

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Dalam sebuah penelitian, kajian Pustaka menjadi komponen yang sangat penting karena akan menjadi instrumen analisis bagi peneliti. Penelitian ini membutuhkan teori-teori yang relevan untuk dikaji, terutama yang terkait dengan: [i] teori selubung bangunan untuk memahami objek penelitian, [ii] teori nilai transfer termal (panas bangunan) untuk memahami substansi yaitu bagaimana perpindahan panas yang terjadi dapat menjadi evaluasi dengan standar kesesuaian rancangan, [iii] teori tentang kondisi panas dalam bangunan, [iv] teori tentang cara/metode mengukur kualitas temperatur udara dalam bangunan.

2.1. Selubung Bangunan

2.1.1. Definisi Selubung Bangunan

Selubung bangunan adalah bagian dari struktur bangunan yang terdiri dari komponen yang tak tembus cahaya seperti dinding dan komponen tembus cahaya seperti jendela (SNI, 2011). Fungsinya untuk melindungi interior bangunan dari pengaruh lingkungan luar yang tidak diinginkan seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan, dan polusi. Selubung bangunan atau kulit bangunan adalah filter antara lingkungan internal dan eksternal bangunan (Gunawan, et al., 2012).

Selubung bangunan memiliki fungsi utama dalam mengurangi penggunaan energi untuk pendinginan dan pencahayaan, terutama pada bangunan tinggi di mana dindingnya lebih luas daripada atapnya. Oleh karena itu, desain penutup bangunan, terutama jendela, harus memperhitungkan kontrol terhadap panas yang masuk ke dalam bangunan. Penutup bangunan juga memiliki peran dalam mengatasi tantangan iklim dan menghemat energi dengan memanfaatkan cahaya alami serta mengatur panas dari luar. Di Indonesia, karakteristik penutup bangunan berbeda dan diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2011 mengenai Konservasi Energi pada Selubung Bangunan dengan kriteria

khusus seperti batasan panas radiasi matahari yang tidak boleh melebihi nilai tertentu untuk menghemat energi.

Dalam arsitektur, fasad (selubung bangunan) berarti pembatas antara interior dan ruang bangunan. Tugas fasad adalah menjaga keteraturan iklim mikro bangunan dari pengaruh lingkungan luar, terutama letak bangunan (Sandak, dkk, 2019). Menurut Yu (2013) fasad dapat berupa konstruksi material seperti dinding bata, batu, dan beton (*monolithic bearing wall*) ataupun seperti dinding yang memiliki rongga dengan konstruksi rangka yang ringan (*cavity wall*), serta dapat berupa jendela, *curtain wall*, maupun sistem cladding (*frame and infill*).

2.1.2. Elemen Fasad

Oleh Shirvani (1985) karakter visual dapat dibentuk oleh elemen fisik bangunan terdiri dari ketinggian bangunan, gaya/*style* bangunan, tekstur, material, penanda/*signage*, dan warna. Sedangkan oleh Ching (2008) fasad memiliki elemen bangunan yang terdiri dari geometri, simetri, ritme, kontras, skala dan proporsi. Juga elemen bangunan yang terdiri dari *entrance*, area lantai bawah, bukaan, pagar, atap, penanda juga dekorasi.

Elemen-elemen yang dapat diperhatikan dan dianalisis pada selubung bangunan. Bagian selubung ini adalah yang paling signifikan dan berperan penting dalam menilai karakteristik sebuah bangunan. Beberapa faktor dan komponen yang relevan dalam mengevaluasi selubung bangunan termasuk:

1. Rasio Tipe Dinding Massif-Transparan

Perbandingan antara elemen transparan (kaca) dan elemen massif (seperti dinding) adalah komponen penting yang dapat memengaruhi penampilan visual suatu gedung.

2. Efek Vertikalitas dan Horizontalitas

Konfigurasi elemen-elemen vertikal dan horizontal dalam selubung bangunan dapat menciptakan efek visual yang berbeda. Ini termasuk pola perbandingan ukuran jendela dan pintu, serta penggunaan alat peneduh atau *sunblinds* (tirai).

3. Warna Dinding

Warna dinding adalah faktor yang paling berpengaruh dalam penampilan keseluruhan selubung bangunan. Warna memiliki peran sebagai aksen atau penanda identitas bangunan.

4. Material Dinding

Pemilihan material untuk selubung bangunan dapat menciptakan berbagai efek visual yang berbeda. Misalnya, tekstur kasar cenderung memberikan kesan dekat, sementara tekstur halus cenderung memberikan kesan jauh.

5. Orientasi Fasad atau Selubung

Orientasi atau arah hadap selubung bangunan juga berpengaruh pada nilai transfer termal. Selubung yang menghadap barat hingga barat laut akan mengalami beban termal lebih tinggi dibandingkan dengan orientasi lainnya. Sebaliknya, orientasi yang menghadap tenggara dan selatan memiliki beban termal yang lebih rendah.

6. Bukaannya dan alat peneduh pada selubung

Karakteristik bukaan atau jendela pada selubung bangunan dipengaruhi oleh jenis material kaca yang digunakan dan efektivitas alat peneduh yang digunakan. Material kaca dengan tingkat peneduhan tinggi termasuk kaca bening, sedangkan kaca sunergy memiliki tingkat penyaringan paling rendah. Penggunaan alat peneduh pada bukaan juga memiliki peran penting dalam menentukan sejauh mana radiasi dapat masuk melalui bukaan tersebut. Alat peneduh bukaan dapat dikategorikan menjadi tiga jenis: peneduh vertikal, peneduh horizontal, dan peneduh gabungan vertikal dan horizontal. Semakin besar bayangan yang dihasilkan oleh alat peneduh, semakin kecil transfer termal yang terjadi pada selubung bangunan.

2.2. Secondary Skin

Menurut Rahadian, dkk (2021) tentunya *secondary skin* tambahan tidak dapat dipisahkan dari ragam bentuk dan material yang digunakan untuk keperluan atau fungsi tambahan. Fasad ganda atau penutup tambahan adalah jenis fasad yang terletak di permukaan luar bangunan dan

dapat meningkatkan aspek estetika sambil melindungi dari sinar matahari. Selain itu, penutup tambahan ini juga berperan sebagai penghalang terhadap masuknya air hujan, meningkatkan keamanan bangunan, mengurangi tingkat privasi, serta mengendalikan perpindahan panas. Selain itu, penutup tambahan juga dapat digunakan untuk menyembunyikan perangkat elektromekanis pada fasad bangunan.

