kalor dalam, dan faktor-faktor iklim[34].

2.4.1. Komponen beban pendinginan

Komponen beban yang memberikan kontribusi terbesar atau cukup besar terhadap beban pendinginan perlu dicermati agar dapat dicari peluang penghematan energinya, karena upaya penghematan energi perlu dicari pada semua komponen beban. Komponen-komponen tersebut antara lain [35]:

2.4.4.1. Beban Bahan bangunan

Bahan bangunan akan menentukan nilai *transmitansi thermal* yang menjadi salah satu variabel dalam perhitungan beban pendinginan. Kesalahan dalam menentukan nilai *transmitansi thermal* akan secara proporsional menimbulkan kesalahan dalam perhitungan beban pendinginan. nilai *transmitansi thermal* tak tembus cahaya (U_w), semakin besar nilai U_w maka semakin besar perpindahan panas pada dinding(. Nilai *transmitansi thermal system penesterasi* (U_f) [36].

2.4.4.2. Beban listrik.

Gedung komersial seperti perkantoran, beban pendinginan yang ditimbulkan oleh lampu untuk pencahayaan dan peralatan listrik berkisar antara 15% sampai 20%. Oleh karena itu perkiraan beban pendinginan yang terinci dari komponen ini harus dibuat berdasarkan perencanaan sistem listrik untuk setiap ruangan [35]. Perancangan yang baik dengan memperhatikan beban pendinginan gedung tak terlepas dari beban panas laten dan sensibel, panas laten adalah panas yang diperluakann untuk merubah wujud benda tetapi temperaturnya tetap, panas ini terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghaikkan uap. Panas sensibel adalah panas yang menyebabkan terjadi kenaikan atau penurunan temperatur tetapi wujud tidak berubah, panas ini berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara, panas sensibel secara tidak langsung masuk kedalam ruangan melalui konduksi, konveksi dan radiasi. Secara keseluruhan sumber beban pendinginan dari panas laten dan sensibel dalam ruangan berasal dari lampu, cahaya matahari yang memanaskan dinding bangunan dan penghuni ruangan. Untuk mendapatkan seberapa besar beban pendinginan dari peralatan listrik antara lain yaitu

lampu dapat menggunakan persamaan (2.21). menghitung beban pendinginan dari lampu dengan persamaan berikut [16].

$$Q = 3,412 \times Q_1 \times F_u \times F_s \times CLF \quad (2.21)$$

dimana :

3,412 adalah konversi dari Watt ke BTU/h

Q_1 = Jumlah lampu yang terpasang (watt).

F_u = *Lighting use factor*, perbandingan antara lampu yang digunakan dengan lampu yang terpasang

F_s = *Special allowance factor* = 1,20

CLF = *Cooling load factor*, untuk lampu. Untuk mempermudah perhitungan nilai CLF ditetapkan sebesar 1 dengan persyaratan untuk penerangan rata rata nyala lampu lebih dari 12 jam.

Menghitung beban pendinginan dari computer dan printer

$$Q = \text{Input} \times CLF_{eq} \quad (2.22)$$

dimana :

Input = Jumlah peralatan yang digunakan (watt).

CLF_{eq} = *Cooling load factor*, untuk peralatan.

2.4.4.3. Beban penghuni

Besarnya beban penghuni biasanya berkisar antara 10% sampai 15%. walaupun bukan yang terbesar dibandingkan dengan beban listrik, perlu dicermati polanya karena merupakan salah satu peluang penghematan energi. Pola gerakan penghuni dapat berpengaruh pada beban maksimum ruangan, sehingga mempengaruhi besarnya kapasitas mesin pendingin. Oleh karena itu penentuan beban penghuni harus dilakukan pula dengan hati-hati dan kalau perlu memperhatikan pola gerakan atau pola “kehadiran” penghuni (*occupancy*) di dalam ruangan [35]. Beban penghuni dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [16]

$$Q = n \times Q_s \times CLF \quad (2.23)$$

$$Q = n \times Q_t$$

N = Jumlah orang
 Q_s = Beban panas orang sensibel (watt).
 Q_l = Beban panas orang latent (watt)
 CLF = *Cooling load factor*, untuk orang. untuk penghuni agar mempermudah perhitungan nilai CLF ditetapkan sebesar 1 dengan persyaratan untuk pengkondisian udara (AC) rata rata beroperasi kurang dari 24 jam.

Tabel 2. 15 Nilai Beban kalor sensibel dan laten orang (TD_{Ek}) [16].

Tingkat aktifitas	Aplikasi	Rata rata laju metabolisme pria/wanita dewasa (w)
<i>Seated at rest</i>	<i>Cinema, theatre, School</i>	100
<i>Seated, very light work</i>	<i>Computer working</i>	120
<i>Office work</i>	<i>Hotel reception, Kasir</i>	120
<i>Standing, Walking slowly</i>	<i>Laboratory Work</i>	130
<i>Walking, Seated</i>		150
<i>Moderate work</i>	<i>Servant, Hair dresser</i>	160
<i>Light bench work</i>	<i>Mechanical production</i>	220

Tabel 2. 15 Lanjutan.

