

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka berfungsi sebagai bahan acuan atau alat analisis bagi peneliti, sehingga sangat penting untuk penelitian. Teori-teori yang relevan harus dipelajari dalam penelitian ini, terutama yang berkaitan dengan: [i] teori iklim, kaca, orientasi, dan konservasi energi untuk memahami objek penelitian; [ii] teori perangkat analisis untuk membantu menganalisis data; [iii] teori kondisi termal bangunan; dan [iv] teori tentang metode atau teknik pengukuran dan perhitungan.

2.1 Iklim Tropis

Bahasa Yunani "klima" berasal dari kata "region" yang artinya daerah yang memiliki kondisi tertentu dari Cahaya, suhu, angin, dan sebagainya. Suatu wilayah memiliki kondisi lingkungan atmosfer yang bersifat sementara atau disebut dengan cuaca, sedangkan integrasi suatu waktu dari keadaan cuaca tertentu disebut dengan iklim. Kata "tropis" berasal dari bahasa Yunani kuno yaitu "tropikos" yang artinya "garis balik", dan saat ini mengacu pada wilayah yang terletak di antara kedua garis balik yaitu garis lintang Utara 23°27" dan Selatan 23°27" (Koenigsberger et al., 1975).

Iklim tropis merupakan iklim dimana memiliki masalah yaitu cuaca panas yang mendominasi sepanjang tahun sehingga bangunan memiliki tugas sendiri yaitu mendinginkan pengguna bangunan tersebut. Suhu rata-rata tahunan di Indonesia yang beriklim tropis mencapai 23°C namun pada musim panas terjadi kenaikan sampai 38°C. Selain itu, curah hujan dan kelembapan relatifnya tinggi hingga 90% (Lippsmeier, 1994).

Dalam hal ini, Indonesia yang beriklim tropis pada suhu maksimal rata-rata 38°C memiliki masalah yang dominan yaitu panas yang terjadi sepanjang tahun sehingga bangunan-bangunan di Indonesia harus mampu mendinginkan bangunan itu sendiri.

2.1.1 Iklim Tropis Lembap

Indonesia yang terletak di antara 2 benua dan 2 samudera menunjukkan bahwa iklim tropis lembap di Indonesia menghasilkan banyak

uap air yang awalnya dari permukaan samudera dan kemudian dibawa angin ke seluruh Indonesia. Selama kemarau, suhu di daerah ini berkisar antara 28 – 38°C dan antara 25-29°C selama musim hujan. Pada musim kemarau, kelembapan sekitar 40% hingga 70%, dan pada musim hujan, kelembapan mencapai 80% hingga 100%. Disamping itu, daerah dengan iklim tropis lembap akan mendapatkan intensitas radiasi matahari yang banyak (Lippsmeier, 1994).

Dalam iklim tropis lembap, pergantian musim hanya ditunjukkan oleh banyak atau sedikit turun hujan dan intensitas angin tinggi. Berikut ciri khas iklim tropis lembap (Lippsmeier, 1994):

1. Hutan Hujan (*Rain Forest*) terjadi di dataran rendah daerah ekuator dan sepanjang pesisir Pantai;
2. Kondisi tanah merah tertutup rumput;
3. Tumbuhan lebat sepanjang tahun dan bermacam jenisnya dikarenakan curah hujan dan suhu yang tinggi;
4. Terdapat musim penghujan dan kemarau;
5. Keadaan langit yang berawan sepanjang tahun antara 60%-90%. *Luminance* (lumansi) minimal 850cd/m² dan maksimal hingga 7000 cd/m²;
6. Suhu udara dipengaruhi radiasi matahari tinggi yang berasal dari pantulan dan penyebaran cahaya. Radiasi matahari pada daerah tropis ini termasuk tinggi;
7. Terjadinya perbedaan suhu udara harian dan tahunan dengan rata-rata maksimal 30,5°C, 21-27°C malam hari dan 27-32°C siang hari bahkan lebih;
8. Intensitas curah hujan tiap tahun tinggi antara 2000-5000 mm, sebulan kian meningkat 500 mm saat musim hujan dan 100 mm per jam saat badai;
9. Tingkat kelembapan rata-rata 75% dengan *absolute humidity* 25-30 mb;
10. Pergerakan udara rendah, namun selama musim hujan berlangsung angin kencang;
11. Kelembapan yang tinggi ini mempengaruhi tumbuhnya lumut dan alga dengan cepat, bahan bangunan organik membusuk sangat

cepat dan banyak serangga. Dalam jumlah kecil terjadi evaporasi tubuh karena kelembapan yang tinggi dan pergerakan udara rendah.

Indonesia yang beriklim tropis lembap memiliki 40% - 70% kelembapan yang terjadi saat kemarau, dan 80% - 100% saat hujan. Intensitas radiasi matahari sangat tinggi terutama saat musim panas. Maka dari itu Indonesia memiliki semua dari karakteristik dari iklim tropis lembap.

2.1.2 Ciri-ciri Iklim Tropis Lembap

Ciri khas iklim tropis lembap di Indonesia (Arifah & Adhitama, 2017) antara lain:

1. Memiliki 27°C - 32°C temperatur maksimum, dan 20°C - 23°C minimum;
2. Memiliki kelembapan rata-rata 75% - 80%
3. Memiliki curah hujan yang tinggi yaitu berkisar 1000 mm – 5000 mm per tahun;
4. Memiliki jumlah awan berkisar 60% - 90%
5. Memiliki awan tipis yang tinggi mencapai lebih dari 7000 kandela/m² menutupi langit, dan terdapat awan tebal sekitar 850 kandela/m²;
6. Memiliki radiasi matahari harian rata-rata 400 watt/m tiap bulannya;
7. Memiliki kecepatan angin 2 – 4 m/s yang terhitung rendah.

2.2 Kaca

Kaca merupakan material amorf sinar-X adalah material amorf sinar-X yang menunjukkan transisi kaca, yang artinya bahwa terjadi fenomena di mana fase amorf padat mengalami perubahan yang mendadak dalam sifat termodinamika turunannya (kapasitas panas dan koefisien ekspansi) dari seperti kristal menjadi seperti cairan seiring perubahan suhu (pemanasan) (Rajaramakrishna & Kaewkhao, 2019). Kaca dicirikan oleh transmisi energi matahari yang tinggi dari lingkungan eksternal ke ruang internal. Oleh karena itu, proporsi kaca pada selubung bangunan akan menentukan jumlah energi matahari yang masuk ke ruang interior dari luar (Muraj & Ostojić, 2023).