Lapisan ganda atau *double skin* memiliki peranan, material, dan bentuk yang bervariasi, mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks atau tidak jelas. Bahan yang biasa digunakan adalah kayu, gypsum dan *perforated metal*. Tujuan dari mata pelajaran dan material yang digunakan adalah penyesuaian fasad bangunan, yang dapat meningkatkan nilai estetika tersendiri. Jenis secondary skin ada bermacam-macam, yaitu kotak jendela, jendela banyak, koridor jendela (Oesterle et al, 2001). Material dan pola serta fungsi yang berbeda memberikan klasifikasi kulit kedua yang cocok untuk digunakan pada bangunan. Dalam mendesain permukaan sekunder (fasad lantai dua), terdapat beberapa parameter, yaitu (a) pola/desain; (b) jarak; dan (c) bahan (Ricardo, 2022).

Curtain wall dapat dikategorikan sebagai *secondary skin* dalam arsitektur. *Secondary skin* merupakan elemen non-struktural yang ditempatkan di luar bangunan untuk melindungi bangunan dari elemen luar dan mengontrol transfer energi. *Curtain wall*, yang terbuat dari bahan ringan seperti rangka aluminium dengan pengisian kaca, berfungsi untuk melindungi interior bangunan dari elemen luar dan dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan dengan mengurangi tuntutan pemanasan dan pendinginan serta memungkinkan masuknya cahaya alami ke dalam bangunan. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa *curtain wall* termasuk dalam kategori *secondary skin* dalam desain bangunan.

2.3. Kenyamanan Termal

2.3.1. Faktor-faktor Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah suatu keadaan yang dirasakan manusia terhadap lingkungan termalnya dan dipengaruhi oleh faktor fisiologi dan

psikologi. Berikut adalah beberapa teori dan aspek yang terkait dengan kenyamanan termal:

1. Tolok Ukur Kenyamanan Termal:

- Tolok ukur kenyamanan termal mencakup keseimbangan antara suhu udara dan suhu tubuh manusia.
- Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal meliputi suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan aliran udara, dan perpindahan panas.

2. Faktor Fisiologi:

- Kenyamanan termal secara fisiologi diperoleh ketika tubuh manusia tidak mengeluarkan keringat akibat interaksi perpindahan panas antara tubuh dan lingkungan.
- Pengamatan lingkungan meliputi nilai suhu lingkungan, kelembapan relatif, suhu transmitansi panas rata-rata selama radiasi matahari, serta melalui pergerakan udara.

3. Faktor Psikologi:

- Kenyamanan termal secara psikologi diurutkan menjadi beberapa sensasi yang dialami oleh tubuh manusia, seperti panas, hangat, sedikit hangat, netral, sedikit sejuk, sejuk, dan dingin.
- Manusia memperoleh kenyamanan termal ketika suhu ruangan berada di antara suhu panas dan suhu dingin.

2.3.2. Standar Kenyamanan Termal

SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung menyebutkan bahwa Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi:

- 1) Sejuk nyaman, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C} \sim 22,8^{\circ}\text{C}$
- 2) Nyaman optimal, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C} \sim 25,8^{\circ}\text{C}$
- 3) Hangat nyaman, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C} \sim 27,1^{\circ}\text{C}$

Szokolay (1973) dalam karyanya yang berjudul '*Manual of Tropical Housing and Building*' mengungkapkan bahwa kenyamanan seseorang bergantung pada kondisi iklim (seperti sinar matahari/radiasi, suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin) serta faktor-faktor

individual/subyektif seperti pakaian yang dikenakan, adaptasi terhadap lingkungan, usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, tingkat aktivitas, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit.

Dalam keselarasan dengan teori Humphreys dan Nicol, Lippmeier (1994) mengacu pada beberapa penelitian yang menunjukkan variasi batas kenyamanan (dalam hal Temperatur Efektif/TE) yang berbeda-beda tergantung pada lokasi geografis dan kelompok manusia yang diteliti (seperti suku bangsa), seperti yang tergambar dalam ilustrasi di bawah ini:

Tabel 2. 1 Batas-batas Kenyamanan

Pengarang	Tempat	Kelompok Manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30° LU)	Peneliti	20,5°C - 24,5°C TE
Rao	Calcutta (22°LU)	India	20°C - 24,5°C TE
Webb	Singapura	Malaysia	25°C - 27°C TE
Mom	Khatulistiwa	Cina	
Ellis	Jakarta (6°LS)	Indonesia	20°C - 26°C TE
	Singapura	Eropa	22°C - 26°C TE
	Khatulistiwa		

Sumber: (Lippmeier, 1994)

Berdasarkan aktivitas pada gedung laboratorium sentral yang mendekati sama dengan Rumah sakit maka mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri dimana Nilai Ambang Batas (NAB) sebagai berikut:

Alokasi Waktu Kerja dan Istirahat	NAB ISBB (°C)			
	Beban Kerja			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75% - 100%	31,0	28,0	*	*
50% - 75%	31,0	29,0	27,5	*
25% - 50%	32,0	30,0	29,0	28,0
0% - 25%	32,5	31,5	30,5	30,0

Sumber: (PMK No. 70, 2016)

1. ISBB atau dikenal juga dengan istilah WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) merupakan indikator iklim lingkungan kerja berdasarkan alokasi waktu kerja dan istirahat dalam satu siklus kerja (8 jam per hari).
 2. ISBB luar ruangan = 0,7 Suhu Basah Alami + 0,2 Suhu Bola + 0,1 Suhu Kering.
 3. ISBB dalam ruangan = 0,7 Suhu Basah Alami + 0,3 Suhu Bola.
- (*) tidak diperbolehkan karena alasan dampak fisiologis.

Standar konservasi energi di Indonesia mengacu pada SNI 03-6389-2020 tentang Konservasi Energi dalam Selubung Bangunan Gedung. Standar ini berisi pedoman perancangan, prosedur perancangan, serta rekomendasi untuk merancang selubung bangunan yang optimal dalam hal konservasi energi.