Temperatur Tabung Kering Ruangan ($^{\circ}c$)											
28		27		26		24		22		20	
Q_s	Q_l	Q_s	Q_l	Q_s	Q_l	Q_s	Q_l	Q_s	Q_l	Q_s	Q_l
50	50	55	45	60	40	67	33	72	28	79	21
50	70	55	65	60	60	70	50	78	42	84	36
50	80	56	74	60	70	70	60	78	52	86	44
50	80	56	74	60	70	70	60	78	52	86	44
53	97	58	92	64	86	86	60	84	66	90	60
55	105	60	100	68	92	92	80	90	70	98	62
55	165	52	158	70	150	150	135	135	90	115	105

2.4.4.4. Beban udara luar sebagai ventilasi dan *infiltrasi*

Udara luar yang dimasukkan sebagai ventilasi menimbulkan beban pendingin *sensibel* maupun *laten* yang cukup tinggi. Beban pendinginan sensibel adalah beban

panas yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu, seperti beban panas yang lewat konstruksi bangunan, peralatan elektronik, lampu, dll. Sedangkan beban pendinginan laten adalah beban yang dipengaruhi oleh adanya perbedaan kelembaban udara. Pada umumnya untuk gedung kantor dengan standar ventilasi yang benar, komponen beban ini akan mencapai 12% sampai 18% dari beban pendingin seluruhnya. Walaupun nilainya lebih kecil dari beban akibat sistem pencahayaan, namun komponen beban latennya menjadi cukup berarti karena beban laten terutama berasal dari penghuni dan udara luar saja. Oleh karena itu, dalam kondisi yang memungkinkan biasanya diusahakan untuk mencegah *infiltrasi*, dengan merencanakan ruangan bertekanan positif (lebih besar sedikit) dibandingkan tekanan udara luar [35].

Ukuran dan bentuk bukaan merupakan faktor penting yang menentukan aliran udara dalam bangunan. Untuk bangunan dengan bukaan dinding yang berlawanan, kecepatan angin dalam ruangan dapat meningkat jika arah angin membentuk sudut ke inlet. Tingkat aliran udara yang lebih besar juga bisa dicapai ketika bukaan *outlet* lebih besar dari pada *inlet*. Namun sebaliknya, kecepatan udara yang lebih merata di seluruh ruang ketika *outlet* lebih kecil dari pada *inlet*, hal ini karena energi kinetik angin diubah menjadi tekanan statis di sekitar bagian bawah bukaan.

Bentuk dan konfigurasi bukaan juga memiliki efek pada kecepatan angin internal. Bukaan horizontal atau bukaan inlet persegi lebih baik dibanding berbentuk vertikal. Inlet berbentuk horizontal memberikan kinerja optimal jika sudut kedatangan angin diarahkan pada posisi sekitar 45°. Dalam bangunan dengan bukaan di tengah seperti lobi dan void, distribusi udara internal sebagian besar ditentukan oleh total luas bukaan jendela di dinding [33]. Beban pendinginan melalui ventilasi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [16].

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 1,19 \times n \times ACH \times \Delta T \\
 Q_l &= 4,849 \times n \times ACH \times \Delta w
 \end{aligned}
 \tag{2.24}$$

dimana :

- n = Jumlah orang
- ACH = Air change per hour, kebutuhan sirkulasi udara segar untuk tiap orang per jam.
- ΔT = Perbedaan Rasio temperatur outdoor–indoor (°C).
- ΔW = Perbedaan rasio kelembaban outdoor-indoor (%).

ACH adalah metode perhitungan infiltrasi udara ruangan dengan satuan pertukaran udara / jam, untuk mencari ACH dengan persamaan berikut

$$ACH = \frac{\text{Debit Udara Ventilasi} \left[\frac{\text{m}^3/\text{jam}}{\text{m}^2} \right]}{\text{Volume Ruang}} = \frac{v}{v}$$

Tabel 2. 16 Debit Udara Luar Yang Dibutuhkan [16].

	<i>Application</i>	<i>Net Floor Area Per Person m²</i>	<i>Minimum Outdoor air flow rate</i>
<i>Office</i>	<i>Boar rooms</i>	1	15 L/S Person
	<i>Computer Room</i>	25	10 L/S Person
	<i>Coferences</i>	1	15 L/S Person
	<i>Office areas</i>	10	10 L/S Person
	<i>waiting Areas</i>	2	10 L/S Person

Infiltrasi yang dapat diamati pada bangunan yang tertutup rapat dengan perancangan yang tidak memiliki ventilasi alami maupun mekenis adalah pada celah pintu. Infiltrasi pada celah pintu dapat di perhitungakan dngan mengetahui nilai *Cubic foot perminute* (CFM), CFM merupakan besarnya laju aliran *volumetric*. CFM dihitung dengan cara. Kecepatan Udara (L/s) x Luas ruangan (m²). Namun untuk mempermudah perhitungan standar telah menetapkan nilai CFM pada celah pintu dengan untuk pintu dengan gedung perkantoran yang sangat jarang dibuka nilai CFM adalah 1 CFM, sangat sering dibuka 10 CFM [16].