2.2.1 Sifat Kaca

Pada umumnya kaca memiliki macam-macam sifat. Berikut adalah sifat-sifat kaca (Mediastika, 2018):

1. Sifat ketahanan kaca terhadap bahan kimia, yaitu reaksinya terhadap asam dan basa yang ada di udara dan air hujan;
2. Sifat mekanis. Kaca biasanya merupakan material yang tidak kokoh. Ketika kaca berinteraksi dengan suhu lingkungan, maka dapat mengurangi kekuatan kaca yang dikendalikan cacat mikro pada strukturnya;
3. Sifat elastis kaca. Kaca yang memiliki sifat mudah pecah dianggap sebagai material yang tidak elastis. Ini tidak benar sepenuhnya karena kaca memiliki sifat elastis, yang berarti bahwa karena struktur ikatan atomnya, kaca dapat berubah bentuk;
4. Sifat termal kaca. Kaca merupakan isolator termal yang menyebabkan kaca memiliki konduktivitas termal yang cukup rendah. Konduktivitas termal kaca tersebut adalah $0,8 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2\text{°C}$ yang terdapat pada *clear glass* dengan tebal 3mm. Meningkatnya ketebalan dan warna kaca akan mempengaruhi angka konduktivitas termal kaca. Istilah lain dari konduktivitas termal yaitu *U-factor* atau *U-value*. Semakin rendah *U-value* maka insulasi kaca semakin baik;
5. Sifat optikal kaca. Sifat ini memengaruhi cara kaca berinteraksi dengan cahaya;
6. Sifat absorpsi, refleksi, dan transmisi. Sifat absorpsi ini dapat mengurangi cahaya yang bergerak melalui kaca. Sedangkan transmisi adalah jumlah cahaya yang dapat melewati kaca. Refleksi pada bahan transparan terjadi di permukaan yang merupakan indeks biasnya.

2.2.2 Jenis Kaca

Menurut Gahlowt et al. (2015), ada beberapa jenis kaca yang digunakan untuk selubung bangunan, yaitu:

1. *Clear Glass*, yaitu kaca tembus pandang yang membentuk bayangan objek dibalik kaca secara jelas;

2. *Extra Clear Glass*, kaca yang digunakan untuk estetika dan menjaga privasi bagi pengguna karena melindungi objek di belakangnya;
3. *Patterned Glass*, adalah kaca dengan permukaan tembus pandang yang menyebarkan cahaya ke permukaannya;
4. *Wire Glass*, adalah kaca yang digunakan untuk melindungi dari kebakaran dan tahan api;
5. *Tinted Glass*, kaca yang memiliki kandungan oksidan dari jenis metal dan berguna untuk menurunkan intensitas silau dari Cahaya matahari;
6. *Tempered Glass*, dikarenakan proses produksi yang mengalami pemanasan mencapai 6500°C dan didinginkan dengan segera maka menghasilkan kaca yang sangat kuat. Tempered glass cocok digunakan pada bangunan yang beriklim sangat terik;
7. *Heat Soaked Tempered Glass*, kaca yang digunakan pada bangunan yang membutuhkan kekuatan terhadap perubahan suhu;
8. *Heat Strengthened Glass*, merupakan kaca yang digunakan pada kaca structural, lantai, dinding, dan atap. Kaca dengan jenis ini dua kali lebih kuat dari tempered glass biasa;
9. *Laminated Glass*, merupakan kaca yang memiliki dua lapisan atau lebih yang lapisannya transparan dengan ditambahkan plastik *Polyvinyl Butiral* (PVB) di antara kedua lapisan tersebut. Lapisan PVB tersebut juga dapat memperkuat kaca;
10. *Reflective Glass*, merupakan kaca berfungsi untuk merefleksi panas dan cahaya sehingga terjadi pengurangan panas dan silau pada bangunan, dikarenakan dilapisi logam pada salah satu permukaannya;
11. *Mirror Glass*, merupakan kaca yang memiliki tingkat reflektif yang tinggi sehingga tercipta bayangan di depan objek kaca;
12. *Insulating Glass Unit (Double Glazing)*, kaca pabrikan terdiri dari dua atau lebih kaca panel diisi udara pada rongga antar lapisan kacanya. Udara tersebut dapat berupa gas atau udara kering dengan kinerja termal yang optimal. *Double glazing* berfungsi

untuk menginsulasi transmisi panas sehingga mengurangi beban pendinginan pada bangunannya.

2.3 Orientasi Bangunan

Orientasi bangunan perlu disesuaikan dengan komponen lain untuk memanfaatkan metode pemanasan dan penyejukan secara alami (Yuuwono, 2011). Orientasi pada bangunan menentukan penyinaran secara langsung atau tidaknya menuju dinding, dimana pada iklim tropis yang terkena penyinaran langsung paling banyak adalah fasad dengan orientasi arah Timur (Mangunwijaya, 1980).

Orientasi adalah posisi bentuk yang sifatnya relatif terhadap suatu bidang dasarnya, dan arah mata angin. Orientasi yang beragam muncul sebagai konsekuensi dari pengaruhnya terhadap faktor-faktor tertentu yang menuntut bangunan untuk mampu menyelesaikan masalah-masalah fisika bangunan contohnya termal, silau, air hujan, dan lainnya (Yuuwono & Ismadi, 2020).

Bangunan dirancang menghadap Utara – Selatan untuk merespons paparan sinar matahari karena akan sangat berpotensi dalam mereduksi panas matahari karena memiliki beban yang tidak terlalu berat sehingga memenuhi standarisasi kenyamanan termal bangunan. Sebagai bagian dari standarisasi, orientasi bangunan di Jawa diarahkan dengan kemiringan 5° dan bentang terpanjang sejajar poros Utara – Selatan (Raharja et al., 2016). Untuk mengidentifikasi orientasi bangunan yang paling hemat energi dalam mengurangi pengaruh radiasi matahari, dilakukan cara memberikan bukaan paling banyak pada fasad yang lebih panjang (Karimi et al., 2024).

Kajian di atas menunjukkan bahwa, untuk mendapatkan keuntungan dari metode pemanasan dan penyejukan secara alami, bangunan yang mengikuti standar orientasi bangunan pulau Jawa harus menempatkan posisi bangunan sesuai dengan potensinya serta mengantisipasi efek sinar matahari yang berlebihan, yang berdampak pada termal dan energi, serta tampias air hujan. Orientasi pada bangunan juga menentukan penyinaran secara langsung atau tidaknya menuju dinding.

2.4 Konservasi Energi

Sangat penting untuk memahami penggunaan energi yang berkelanjutan saat mendesain atau merancang bangunan di era modern (Arab et al., 2023). Selain dampak negatif terhadap lingkungan, efisiensi energi mempengaruhi pengalaman pengguna bangunan. Penggunaan teknologi dan material efisien dapat menghemat energi dan mengurangi biaya operasional serta perawatan bangunan. Pengaturan Cahaya dan suhu yang tepat dapat mengoptimalkan kenyamanan pengguna dan menciptakan lingkungan yang lebih produktif dan sehat (Magdalena & Tondobala, 2016).

Upaya penghematan terhadap energi atau efisiensi energi yang dilakukan secara rasional merupakan bentuk dari konservasi energi, namun bukan berarti mengurangi semua aktivitas yang memerlukan energi melainkan tidak mengorbankan produktivitas kerja, keselamatan, dan kenyamanan. Sebaliknya, penghematan terhadap energi dicapai dengan mengoptimalkan penggunaan energi sesuai dengan kebutuhan (Machroji & Suharyani, 2023). Dalam merancang sebuah bangunan harus memperhatikan faktor-faktor penting agar tercapai penghematan konsumsi energi (T. Handayani, 2010) antara lain:

1. Faktor Iklim Tropis

Dari perspektif energi, suhu udara di iklim tropis yang relatif tinggi sangat menguntungkan karena ruangan tidak membutuhkan pemanas. Namun, teknologi pengkondisian udara yang membutuhkan energi diperlukan untuk menjaga suhu pada situasi dan kondisi tertentu.