Tabel 2. 2 Nilai k Bahan Bangunan

No	Bahan bangunan	Densitas (kg/m ³)	k (W/m.K)
1	Beton	2400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	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	Fibreglass	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 03-6389, 2020)

2.3.3. Standar Temperatur Udara dan Kelembapan Relatif Udara di Laboratorium

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 40 tahun 2022 tentang Persyaratan Teknis Bangunan, Prasarana, dan Peralatan Kesehatan Rumah Sakit dan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan bahwa ruang-ruang diatur suhu dan kelembapan relatifnya sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Standar Temperatur dan Kelembapan Relatif Udara Laboratorium

No.	Nama Ruang	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
1.	R. Rawat Inap	22±2	Maks. 60%
2.	R. VK (Bersalin)	22±2	Maks. 60%
3.	R. Gudang Simulator	24±2	Maks. 60%
4.	R. Workshop	24±2	Maks. 60%

5.	R. Perpustakaan	24±2	Maks. 60%
6.	R. Konseling	24±2	Maks. 60%
7.	R. Logistik	24±2	Maks. 60%
8.	R. Hepa	24±2	Maks. 60%
9.	R. Pemeriksaan Helmint	24±2	Maks. 60%
10.	R. Pemeriksaan Pasien	24±2	Maks. 60%
11.	R. Dental Unit	24±2	Maks. 60%
12.	R. Praktikum Preklinik Gigi	24±2	Maks. 60%
13.	R. Pantry	24±2	Maks. 60%
14.	R. Penyimpanan	24±2	Maks. 60%

Sumber: Diolah Penulis dari PMK 40 tahun 2022 dan PMK 2 tahun 2023

2.4. Iklim Tropis

Iklim tropis adalah iklim yang terjadi di sekitar ekuator atau garis khatulistiwa. Kawasan ini berada di antara 23,5° lintang utara dan 23,5° lintang selatan. Berikut adalah beberapa ciri-ciri iklim tropis:

1. Suhu Tinggi Sepanjang Tahun: Iklim tropis ditandai dengan suhu yang tinggi sepanjang tahun, tanpa adanya musim dingin.
2. Curah Hujan: Di wilayah yang tepat berada di garis khatulistiwa, iklim tropis memiliki curah hujan yang tinggi. Namun, di daerah yang lebih jauh dari ekuator, iklim tropis cenderung lebih kering.
3. Sinar Matahari Sepanjang Tahun: Daerah tropis mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun.
4. Tekanan Udara Rendah: Tekanan udara di wilayah tropis cenderung rendah, dan perubahannya terjadi secara perlahan dan beraturan.
5. Penguapan Air Laut Tinggi: Tingginya penguapan air laut menyebabkan banyak awan di wilayah ini.

Jadi, iklim tropis mencakup berbagai ekosistem, mulai dari hutan hujan tropis hingga gurun, dengan perbedaan curah hujan yang signifikan.

Iklim tropis dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan curah hujan di setiap daerah:

1. Iklim Hutan Hujan Tropis: Terjadi di dekat garis khatulistiwa (10-15 derajat lintang utara dan selatan). Wilayah ini memiliki suhu tinggi sepanjang tahun dan curah hujan yang tinggi. Contoh negara dengan iklim hutan hujan tropis adalah Indonesia, Kongo, dan Kolombia.
2. Iklim Monsun Tropis: Memiliki curah hujan melimpah seperti hutan hujan tropis, tetapi lebih sering disinari oleh sinar matahari. Negara dengan iklim monsun tropis termasuk India, Sri Lanka, dan Bangladesh.
3. Iklim Sabana Tropis: Kondisi lebih kering, dan wilayah ini jarang memiliki hutan. Contoh negara dengan iklim sabana tropis adalah Brasil bagian tenggara dan beberapa wilayah di Afrika.

Karakteristik iklim tropis lembab meliputi:

1. Temperatur Tinggi: Suhu udara rata-rata yang tinggi, mencapai nilai maksimum sekitar 27°C hingga 32°C.
2. Kelembapan Relatif Konstan: Kelembapan dan curah hujan tinggi hampir sepanjang tahun, dengan Kelembapan udara rata-rata berkisar 75%-80%.
3. Perubahan Suhu Bulanan Terbatas: Range suhu rata-rata bulanan hanya sekitar 1-3°C.
4. Curah Hujan: Curah hujan selama setahun antara 1000-1500 mm.
5. Kondisi Langit: Umumnya berawan antara 60%-90%.
6. Radiasi Matahari: Radiasi matahari global harian rata-rata berkisar 2-4 w/m².

2.5. Ragam Material dan Warna

Macam-macam material pelapis selubung bangunan rendah:

2.5.1. Kaca

Kaca adalah bahan transparan yang biasanya terbuat dari silika atau campuran silika dengan bahan lain. Ini memiliki sifat yang memungkinkannya untuk menjadi permukaan yang dapat dilihat melalui, sering digunakan dalam pembuatan jendela, cermin, dan berbagai produk

lainnya. Kaca dapat membias cahaya dan memiliki kemampuan untuk mentransmisikan gambar dengan jelas.

A. Sifat Kaca

Kaca memiliki beberapa sifat unik yang membuatnya berguna dalam berbagai aplikasi. Beberapa sifat kaca yang mencolok meliputi:

1. **Transparansi:** Kaca memungkinkan cahaya untuk melewati permukaannya, sehingga menciptakan sifat transparansi. Ini membuatnya cocok untuk digunakan dalam pembuatan jendela dan lensa.
2. **Kekerasan:** Kaca cenderung keras dan tahan terhadap goresan dan ausan jika dibandingkan dengan beberapa bahan lain.
3. **Tidak Reaktif:** Kaca biasanya tidak bereaksi dengan banyak bahan kimia, membuatnya inert dan tahan terhadap korosi.
4. **Isolasi Panas dan Listrik:** Kaca dapat menjadi isolator baik untuk panas maupun listrik, tergantung pada jenis kaca dan pengolahan khususnya.
5. **Daur Ulang:** Kaca dapat didaur ulang, yang mendukung praktik lingkungan yang berkelanjutan.
6. **Mudah Dibentuk:** Pada suhu tertentu, kaca dapat dibentuk dan diberi bentuk dengan mudah selama proses pembentukan yang tepat.
7. **Ketahanan Terhadap Suhu Ekstrem:** Kaca memiliki ketahanan terhadap perubahan suhu yang besar, membuatnya tahan terhadap panas dan dingin ekstrem.
8. **Warna dan Reflektivitas:** Kaca dapat diolah untuk memiliki berbagai warna dan tingkat reflektivitas, memberikan fleksibilitas dalam desain dan kegunaan.
9. **Ringan:** Kaca umumnya ringan, membuatnya mudah untuk digunakan dalam berbagai aplikasi tanpa menambah beban yang berlebihan.