Banyaknya angin dan sinar matahari dapat menjadi suatu potensi dan manfaat yang baik. Hal ini mempengaruhi kenyamanan termal di dalam bangunan yang perlu didapatkan namun tetap memperhatikan penghematan pada penggunaan energi;

2. Faktor Kualitas Lingkungan

Perancangan bangunan yang hemat energi dipengaruhi kualitas udara, tanah, dan air dimana merupakan lingkungan sekitar bangunan;

3. Faktor Arah Hadap Bangunan (Orientasi)

Bidang bangunan yang mengarah pada sinar matahari akan memanaskan. Untuk rentang waktu 09.00 – 11.00 arah Timur dimana matahari terbit memberikan efek panas sehingga menimbulkan

ketidaknyamanan. Untuk rentang waktu 13.00 – 15.00 arah Barat dimana matahari terbenam, memancarkan panasnya yang menimbulkan kesilauan. Dalam hal tersebut, arah mata angin dan pola pergeseran matahari perlu diperhatikan.

4. Faktor Denah Bangunan

Aliran udara alami dan cahaya matahari masuk ke dalam ruang akan terhambat jika denah bangunan yang kompleks, sehingga diperlukan penghawaan dan pencahayaan buatan.

5. Faktor Bahan Bangunan

Suhu ruang dipengaruhi oleh panas matahari melalui tiga proses yaitu radiasi, konveksi, dan konduksi. Material yang berkonduktivitas rendah memiliki daya isolator yang lebih baik daripada material yang berkonduktivitas tinggi, oleh karena itu material berkonduktivitas rendah disebut sebagai penghantar panas yang baik.

Berdasarkan GBCI, terdapat 2 prasyarat dan 5 penilaian dalam konservasi energi, antara lain (Machroji & Suharyani, 2023):

1. Prasyarat pertama, *OTTV calculation* atau perhitungan OTTV;
2. Prasyarat kedua, *electrical submetering* atau Pemasangan sub-meter;
3. Penilaian pertama, langkah-langkah efisiensi energi (*energy efficiency measures*);
4. Penilaian kedua, pencahayaan alami (*natural lighting*);
5. Penilaian ketiga, ventilasi (*ventilation*);
6. Penilaian keempat, pengaruh perubahan iklim (*climate change impact*);
7. Penilaian kelima, energi terbarukan dalam tapak (*on-site renewable energy*);

Untuk menentukan seberapa besar potensi konservasi energi sebuah bangunan, harus mempertimbangkan nilai konsumsi energi saat mengonsumsi energi. Salah satu tolok ukur penting untuk meningkatkan penghematan energi adalah Intensitas Konsumsi Energi (IKE), yang menganalisis banyaknya pengeluaran energi yang dikonsumsi oleh bangunan

dalam kurun waktu tertentu dibandingkan dengan luas bangunan (kWh/m²/tahun) (Ibrahim & Sumpena, 2022). Berikut rumus IKE:

$$\text{IKE} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Area m}^2}$$

IKE juga memiliki standarisasi. Berikut tabel standar nilai Intensitas Konsumsi Energi bangunan ber-AC Permen ESDM No. 03 2025:

Tabel 2. 1 Standarisasi nilai Intensitas Konsumsi Energi bangunan ber-AC

Klasifikasi	Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m ² /tahun)	
	Luas Bangunan ≤ 5000 m ²	Luas Bangunan > 5000 m ²
Sangat Efisien	IKE < 70	IKE < 99
Efisien	70 ≤ IKE < 99	99 ≤ IKE < 135
Cukup Efisien	99 ≤ IKE ≤ 135	135 ≤ IKE ≤ 173
Boros	IKE > 135	IKE > 173

Sumber: (Permen ESDM, 2025)

2.5 EDGE Building App

IFC (*International Finance Corporation*), anggota World Bank Group mengembangkan sistem standarisasi dan sertifikasi bangunan hijau yang disebut EDGE (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*). Tujuannya adalah untuk membantu dalam menentukan desain bangunan hijau mencapai penghematan optimal dengan mempertimbangkan kondisi iklim local (EDGE User Guide, 2024).



Gambar 2. 1 Logo EDGE Building App
Sumber: (EDGE User Guide, 2024)

Diciptakannya aplikasi EDGE yaitu untuk merespon kebutuhan akan solusi yang terukur dalam mempercepat perkembangan proliterasi bangunan hijau. Pada tahap perancangan awal, EDGE membantu menemukan solusi secara teknis untuk mengurangi biaya operasional dan dampak pada lingkungan.

Pada versi terbaru, EDGE memiliki empat simulasi utama yang dievaluasi secara efektif untuk mendorong pembangunan bangunan hijau meliputi penghematan energi, penghematan air, penghematan bahan, dan penghematan karbon. Standar EDGE menyatakan bahwa bangunan hijau akan menghemat 20% energi, air, dan bahan (Ala & Prianto, 2020).

2.5.1 *Windows to Wall Ratio (WWR)*

Menurut (SNI 6389_2020, 2020), WWR adalah rasio fenetrasi terhadap dinding keseluruhan. Berikut persamaan perhitungan WWR (EDGE User Guide, 2024):

$$\text{WWR (\%)} = \frac{\Sigma \text{ External Glazing Area (m}^2\text{)}}{\Sigma \text{ Exposed Gross Facade Area (m}^2\text{)}}$$

External glazing area atau area kaca luar adalah area kaca termasuk rangka dan kusen di semua fasad bangunan tanpa memandang orientasinya. *Exposed gross facade area* atau luas fasad kotor yang terekspos adalah jumlah luas dinding luar yang membagi ruang dalam yang dikondisikan secara termal dari luar untuk semua orientasi yang meliputi dinding, jendela, pintu, kusen, dan rangka.

2.5.2 *Annual Average Shading Factor (AASF)*

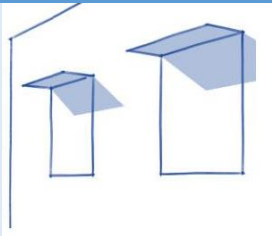
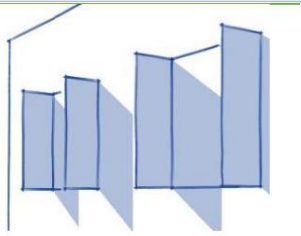
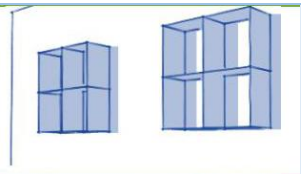
Perlindungan kaca dari sinar atau radiasi matahari langsung guna mengurangi perolehan panas matahari yang terpancar diperlukan peneduh eksternal pada bangunan. Terdapat beberapa faktor seperti lintang bangunan, orientasi jendela, dan ukuran perangkat peneduh yang mempengaruhi banyaknya radiasi matahari masuk ke dalam bangunan. Faktor peneduh rata – rata tahunan (AASF) digunakan untuk menilai efektivitas perangkat peneduh. Berikut rumus AASF (EDGE User Guide, 2024):

$$\text{AASF} = 1 - \frac{\text{Total perolehan panas matahari tahunan dari jendela dengan naungan (kWh)}}{\text{Total perolehan panas matahari tahunan dari jendela tanpa naungan m}^2}$$

Skala faktor bayangan meliputi nilai decimal dalam interval [0, 1] menggunakan notasi matematis. AASF yang lebih tinggi menunjukkan konservasi energi dalam pendinginan yang nilainya tinggi.