10. Transmisi UV: Beberapa jenis kaca dapat menyaring atau memblokir sinar ultraviolet (UV), memberikan perlindungan terhadap paparan radiasi UV.

B. Jenis Kaca

Jenis-jenis kaca yang umum digunakan dalam rumah antara lain:

1. Kaca Bening (*Clear Glass*): Jenis kaca yang paling sering dipakai pada bangunan umumnya. Kaca bening memiliki sifat transparan, rata permukaannya, bersih, dan bebas distorsi sehingga nyaman untuk kehidupan manusia sehari-hari.
2. Kaca Tempered (*Tempered Glass*): Kaca yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap benturan dan cuaca. Jika pecah, kaca tersebut tidak akan langsung berhamburan serpihan, tetapi hanya akan menghasilkan retakan halus di sepanjang permukaannya. Ini membuat kaca tempered menjadi lebih aman.
3. Kaca Laminasi (*Laminated Glass*): Salah satu dari jenis-jenis kaca yang menarik perhatian adalah Kaca Laminated. Kaca ini unik karena terbentuk dari dua lapisan kaca yang terikat oleh lapisan rongga di tengahnya. Keistimewaannya terletak pada keamanan tambahan yang diberikannya, di mana jika kaca pecah, pecahan tetap menempel pada lapisan plastic.
4. Kaca Low-E (*Low Emissivity*): Jenis kaca yang dapat meningkatkan efisiensi energi rumah Anda. Pilih kaca berlapis *Low-E* atau kaca berisolasi untuk meningkatkan efisiensi energi rumah Anda.
5. Kaca Cermin (*Mirror Glass*): Jenis kaca yang menghadirkan sifat unik dengan lapisan reflektif yang memantulkan cahaya. Dengan kemampuannya menciptakan ilusi ruangan yang lebih besar, kaca ini bukan hanya sekedar furniture, melainkan elemen desain yang memberikan privasi.
6. Kaca Dekoratif (*Stained Glass*): Jenis kaca yang menawarkan beragam pilihan warna dan tekstur. Umumnya, kaca ini dipotong

menjadi kepingan kecil dan kemudian disusun secara artistik menggunakan bilah timbal untuk membentuk gambar.

7. Kaca Anti-Pecah (*Safety Glass*): Untuk keamanan, gunakan kaca tempered atau laminasi yang tahan pecah. Ini penting terutama di area dengan risiko kecelakaan tinggi.
8. Kaca Tahan Panas (*Heat-Resistant Glass*): Di area yang terpapar sinar matahari intens, pertimbangkan kaca yang dapat meredam panas seperti kaca Low-E atau kaca tahan panas.
9. Kaca *Double Glassing*: Kaca Double Glassing terdiri dari dua atau lebih lapisan kaca yang dipisahkan oleh aluminium atau spacer di sekitar tepinya. Kaca ini mampu mengurangi penetrasi panas.
10. Kaca Sunergy: Kaca Sunergy diproses melalui teknik *vacuum sputtering*. Kaca bening dilapisi dengan material khusus untuk menjadikannya transparan dan dapat menghemat energi.

Pada studi kasus objek penelitian selubung bangunan menggunakan jenis kaca panasap *green* yang merupakan jenis kaca yang digunakan untuk mengurangi panas. Kaca panasap, atau sering disebut *tinted float glass*, adalah jenis kaca yang pada bahan bakunya diberi tambahan logam pewarna seperti kobalt, besi, selenium, dan lain-lain untuk memberikan warna pada kaca tersebut. Karakteristik utama dari kaca panasap adalah sebagai berikut:

1. Transparan tetapi berwarna: Memiliki tingkat kejernihan yang baik namun dengan warna tertentu.
2. Menyerap panas matahari: Mampu mengurangi panas yang masuk ke dalam ruangan, sehingga membantu menjaga suhu ruangan agar tetap sejuk.
3. Mengurangi cahaya yang menyilaukan: Membantu mengurangi silau dari sinar matahari yang masuk.
4. Privasi: Karena tidak sepenuhnya tembus pandang, kaca panasap dapat memberikan privasi lebih bagi penghuni di dalam bangunan.

Tipe kaca panasap yang dapat dipilih berdasarkan warnanya antara lain adalah Panasap *Blue Green*, Panasap *Dark Blue*, Panasap *Euro Grey*, Panasap *Dark Grey*, Panasap *Bronse*, dan Panasap *Green*. Ukuran standar ketebalan kaca panasap bervariasi, mulai dari 3 mm, 5 mm, 6 mm, 8 mm, hingga 12 mm, namun tidak semua tipe warna tersedia untuk setiap ketebalan.

2.5.2. Aluminium Composite Panel (ACP)

Aluminium Composite Panel (ACP) adalah sebuah bahan konstruksi yang terdiri dari dua lapisan pelat aluminium yang disatukan dengan inti non-aluminium di antara keduanya. Inti non-aluminium ini biasanya terbuat dari bahan ringan seperti *polyethylene* (PE) atau *mineral-filled core*. ACP dikenal karena kombinasi kekuatan dan ringannya, sehingga sering digunakan dalam konstruksi untuk berbagai aplikasi. Daya tahan yang dimilikinya banyak dipakai sebagai penutup permukaan dinding.

Jenis ACP:

beberapa jenis ACP berdasarkan karakteristik dan aplikasinya:

1. ACP Standar:

ACP standar biasanya digunakan untuk aplikasi eksterior dan interior yang tidak memerlukan sifat tahan api atau ketahanan khusus lainnya.

Aplikasi: Pelapisan dinding, fasad bangunan, papan reklame, dan dekorasi interior.

2. ACP Tahan Api (*Fire Retardant ACP*):

Mengandung bahan inti yang tahan api, seperti mineral atau bahan komposit yang dirancang untuk memperlambat penyebaran api.

3. ACP dengan Lapisan PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*):

ACP yang dilapisi dengan PVDF memiliki ketahanan yang tinggi terhadap cuaca, UV, korosi, dan polusi.

Aplikasi: Fasad bangunan, jembatan, dan struktur luar lainnya yang terpapar langsung dengan kondisi cuaca ekstrem.

4. ACP dengan Lapisan PE (*Polyethylene*):

ACP dengan lapisan PE lebih ekonomis dan memiliki permukaan yang halus dan mengkilap.