Terdapat empat tipe peneduh eksternal yaitu horisontal, vertikal, gabungan, dan perangkat peneduh yang dapat dipindahkan. Berikut tabel tipe – tipe peneduh (EDGE User Guide, 2024):

Tabel 2. 2 Tipe-tipe peneduh

Jenis Bayangan	Gambar	Keterangan
Perangkat peneduh horisontal (overhang)		Berguna untuk membangun fasad dimana sinar matahari berada pada sudut datang yang tinggi.
Perangkat peneduh vertikal (sirip)		Berguna saat sinar matahari yang berada pada sudut datang rendah (saat matahari tempak rendah di langit)
Perangkat peneduh gabungan (peti telur)		Kondisi di mana jumlah ruang yang dibutuhkan setiap waktu dalam setahun berbeda-beda maka menggunakan jenis ini.
Perangkat peneduh yang dapat dipindahkan		Tipe ini berguna sebagai pengendali sinar matahari terik serta menghambat hilangnya panas di malam hari. Berguna juga untuk melindungi dari cuaca buruk, serta memberikan privasi dan keamanan.

Sumber: (EDGE User Guide, 2024)

2.5.3 Nilai U pada Isolasi Atap

Pengukuran ini menggunakan nilai U (*U-value*) atau konduktivitas termal bahan sebagai indikator kerja, dengan isolasi yang mengarah pada peningkatan nilai U. Isolasi ini menginsulasi ruangan dari fluktuasi suhu eksternal. Transmisi panas melalui konduksi dapat berkurang karena isolasi tersebut. Semakin baik insulasi bangunan, semakin rendah nilai U-nya, dan semakin baik pula kinerja termalnya (EDGE User Guide, 2024).

Nilai U dapat dihitung sesuai dengan (*simplified method*) sebagaimana didefinisikan dalam ISO 6946 dengan rumus (EDGE User Guide, 2024):

$$U\text{-Value} = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + R_1 + R_2 + \dots}$$

Dimana:

R_{si} adalah hambatan lapisan udara ada sisi dalam atap

R_{se} adalah hambatan lapisan udara ada sisi luar atap

$R_1 + R_2 + \dots$ adalah resistensi setiap lapisan material dalam atap.

2.5.4 Efisiensi Kaca

Dalam buku (EDGE User Guide, 2024) menyebutkan bahwa dengan cara memantulkan energi termal, lapisan Low-E yang terbuat dari oksida logam yang lapisannya sangat tipis kemudian ditempelkan pada permukaan kaca ini memiliki tujuan meminimalkan perpindahan panas yang mengarah ke segala sisi dan menjaga panas di sisi yang sama. Ketika di daerah beriklim hangat, lapisan Low-E tersebut mengurangi perolehan panas. Berbeda dengan daerah beriklim dingin dimana Low-E memantulkan kembali panas dari ruang. Untuk mencapai SHGC dan perpindahan panas yang lebih rendah, dapat memilih lapisan ganda atau lebih yang memiliki kinerja termal tinggi.

Dalam aplikasi EDGE memungkinkan pengguna untuk memodelkan Sembilan jenis kaca yang berbeda, dan terdapat nilai U, SHGC, dan VT. Setiap jenis kaca ini memiliki nilai U (transmitansi) berbeda tergantung ketebalan, lapisan, dan sifat – sifat lainnya, hal ini yang menunjukkan bahwa seberapa kaca itu efektif sebagai isolator.

2.6 OTTV dan RTTV

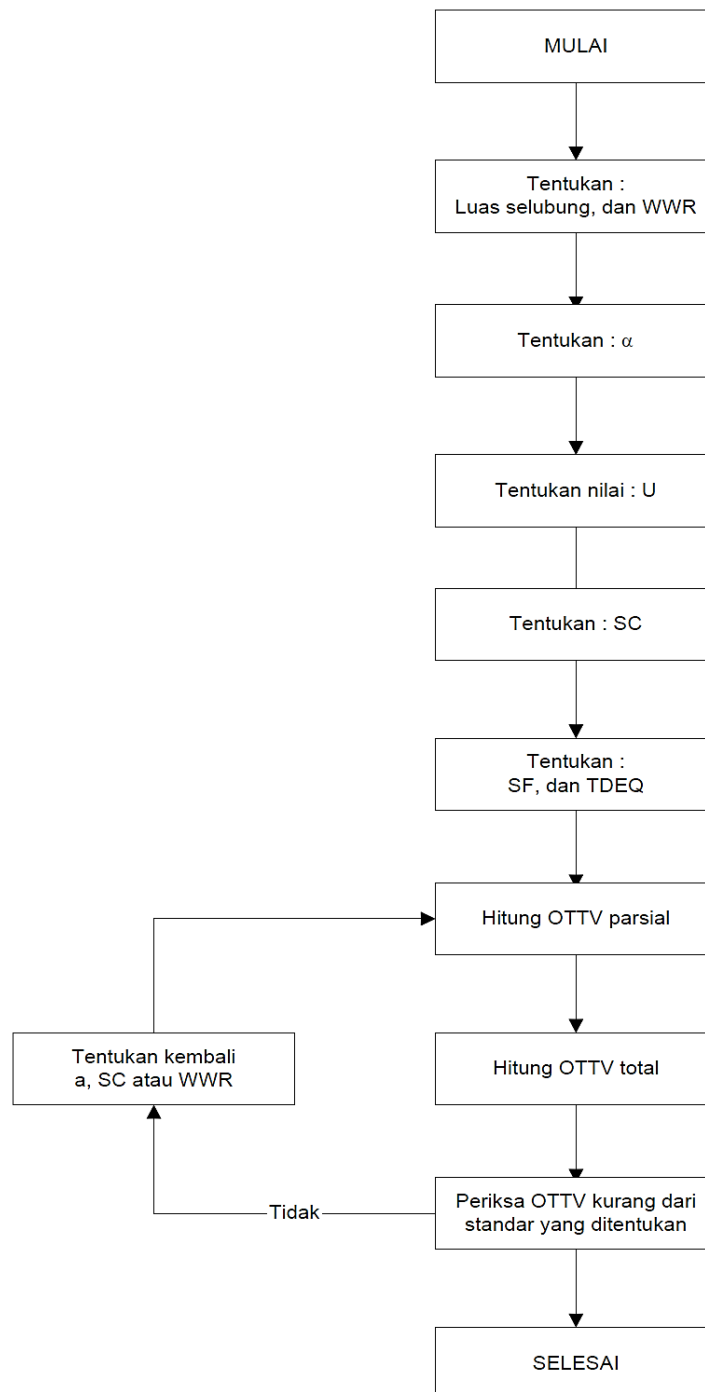
Menurut SNI 6389_2020 (2020), menyebutkan bahwa nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) merupakan standar desain untuk selubung bangunan (dinding dan kaca luar) yang dikondisikan. Sedangkan nilai RTTV (*Roof Thermal Transfer Value*) adalah standar perancangan penutup atap, baik dengan atau tanpa *skylight*.

Berikut adalah syarat-syarat OTTV dan RTTV yang harus ada pada selubung bangunan:

1. Penerapan OTTV dan RTTV hanya untuk dinding dan atap bangunan yang menggunakan sistem pengkondisian udara;
2. OTTV untuk selubung bangunan dengan batas maksimal 35 W/m^2 ;
3. RTTV selubung bangunan dengan fenetrasi memiliki batas maksimal 35 W/m^2 , sedangkan batas maksimal tanpa fenetrasi pada permukaan yaitu 10 W/m^2 .

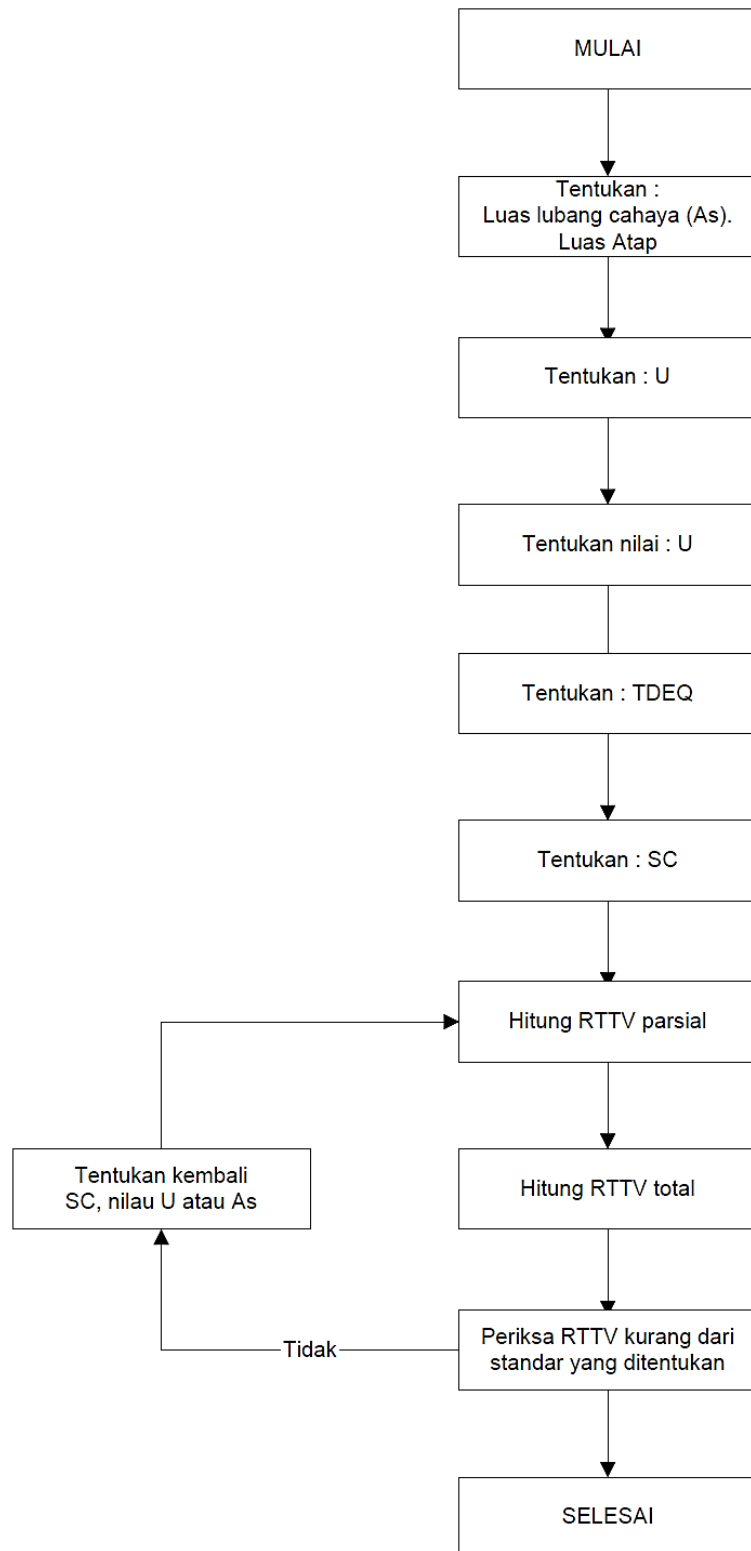
Berikut adalah prosedur dalam menghitung OTTV dan RTTV (SNI 6389_2020, 2020):

1. Pada gambar di bawah ini menunjukkan diagram proses perancangan OTTV.



Gambar 2. 2 Diagram Proses Perhitungan OTTV
Sumber: (SNI 6389_2020, 2020)

2. Pada gambar di bawah ini menunjukkan diagram proses perancangan RTTV.



Gambar 2. 3 Diagram Proses Perhitungan RTTV
Sumber: (EDGE User Guide, 2024)

Adapun persamaan perhitungan OTTV dan RTTV (SNI 6389_2020, 2020) sebagai berikut:

1. OTTV. Untuk OTTV parsial di setiap orientasi harus dihitung menggunakan persamaan:

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

Dengan:

OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar pada orientasi tertentu (W/m^2);

α = Absorbtansi radiasi matahari;

U_w = Transmittan termal dinding tidak tembus cahaya ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$);

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

T_{DEK} = Beda temperatur ekuivalen (K);

SF = Faktor radiasi matahari (W/m^2);

SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi;

U_f = Transmittan termal fenestrasi ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$);

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

Setelah menghitung OTTV orientasi tertentu atau parsial, maka dihitung OTTV total dengan persamaan:

$$\text{OTTV Total} = \frac{(\text{OTTV}_1 \times A_1) + (\text{OTTV}_2 \times A_2) + \dots + (\text{OTTV}_i \times A_i)}{A_1 + A_2 + \dots + A_i}$$

Dengan:

A_i = luas dinding pada bagian dinding luar i (m^2). Luas total ini termasuk semua permukaan dinding masif dan fenestrasi;

OTTV_i = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding (Watt/m^2) sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan sebelumnya;

2. RTTV dari penutup atap bangunan harus dihitung menggunakan persamaan:

$$RTTV = \frac{\alpha [Ar \times Ur \times TD_{EK}] + [As \times Us \times \Delta T] + [As \times SC \times SF]}{Ao}$$

Dengan:

$RTTV$ = nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap (W/m^2).

α = absorbtansi radiasi matahari;

Ar = luas atap yang tidak transparan (m^2).

As = luas *skylight* (m^2).

Ao = luas total atap = $Ar + As$ (m^2)

Ur = transmittan termal atap tidak transparan ($W/m^2.K$).

TD_{EK} = beda temperatur ekuivalen (K);

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

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

Us = transmittan termal fenestrasi (*skylight*) ($W/m^2.K$).

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

2.6.1 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari (α)

Tabel berikut menunjukkan nilai absorbtansi radiasi matahari dari berbagai jenis permukaan dinding tidak transparan (SNI 6389_2020, 2020) berikut:

Tabel 2. 3 Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tidak transparan

Bahan Dinding Luar	α
Beton berat ¹⁾	0.91
Bata merah	0.89
<i>Bituminous felt</i>	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 aluminium	0.40
Kerikil	0.29
Seng putih	0.26
Bata glazur putih	0.25
Lembaran aluminium yang dikilapkan	0.12
1) Untuk bangunan nuklir	

Sumber: (SNI 6389_2020, 2020)

Tabel 2. 4 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 6389_2020, 2020)

Nilai Absorbtansi Rata-rata (α) = α bahan dinding luar x α cat permukaan dinding luar

2.6.2 Nilai Transmittan Termal (U)

Nilai transmittan termal (U) untuk dinding tidak transparan dan fenetrasi yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, dapat dihitung dengan rumus (SNI 6389_2020, 2020):

$$U = \frac{1}{R_{Total}}$$

R_{Total} = Resistan termal lapisan dinding total ditambah lapisan udara dalam dan luar.