5. ACP dengan Lapisan Nano:

Menggunakan teknologi nano untuk memberikan lapisan permukaan yang sangat halus, tahan terhadap kotoran, dan mudah dibersihkan.

6. ACP dengan Tekstur Khusus:

ACP ini memiliki lapisan permukaan dengan tekstur tertentu, seperti efek kayu, marmer, atau metalik.

7. ACP Anti-bakteri:

Mengandung bahan anti-bakteri dalam lapisan permukaannya, yang membantu mengurangi pertumbuhan mikroorganisme.

8. ACP dengan Kemampuan Berubah Warna (Chameleon ACP):

Permukaan ACP ini dapat berubah warna tergantung pada sudut pandang dan pencahayaan, memberikan efek visual yang dinamis.

Beberapa karakteristik ACP meliputi:

1. Ringan: ACP memiliki berat yang ringan dibandingkan dengan logam lain, membuatnya mudah diangkut dan diinstal.

2. Kekakuan dan Kekuatan: Meskipun ringan, ACP tetap memiliki kekakuan dan kekuatan yang baik, memberikan stabilitas dan daya tahan struktural pada aplikasi konstruksi.

3. Tahan Korosi: Aluminium memiliki sifat tahan korosi alami, dan ACP mempertahankan sifat ini, menjadikannya tahan terhadap kerusakan akibat korosi.

4. Estetika: ACP tersedia dalam berbagai warna, tekstur, dan desain, memberikan fleksibilitas dalam desain arsitektur. Ini membuatnya populer dalam proyek-proyek yang memperhatikan aspek estetika.

5. Isolasi Termal dan Akustik: Beberapa jenis ACP dapat memberikan isolasi termal dan akustik, yang memperbaiki efisiensi energi dan kenyamanan dalam bangunan.

6. Mudah Diproses: ACP dapat dengan mudah dipotong, dibentuk, dan diinstal, memberikan fleksibilitas dalam penggunaannya.

7. Daur Ulang: Aluminium dapat didaur ulang, sehingga ACP juga memiliki sifat daur ulang dan mendukung praktik konstruksi berkelanjutan.

ACP sering digunakan untuk panel dinding, panel plafon, dan aplikasi eksterior lainnya dalam konstruksi bangunan komersial dan residensial.

2.6. Perpindahan Panas

Panas atau Kalor merupakan bentuk energi yang dapat dirasakan oleh manusia. Keadaan tersebut terjadi ketika jumlah energi yang berpindah antara manusia dan lingkungannya mencapai keseimbangan termal, sesuai dengan konsep yang dijelaskan (Weller & Youle, 1981). Perpindahan panas ini mencerminkan sifat dasar dari lingkungan sekitar, yang sesuai dengan Hukum Termodinamika. Menurut hukum ini, kalor selalu berpindah dari tekanan tinggi menuju tekanan yang lebih rendah.

Perpindahan panas dalam struktur bangunan melibatkan konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi terjadi melalui selubung bangunan serta partisi interior, konveksi melalui infiltrasi udara melalui celah atau bukaan, sedangkan radiasi terjadi tanpa melibatkan medium. Perpindahan panas pada selubung bangunan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti absorptansi termal dan transmittansi. Desain selubung bangunan yang optimal dapat menghasilkan penggunaan energi yang efisien tanpa mengurangi kenyamanan penghuni bangunan.

A. Konduksi

Konduksi, atau disebut juga hantaran, adalah proses perpindahan panas yang terjadi melalui kontak langsung antara permukaan-permukaan benda. Proses ini hanya terjadi ketika dua permukaan yang bersentuhan mengandung perbedaan suhu. Setiap benda memiliki konduktivitas termal, yakni kemampuannya dalam mengalirkan panas, yang akan mempengaruhi perpindahan panas dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin. Laju perpindahan panas ini diatur oleh hukum Fourier (Holman, 2001) sebagai berikut:

$$q_k = k A \left(-\frac{dT}{dx} \right)$$

Keterangan : q_k = laju perpindahan kalor (Watt)

k = konduktivitas thermal, merupakan sifat material (W/m.C)

A = luas penampang yang tegak lurus dengan arah laju perpindahan kalor (m²)

dT/dx = Gradien temperatur dalam arah x (C/m),

Pengukuran dengan interval waktu selama 30 menit sehingga rumus yang berlaku ditambahkan dengan waktu yaitu menjadi:

$$Q = \frac{kA(T_{Hot} - T_{Cold})t}{d}$$

Keterangan:

Q = Laju Panas

K = Konduktivitas Termal

T_{HOT} = Suhu yang lebih rendah

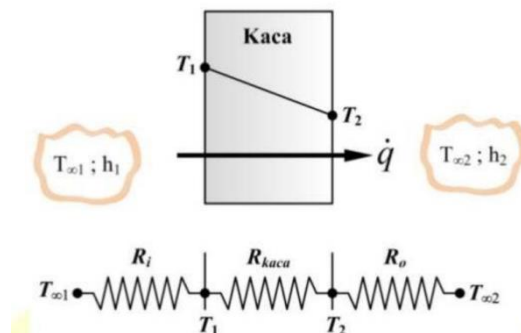
T_{COLD} = Suhu yang lebih tinggi

t = Waktu

d = Ketebalan Material

A = Luas Area Permukaan

Konduksi yang melalui kaca menggunakan rumus sebagai berikut:



$$q = \frac{\Delta T}{R_{total}} = \frac{\Delta T}{R_i + R_{kaca} + R_o}$$

atau

$$\dot{q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{k_{kaca} A} + \frac{1}{h_o A}}$$

Keterangan:

Q = Laju Perpindahan Panas

H = Laju Aliran Panas

R = Hambatan Panas

T = Temperatur

Untuk menghitung temperatur permukaan pada setiap titiknya menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Untuk T_1

$$\dot{q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_i}$$

atau

$$T_1 = T_{\infty 1} - \frac{\dot{q}}{R_i}$$

2. Untuk T_2

$$T_2 = T_1 - \frac{q}{R_1}$$

3. Untuk T_3

$$T_3 = T_2 - \frac{q}{R_2}$$

4. Untuk T_4

$$T_4 = T_3 - \frac{q}{R_3}$$

Dimana,

$$R = \frac{x}{h.A} \quad \text{atau} \quad R = \frac{b}{k}$$

B. Konveksi/Aliran

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dan fluida di sekitarnya, dimana fluida tersebut bisa berupa cairan atau gas. Pergerakan fluida ini membawa panas bersama-sama dengan molekulnya, mengalihkan panas ke lokasi lain, dan mencampurkannya dengan molekul yang sudah ada di sana. Terdapat dua jenis konveksi:

a. Konveksi Alamiah/Natural/*Free Convection*: Terjadi karena adanya perbedaan dalam massa jenis fluida, tanpa adanya pengaruh dari luar. Ketika suhu fluida meningkat, fluida tersebut menjadi lebih ringan dan mulai bergerak ke atas. Contoh konveksi alamiah termasuk aliran udara pada sistem ventilasi rumah dan asap yang naik melalui cerobong asap.

b. Konveksi Paksa/*Forced Convection*: Terjadi ketika fluida dipaksa mengalir ke suatu lokasi oleh tenaga luar, seperti penggunaan kipas angin. Untuk menghitung perpindahan panas akibat konveksi, hukum Newton untuk pendinginan dapat digunakan, sebagai berikut:

$$q_{\text{konv}} = h.A.(T_s - T_f) \text{ (watt)}$$

Keterangan : h = koefisien konveksi, dengan satuan $W/(m^2.K)$

A = luas permukaan konveksi

T_s = suhu permukaan

T_f = suhu fluida

Koefisien konveksi diperoleh melalui percobaan dan nilainya tergantung pada semua faktor yang memengaruhi proses konveksi, termasuk geometri permukaan, karakteristik aliran fluida, properti fluida, dan kecepatan fluida.

C. Radiasi/Pancaran

Perpindahan kalor melalui radiasi terjadi ketika energi panas ditukar melalui gelombang elektromagnetik antara dua objek atau lebih yang

memiliki suhu berbeda. Perpindahan ini terjadi melalui ruang atau perantara transparan yang tidak menyerap gelombang kalor. Perpindahan panas dari atap ke langit-langit terutama terjadi melalui radiasi, bukan melalui konveksi atau pergerakan udara. Radiasi tidak terpengaruh oleh aliran udara, meskipun suhu udara dapat sedikit berkurang akibat aliran udara (Van Straaten, 1967).

Cahaya matahari yang jatuh pada bangunan dapat meningkatkan suhu di dalam ruangan dalam dua situasi. Pertama, ketika radiasi matahari mengenai bagian luar bangunan, energi yang diserap akan meningkatkan suhu permukaan, kemudian panas akan berpindah ke dalam melalui dinding dan atap. Kedua, ketika radiasi matahari mengenai jendela, hampir semua energi akan masuk langsung melalui kaca ke dalam bangunan dan terperangkap di dalam seperti efek rumah kaca (Milne, 1981). Radiasi yang diserap oleh permukaan dinding kemudian dilepaskan dalam bentuk radiasi gelombang panjang. Persamaan umum radiasi adalah Hukum Stefan-Boltzmann, sebagai berikut:

$$q_r = yEA T^4$$

Keterangan : q_r = Total energi yang dipancarkan

y = Konstanta Stefan-Boltzmann

E = Emisifitas permukaan

A = luas permukaan

T = suhu mutlak derajat kelvin (K)

2.7. Kenaikan Suhu

Matahari memiliki suhu permukaan sekitar 6000 K dengan radiasi yang memiliki panjang gelombang antara 0,3 dan 0,4 m, hal ini memiliki peran penting dalam memahami dampak radiasi matahari terhadap permukaan bumi (Lindsey, 2009). Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) memperkirakan bahwa suhu udara di Kota Semarang dan sekitarnya akan mencapai rata-rata 37-38°C selama bulan Oktober

2023. Puncak dari suhu udara yang tinggi diestimasi terjadi pada pertengahan hingga akhir Oktober, kemudian diperkirakan akan turun kembali mulai November berikutnya. Suhu tertinggi yang pernah tercatat di wilayah Jawa Tengah terjadi pada tahun 2015, mencapai 39,5°C, dan tahun 2019 dengan suhu mencapai 39,4°C.

Kota Semarang merupakan salah satu kota di Indonesia yang mengalami peningkatan suhu yang signifikan sejak tahun 1990-an, yang tercermin dari pertumbuhan luasnya *Urban Heat Island* (UHI). Variabilitas suhu udara, terutama yang berkaitan dengan curah hujan, memiliki dampak yang penting karena dapat memengaruhi pertumbuhan ekonomi dan produksi pertanian, terutama di Pulau Jawa. Data dari BMKG menunjukkan bahwa suhu udara tahunan dari semua stasiun di Jawa Tengah mengalami peningkatan selama periode tahun tersebut (Surtiari, et al., 2012).

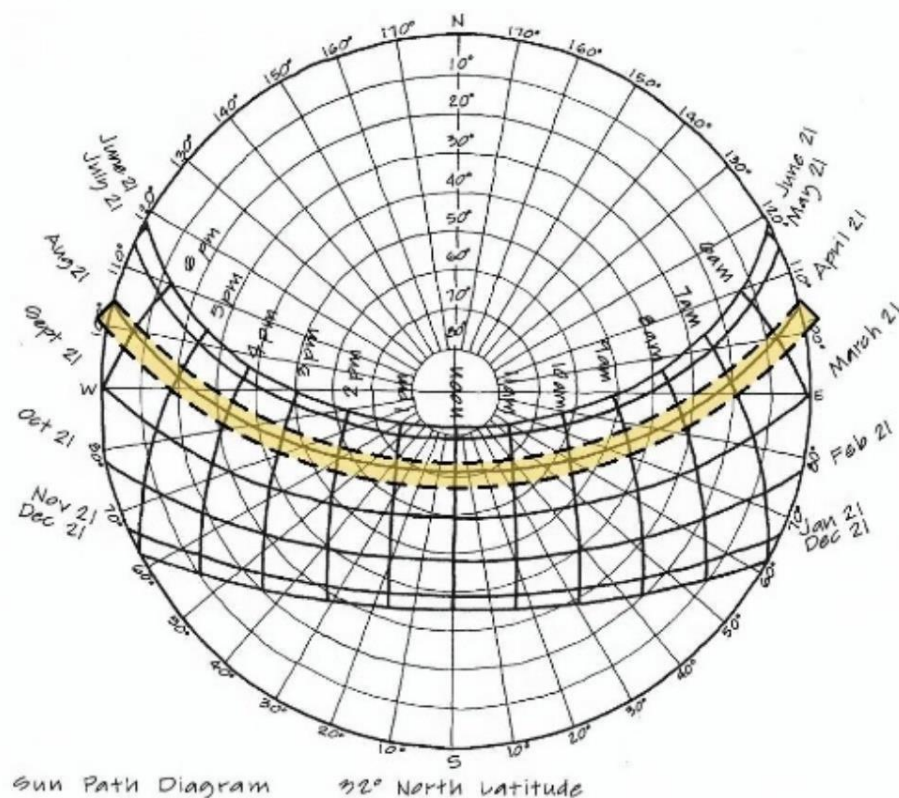
2.8. Faktor-Faktor Kenaikan Suhu

Beberapa faktor yang mempengaruhi kenaikan suhu dalam ruang pada bangunan kaca dan ACP selain material selubung adalah:

1. Orientasi bangunan: Suhu dalam ruang tergantung pada orientasi bangunan, suhu dalam ruang akan lebih tinggi jika bangunan menghadap searah dengan lintasan matahari. Hal ini menjadi penting karena dimanapun letak bangunannya harus mempertimbangkan arah bangunan yang menyesuaikan tapak/lahannya guna merespon sekitar dan iklimnya.
2. Nilai konduktivitas material merupakan faktor penting dalam menentukan suhu ruangan. Material selubung dengan konduktivitas tinggi dapat menyebabkan peningkatan suhu dalam ruangan, terutama jika luas permukaan material tersebut besar.
3. Luas material transparan: Luas material transparan seperti jendela dan pintu dapat mempengaruhi kenaikan suhu dalam ruang, karena material transparan dapat memungkinkan radiasi matahari yang masuk ke dalam ruang.

4. Kualitas kenyamanan termal dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kualitas material selubung bangunan, pemilihan jenis dan warna material selubung, serta luas material transparan.
5. Penggunaan energi: Penggunaan energi untuk pendinginan dan pencahayaan dapat mempengaruhi kenaikan suhu dalam ruang, sehingga penting untuk mengurangi penggunaan energi.
6. Intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam ruang tergantung pada letak orientasi massa bangunan. Jika bangunan terletak di arah utara selatan, maka suhu dalam ruang akan lebih tinggi dari bangunan yang terletak di arah lain.

2.9. Periodesasi Matahari



Gambar 2. 1 Jalur Matahari
Sumber: (hyperfinearchitecture.com, 2024)

Periodesasi gerak semu lintasan matahari mengascu pada fenomena tahunan di mana posisi Matahari di langit terlihat berubah akibat pergerakan Bumi mengelilingi Matahari.

A. Ekuinoks:

Ekuinoks Maret (*Vernal Equinox*): Terjadi sekitar 21 Maret, saat Matahari berada tepat di atas ekuator, menghasilkan durasi siang dan malam yang hampir sama di seluruh dunia. Ekuinoks September (*Autumnal Equinox*): Terjadi sekitar 23 September, saat Matahari kembali berada di atas ekuator, juga durasi siang dan malam yang hampir sama.

B. Solstis:

Solstis Juni (*Summer Solstice*): Terjadi sekitar 21 Juni, ketika Matahari mencapai titik paling utara di langit, yang dikenal sebagai *Tropic of Cancer*. Ini adalah hari terpanjang dalam setahun di belahan bumi utara.

Solstis Desember (*Winter Solstice*): Terjadi sekitar 21 Desember, ketika Matahari mencapai titik paling selatan di langit, yang dikenal sebagai *Tropic of Capricorn*. Ini adalah hari terpendek dalam setahun di belahan bumi utara.

C. Gerak Harian Matahari:

Matahari terbit di timur dan terbenam di barat setiap hari. Namun, titik terbit dan terbenam ini berubah sedikit setiap hari sepanjang tahun karena kemiringan sumbu Bumi. Pada ekuinoks, Matahari terbit tepat di timur dan terbenam tepat di barat. Pada solstis, titik terbit dan terbenam Matahari bergeser paling jauh ke utara atau selatan.

D. Pengaruh pada Iklim dan Musim:

Gerak semu Matahari ini menyebabkan variasi musim di Bumi. Ketika Matahari berada di *Tropic of Cancer*, belahan bumi utara mengalami musim panas, dan ketika berada di *Tropic of Capricorn*, belahan bumi utara mengalami musim dingin.

Secara keseluruhan, periodesasi gerak semu lintasan Matahari merupakan hasil kombinasi dari rotasi harian Bumi pada porosnya dan revolusi tahunan Bumi mengelilingi Matahari, serta kemiringan sumbu rotasi Bumi terhadap bidang orbitnya.

2.10. Alat Ukur Pengambilan Data

2.10.1. *Infrared Thermometer*



Gambar 2. 2 *Infrared Thermometer* Industri
Sumber: (ebay.com, 2024)

Infrared thermometer industri adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu permukaan objek tanpa harus bersentuhan langsung. Alat ini memanfaatkan teknologi inframerah untuk mendeteksi radiasi panas yang dipancarkan oleh objek dan kemudian mengonversinya menjadi bacaan suhu yang dapat diinterpretasikan. Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai cara kerja, komponen, dan aplikasi dari *infrared thermometer* industri:

Komponen Infrared Thermometer Industri:

1. Lensa: Mengarahkan radiasi inframerah dari objek ke detektor.
2. Detektor Inframerah (sensor): Mengubah radiasi inframerah menjadi sinyal listrik.
3. Mikrokontroler: Memproses sinyal dari sensor dan mengonversinya menjadi data suhu.
4. Layar Tampilan: Menampilkan hasil pengukuran suhu.
5. Laser Pointer: (Opsional) Membantu menentukan titik pengukuran yang tepat.

2.10.2. Data Logger



Gambar 2. 3 Data Logger Elitech
Sumber: (darmasakti.com, 2024)

Data logger Elitech adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk memantau dan mencatat data lingkungan tertentu secara otomatis selama periode waktu yang ditentukan. Perangkat ini dirancang untuk digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemantauan suhu, kelembapan, tekanan, dan parameter lingkungan lainnya. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang data logger Elitech:

Fitur Utama

1. Pemantauan Multi-Parameter:

Data logger Elitech dapat memantau berbagai parameter lingkungan, termasuk suhu, kelembapan, tekanan, dan lainnya tergantung pada model dan sensor yang terpasang.