Resistans termal terdiri dari:

1. Resistan lapisan udara luar (R_{UL}) dan Resistan lapisan udara permukaan (R_{UP})

Besarnya nilai R_{UL} dan R_{UP} dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 5 Nilai resistan termal

Jenis Permukaan		Resistans Termal R (m ² .K/W)
Permukaan dalam (R_{UP})	Emisivitas tinggi ¹⁾	0,120
	Emisivitas rendah ²⁾	0,299
Permukaan luar (R_{UL})	Emisivitas tinggi	0,044
1) Emisivitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif) 2) Emisivitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti aluminium foil		

Sumber: (SNI 6389_2020, 2020)

2. Resistan termal bahan (R_K)

$$R_K = \frac{t}{k}$$

Dengan:

t = tebal bahan (m)

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

Besarnya nilai k bahan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 6 Nilai konduktivitas termal bahan

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	Plesteran pasir semen	1837	0,533
5	Kaca lembaran	2512	1,053

6	Papan gypsum	880	0,170
7	Kayu lunak	608	0,125
8	Kayu keras	702	0,138
9	Kayu lapis	528	0,148
10	Glasswool	32	0,035
11	Fiberglass	32	0,035
12	Paduan Aluminium	2672	211
13	Tembaga	8784	385
14	Baja	7840	47,6
15	Granit	2640	2,927
16	Marmer/batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298

Sumber: (SNI 6389_2020, 2020)

3. Resistan termal rongga udara (R_{RU})

Nilai resistansi termal rongga dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 7 Nilai resistansi termal rongga udara

No	Jenis celah udara		Resistansi termal (m^2K/W)		
			5mm	10mm	100mm
1	R_{RU} untuk dinding Rongga udara vertikal (aliran panas secara horizontal)				
	1. Emisivitas tinggi		0,110	0,148	0,160
	2. Emisivitas rendah		0,250	0,578	0,606
2	R_{RU} untuk atap Rongga udara horizontal/miring (aliran panas ke bawah)				
	1. Emisivitas tinggi	Rongga udara horizontal	0,110	0,148	0,147
		Rongga udara dengan kemiringan $22,5^\circ$	0,110	0,148	0,165
		Rongga udara dengan kemiringan 45°	0,110	0,148	0,158
	2. Emisivitas rendah	Rongga udara horizontal	0,250	0,572	1,423
		Rongga udara dengan kemiringan $22,5^\circ$	0,250	0,571	1,095
		Rongga udara dengan kemiringan 45°	0,250	0,570	0,768
3	R_{RU} untuk loteng 1. Emisivitas tinggi		0,458		
	2. Emisivitas rendah		1,356		

Sumber: (SNI 6389_2020, 2020)

2.6.3 Nilai Shadding Coefficient (SC)

Secara umum, koefisien peneduh pada setiap sistem fenetrasi dihitung dengan rumus (SNI 6389_2020, 2020) berikut:

$$SC = SC_k \times SC_{eff}$$

Dengan:

SC = koefisien peneduh sistem fenetrasi

SC_k = koefisien peneduh kaca atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan kaca film (*solar control film*)

SC_{eff} = koefisien peneduh efektif peralatan peneduh luar

Koefisien peneduh efektif dapat dilihat pada *spreadsheet* berdasarkan SNI 6389_2020

2.6.4 Nilai Solar Factor (SF)

Tabel dibawah menunjukkan faktor radiasi matahari Kota Semarang (SNI 6389_2020, 2020):

Tabel 2. 8 Nilai solar faktor

Kota	Utr	TL	Tmr	Tgr	Slt	BD	Brt	BL	Roof / Horizontal
Semarang	156	170	177	138	111	155	205	191	434

Sumber: (SNI 6389_2020, 2020)

Utr = Utara

Slt = Selatan

Tmr = Timur

Brt = Barat

TL = Timur Laut

BD = Barat Daya

Tgr = Tenggara

BL= Barat Laut

2.6.5 Beda Temperatur Ekuivalen (TD_{ek})

Beda temperatur ekuivalen dipengaruhi oleh (SNI 6389_2020, 2020):

(i) densitas, tipe, dan massa konstruksi, (ii) Intensitas radiasi, (iii) lokasi dan orientasi bangunan, (iv) kondisi perancangan. Tabel 2. 9 di bawah adalah nilai TD_{EK} untuk berbagai tipe konstruksi sebagai penyederhanaan perhitungan OTTV:

Tabel 2. 9 Nilai TD_{ek} sesuai tipe konstruksi

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

Sumber: (SNI 6389_2020, 2020)

2.7 Kenyamanan Termal

Menurut (Koenigsberger et al., 1975), minat dalam menetapkan kriteria kenyamanan termal dimulai di Eropa sekitar 150 tahun yang lalu, ketika dimulai dengan gerakan untuk mereformasi kondisi di industri dan perumahan. Kriteria kehangatan dasar pertama kali ditetapkan dalam industri pertambangan, logam, dan tekstil, karena kecelakaan dan penyakit akibat tekanan panas dan kelembapan sebelumnya cukup umum terjadi.

Kondisi nyaman terhadap lingkungan merupakan hal yang pasti dicari oleh manusia. Ketidaknyamanan bagi pengguna ruangan disebabkan oleh tingkat suhu, kelembapan, dan pergerakan udara yang terlalu tinggi atau rendah (Sarinda et al., 2017).

Dapat dijelaskan bahwa suhu udara meliputi radiasi, kelembapan udara meliputi uap air, sedangkan pergerakan udara meliputi tekanan udara. Dari ketiga faktor diatas terbentuklah kenyamanan termal fisik manusia, yang disebut sebagai daerah nyaman (Frick et al., 2007).

Tercapainya keadaan termal yang optimal merupakan prasyarat bagi aktivitas manusia yang nyaman dan produktif, karena kenyamanan termal penghuni ini dipengaruhi oleh aktivitas-aktivitas manusia (Retyanto & Hendriani, 2018).

Respon manusia terhadap lingkungan termal tidak hanya bergantung pada suhu udara. Telah ditetapkan tanpa keraguan bahwa suhu udara, kelembapan, radiasi, dan pergerakan udara semuanya menghasilkan efek termal, dan harus dipertimbangkan secara bersamaan jika respons manusia akan diprediksi. Proses termal dasar tubuh manusia perlu untuk diperiksa untuk membuktikan pengaruh faktor-faktor iklim ini (Koenigsberger et al., 1975).

Tabel di bawah ini adalah faktor-faktor kenyamanan termal menurut para ahli:

Tabel 2. 10 Faktor-faktor kenyamanan termal menurut para ahli

Szokolay	Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992), Standar Internasional (ISO 7730:1994)	Humphreys dan Nicol
- Iklim: i. Matahari (besarnya radiasi), ii. Suhu udara, iii. Angin (kecepatan udara), iv. Kelembaban udara luar	- Iklim: i. Matahari (besarnya radiasi), ii. Suhu udara, iii. Angin (kecepatan udara), iv. Kelembaban udara luar	- Iklim: i. Matahari (besarnya radiasi), ii. Suhu udara, iii. Angin (kecepatan udara), iv. Kelembaban udara luar
- Faktor individu: i. Pakaian, ii. Aklimatisasi, iii. Usia dan jenis kelamin, iv. Tingkat kegemukan v. Tingkat Kesehatan vi. Jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi vii. Warna kulit (suku bangsa)	- Faktor individu: i. Pakaian, ii. Aktivitas	- Faktor individu: i. Pakaian, ii. Aktivitas iii. Adaptasi individu iv. Lokasi geografis

Sumber: (Talarosha, 2005)

Kenyamanan termal adalah ketika seseorang merasa nyaman dengan suhu lingkungannya, atau tidak merasakan suhu udara terlalu panas atau terlalu dingin (Arifah & Adhitama, 2017).

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal (Arifah & Adhitama, 2017):

1. Temperatur Udara

Temperatur udara dipengaruhi oleh perasaan subjektif dan kenyamanan berperilaku, ini merupakan unsur utama kenyamanan

termal. Menurut SNI 03-6572-2001, standarisasi kenyamanan termal dalam kategori hangat nyaman adalah 25,8°C hingga 27,1°C;

2. Kelembapan udara

Menurut SNI 03-6572-2001, idealnya kelembapan udara relatif daerah tropis berada pada kisaran 40% hingga 50%. Namun, untuk ruang pertemuan yang padat, kelembapan relative yang disarankan meningkat menjadi 55% hingga 60%;

3. Kecepatan Angin

Menurut SNI 03-6572-2001, kecepatan angin optimal adalah 0,25 m/s. Kecepatan ini dapat ditingkatkan jika kondisi udara di dalam ruangan kering;

4. Temperatur radiant

Hal yang sangat berpengaruh terhadap sensasi termal yaitu radiasi matahari;

5. Insulasi pakaian

Kenyamanan termal seseorang juga dipengaruhi oleh jenis dan bahan pakaian yang digunakan;

6. Aktivitas

Setiap aktivitas manusia akan berpengaruh terhadap laju metabolisme tubuh.

Kenyamanan termal merujuk pada kondisi psikologis saat seseorang menyatakan kepuasan terhadap lingkungan termalnya, artinya tidak merasa terlalu panas ataupun dingin. Ketidaknyamanan bagi pengguna ruangan disebabkan oleh tingkat suhu, kelembapan, dan pergerakan udara yang terlalu tinggi atau rendah. Dari ketiga faktor diatas terbentuklah kenyamanan termal fisik manusia, atau istilah lainnya yaitu daerah nyaman. Berlaku juga saat manusia melakukan aktivitas, karena aktivitas dapat mempengaruhi laju kenyamanan termal.

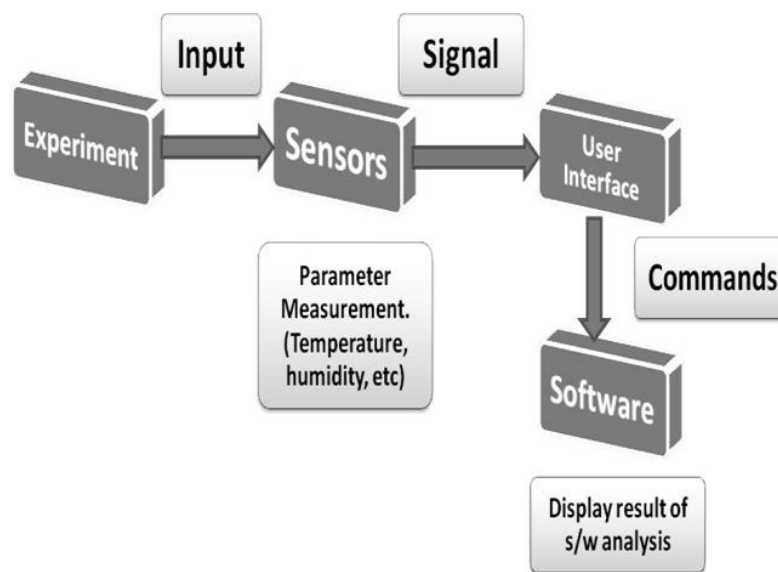
2.8 Data Logger

Data logger adalah alat elektronik yang dapat merekam, memindai, dan mengambil data secara otomatis dengan kecepatan yang tinggi dan efisien selama pengukuran. Adapun jenis informasi yang direkam yaitu suhu, kelembapan relatif, tegangan, denyut nadi yang ditentukan pengguna. Maka

dari itu alat ini dapat mengukur keluaran listrik dari semua jenis transduser dan mencatat nilainya (Badhiye et al., 2011).

Data logger bekerja menggunakan sensor untuk mengubah fenomena fisik dan rangsangan menjadi sinyal elektronik seperti tegangan atau arus, lalu sinyal elektronik ini diubah menjadi data biner yang kemudian dengan mudah dianalisis oleh perangkat lunak dan disimpan untuk analisis pasca proses.

Perekam data didasarkan pada prosesor digital yang dapat merekam data dari waktu ke waktu terkait lokasi, baik dengan instrumen atau sensor internal atau keduanya. Perekam data ini dapat mengumpulkan data secara otomatis selama 24 jam.



Gambar 2. 4 Proses Pengoperasian Data Logger
Sumber: (Badhiye et al., 2011)

Berdasarkan gambar di atas, berikut penjelasan mengenai pengoperasian Data Logger (Badhiye et al., 2011):

1. Eksperimen: Bagian eksperimen melibatkan penyerahan parameter lingkungan atau objek tertentu ke sensor sebagai input;
2. Sensor: Berbagai sensor digunakan untuk menyampaikan input dari berbagai sumber ke pencatat data untuk mengukur parameter seperti suhu dan kelembapan, di mana sinyal listrik diubah menjadi nilai suhu dan kelembapan;
3. Antarmuka Pengguna (*User Interface*): Antarmuka ini berfungsi untuk berinteraksi dengan perangkat lunak dan sensor melalui analisis algoritma yang digunakan untuk menyimpan data;

4. Perangkat Lunak (*Software*): Berfungsi untuk menampilkan data yang disimpan dari sensor. Ini memungkinkan data disimpan untuk waktu yang lama.

2.9 Software Window 7.8 LBNL

Perangkat Lunak Window 7.8 LBNL adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Lawrence Berkeley National Laboratory. Kegunaan perangkat lunak Window 7.8 LBNL yaitu sebagai simulasi termal dan optik kaca dan pencahayaan alami. Perangkat lunak ini menawarkan fitur – fitur sebagai berikut (Curcija et al., 2015):

1. Kemampuan untuk menganalisis produk yang terbuat dari kombinasi lapisan kaca, lapisan gas, rangka, spacer, dan pembagi apapun dan pada kemiringan apapun.
2. Kemampuan untuk memodelkan sistem kaca yang rumit seperti tirai venesia dan roller shade. Pustaka yang dapat diakses langsung dari komponen sistem jendela (sistem kaca, lapisan kaca, pengisi gas, elemen rangka dan pembagi), dan kondisi lingkungan
3. Kemampuan untuk menentukan dimensi dan sifat termal setiap elemen rangka (header, sill, kusen, mullion) di jendela.
4. Model spektral multi-band (panjang gelombang per panjang gelombang).
5. Tautan dengan program analisis energi bangunan DOE-2.1E dan Energy Plus.
6. Nilai-U, koefisien perolehan panas matahari, koefisien naungan, dan transmitansi tampak untuk sistem kaca (nilai pusat kaca).
7. Nilai U dari elemen bingkai dan pembagi serta area tepi kaca yang sesuai (berdasarkan korelasi generik).
8. Total transmitansi dan reflektansi surya dan tampak dari sistem kaca. Properti warna, yaitu koordinat warna L^* , a^* , dan b^* , panjang gelombang dominan, dan kemurnian radiasi surya yang dipancarkan dan dipantulkan (luar ruangan);
9. Transmitansi tertimbang kerusakan dari sistem kaca antara 0,3 dan 0,38 mikron.

10. Ketergantungan sudut dari transmitansi surya dan tampak, reflektansi surya dan tampak, penyerapan surya, dan koefisien perolehan panas surya dari sistem kaca.
11. Persentase kelembapan relatif udara dalam dan luar yang menyebabkan terjadinya kondensasi pada permukaan kaca interior dan eksterior.
12. Distribusi suhu pusat kaca.

2.10 SPSS

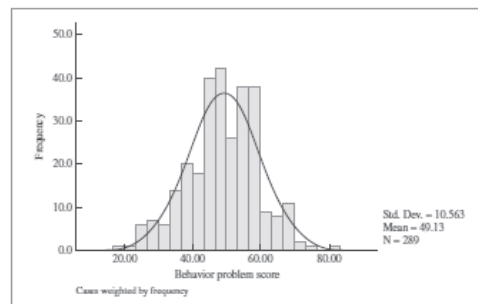
Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) merupakan software yang digunakan untuk menganalisis statistik interaktif atau batch. Peneliti Pendidikan, pasar, kesehatan, dan perusahaan survei, serta organisasi pemasaran, pemerintah, dan banyak lagi orang menggunakan program ini untuk analisis statistik dalam ilmu sosial. SPSS adalah program yang cukup baik untuk analisis statistik dan memiliki menu deskriptif dan kotak dialog yang mudah digunakan (M. Handayani et al., 2023)

Terdapat istilah – istilah dalam jendela data editor SPSS, antara lain:

1. *File*, berperan untuk mengatur hal – hal yang berkaitan dengan file data;
2. *Edit*, berperan untuk mengatur hal – hal yang berkaitan dengan perbaikan data;
3. *View*, berperan untuk mengubah status toolbar;
4. *Data*, berperan untuk membuat perubahan yang ada pada SPSS secara menyeluruh;
5. *Analyze*, adalah menu pusat SPSS yang digunakan untuk pengujian statistik, yaitu uji F, uji T, regresi, korelasi, anova, dan sebagainya;
6. *Graph*, berperan untuk membuat berbagai jenis grafik dalam menunjukkan hasil dari pengujian;
7. *Utilities*, berperan untuk mengatur tampilan beberapa menu lainnya;
8. *Window*, berperan menyediakan perintah terkait jendela SPSS;
9. *Help*, adalah menu bar dimana informasi atau bantuan tentang software SPSS tersedia.

2.10.1 Uji Normalitas

Uji normalitas berperan menentukan apakah data berdistribusi normal atau tidak. Yang dimaksud dari distribusi normal adalah distribusi yang simetris dengan mean, modus, dan median di pusat, serta bentuk histogram sama dengan ciri-ciri seperti lonceng. Dapat dilihat pada gambar berikut (Nuryadi et al., 2017):



Gambar 2. 5 Grafik Histogram Uji Normalitas
Sumber: (Nuryadi et al., 2017)

Uji normalitas adalah prosedur untuk menentukan apakah data sampel berasal dari populasi yang terdistribusi normal atau tidak. Uji ini sangat penting terutama untuk data interval dan rasio, dan memiliki dua hipotesis yaitu H_0 (data terdistribusi normal) dan H_1 (data tidak terdistribusi normal) (Nuryadi et al., 2017).

Berikut adalah uji yang berkaitan dengan uji normalitas:

A. Uji Normalitas menggunakan Uji Liliefors

Uji Liliefors (L_0) digunakan untuk menguji normalitas data. Ini dimulai dengan menentukan taraf sigifikansi yaitu 5% (0,05), dengan hipotesis sebagai berikut (Nuryadi et al., 2017):

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Kriteria pengujian:

Jika $L_{hitung} < L_{tabel}$ terima H_0 , dan Jika $L_{hitung} > L_{tabel}$ tolak H_0

B. Uji Kolmogorov Smirnov

Ketika mean dan varian data diketahui, metode uji ini digunakan untuk menentukan apakah data mengikuti distribusi tertentu. Distribusi data yang diuji dengan metode uji ini memiliki sampel random atau acak dan bersifat kontinyu (Ahadi & Zain, 2023).

C. Uji Shapiro-Wilk

Samuel Shapiro dan Martin Wilk membuat uji Shapiro-Wilk untuk normalitas ini pada tahun 1965. Karena kekuatan ujinya yang lebih besar daripada uji normalitas alternatif dari berbagai range, uji Shapiro-Wilk sekarang menjadi yang paling disukai. Uji ini bergantung pada bagaimana data yang diberikan berkorelasi dengan kecocokan angka normal (Rini & Faisal, 2015).

2.10.2 Uji Wilcoxon atau *Wilcoxon Signed Rank Test*

Uji Wilcoxon merupakan uji statistik non parametrik dimana persyaratan mengenai parameter sampel dari penelitian pada uji ini tidak diperlukan. Proses uji non parametrik lebih sederhana dibandingkan uji parametrik yang menuntut sampel atau data yang diambil harus berdistribusi normal (Nahm, 2016). Dari segi jumlah data, pada umumnya digunakan untuk data berjumlah kecil ($n < 30$) (Trimawartinah, 2020). Uji statistik non parametrik digunakan apabila (Turner, 2014):

1. Memiliki data atau sampel yang berukuran sangat kecil;
2. Menggunakan data yang bersifat nominal, artinya dapat diklasifikasikan dalam kategori;
3. Menggunakan data yang bersifat ordinal, artinya dapat disusun dalam urutan atau rankingnya;
4. Data atau sampel berdistribusi tidak normal.

Frank Wilcoxon menemukan uji Wilcoxon pada tahun 1945. Wilcoxon kemudian mencoba pendekatan non-parametrik yang lebih sederhana untuk membandingkan dua populasi tambahan dalam kondisi dimana dua populasi tidak normal secara murni dan sangat sedikit tersedianya sampel bebas. Keterbatasan penelitian dapat diatasi Uji Wilcoxon yang merupakan alternatif bagi peneliti. Berikut persyaratan dalam uji Wilcoxon (Zulkipli et al., 2024):

1. Sampel data tidak berdistribusi normal;
2. Dua kelompok data berpasangan atau anggota sampel dua kelompok sama;
3. Cakupan sampel yaitu data ordinal atau interval;
4. Terdapat banyaknya sampel yang sama pada kedua kelompok.