2. Penyimpanan Data Otomatis:

Perangkat ini secara otomatis menyimpan data yang dikumpulkan dalam interval waktu yang telah ditentukan. Data ini dapat diunduh ke komputer atau perangkat lain untuk analisis lebih lanjut.

3. Desain Portabel:

Kebanyakan data logger Elitech dirancang portabel dan mudah dibawa ke lokasi yang berbeda. Mereka sering digunakan di bidang seperti farmasi, makanan dan minuman, laboratorium, dan transportasi.

4. Kapasitas Penyimpanan:

Elitech data logger memiliki kapasitas penyimpanan yang besar, memungkinkan untuk merekam ribuan data poin sebelum harus diunduh.

5. *Interface* Pengguna:

Perangkat ini biasanya dilengkapi dengan layar LCD untuk menampilkan informasi real-time dan status perangkat. Beberapa model juga memiliki fitur alarm untuk memberitahukan jika parameter yang dipantau berada di luar batas yang ditentukan.

6. Kompatibilitas *Software*:

Data logger Elitech umumnya kompatibel dengan perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk mengunduh, menganalisis, dan melaporkan data yang dikumpulkan. Perangkat lunak ini sering kali menawarkan berbagai fitur analisis dan pelaporan.

2.11. Standar Deviasi

Sebuah alat ukur harus terkalibrasi untuk memastikan bahwa pengukuran suhu yang dilakukan akurat dan dapat diandalkan. Kalibrasi adalah proses di mana alat diatur dan disesuaikan untuk memastikan bahwa hasil pengukurannya sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pada penelitian ini alat *Infrared thermometer* belum terkalibrasi sehingga menggunakan kalibrasi rumus dengan langkah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

2. Perhitungan Nilai Rata-Rata dan Standar Deviasi

a. Rata-Rata (*Mean*): Hitung rata-rata hasil pengukuran untuk setiap titik referensi.

b. Standar Deviasi: Hitung standar deviasi dari hasil pengukuran untuk mengetahui seberapa besar variasi atau penyimpangan dari nilai rata-rata.

3. Rumus standar deviasi untuk sekumpulan data adalah:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

Dimana σ adalah standar deviasi, N adalah jumlah pengukuran, x_i adalah setiap pengukuran individu, dan μ adalah nilai rata-rata.

4. Analisis Hasil: Bandingkan rata-rata hasil pengukuran dengan nilai referensi. Perhatikan standar deviasi untuk mengetahui konsistensi hasil pengukuran.

2.12. Software LBNL WINDOW

LBNL WINDOW adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL) yang dirancang khusus untuk simulasi termal dan optik pada jendela dan pencahayaan alami. Perangkat lunak ini digunakan untuk menganalisis performa energi dari berbagai jenis jendela dan sistem pencahayaan alami yang digunakan dalam bangunan.

Fitur utama dari LBNL WINDOW meliputi:

1. **Simulasi Termal:** Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi termal dari jendela, termasuk perhitungan perpindahan panas, transmisi panas, dan efisiensi energi.
2. **Analisis Optik:** LBNL WINDOW memungkinkan pengguna untuk menganalisis cahaya yang masuk ke dalam bangunan melalui jendela, termasuk distribusi cahaya alami di dalam ruangan dan potensi untuk mengurangi kebutuhan pencahayaan buatan.
3. **Desain dan Evaluasi:** Pengguna dapat merancang jendela baru atau mengevaluasi jendela yang sudah ada untuk memahami bagaimana desain tersebut akan memengaruhi kinerja energi dan kenyamanan termal dalam sebuah bangunan.
4. **Pembandingan:** LBNL WINDOW memungkinkan pembandingan antara berbagai jenis jendela dan sistem pencahayaan alami, sehingga pengguna dapat memilih opsi terbaik yang memenuhi kebutuhan spesifik mereka.
5. **Perhitungan Energi:** Dengan menggunakan data simulasi yang dihasilkan, perangkat lunak ini dapat memberikan perkiraan tentang

penggunaan energi untuk pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan dalam sebuah bangunan.

LBNL WINDOW merupakan alat yang berguna bagi para arsitek, insinyur, dan perancang bangunan untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan dalam bangunan dengan memperhatikan pengaruh jendela dan pencahayaan alami.

2.13. Software *LBNL THERM*

Therm adalah aplikasi perangkat lunak yang dikembangkan oleh *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL) untuk menganalisis perpindahan panas melalui dinding bangunan, jendela, dan elemen bangunan lainnya. Aplikasi ini digunakan secara luas oleh insinyur, arsitek, dan peneliti untuk merancang bangunan yang lebih efisien secara energi. Berikut penjelasan lengkap tentang aplikasi Therm:

A. Fitur Utama

1. Analisis Perpindahan Panas 2D: Therm menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*) untuk menghitung perpindahan panas dua dimensi melalui berbagai bahan bangunan.
2. *User Interface* Grafis: Therm menyediakan antarmuka pengguna grafis yang memudahkan pengguna dalam menggambar elemen bangunan dan menerapkan kondisi batas serta material.
3. Perpustakaan Material: Aplikasi ini memiliki database yang luas berisi berbagai jenis material bangunan dengan sifat termal yang telah ditentukan, yang dapat digunakan langsung dalam analisis.
4. Kondisi Batas dan Simulasi Lingkungan: Pengguna dapat menetapkan kondisi batas, seperti suhu luar dan dalam, serta kondisi radiasi dan konveksi yang mempengaruhi analisis termal.
5. Interoperabilitas: Therm dapat diintegrasikan dengan *software* lain seperti WINDOW (juga dari LBNL) untuk analisis termal jendela yang lebih mendalam.

6. Visualisasi Hasil: Hasil analisis dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik kontur suhu dan aliran panas, memudahkan interpretasi dan identifikasi area dengan kehilangan atau penyerapan panas yang signifikan.

B. Keuntungan

1. Efisiensi Energi: Dengan menggunakan Therm, pengguna dapat merancang bangunan yang lebih efisien secara termal, mengurangi konsumsi energi untuk pemanasan dan pendinginan.
2. Desain yang Dioptimalkan: Therm membantu dalam mengidentifikasi area yang memerlukan insulasi tambahan atau perubahan desain untuk meminimalkan kehilangan panas.
3. Penghematan Biaya: Dengan meningkatkan efisiensi termal, biaya operasional bangunan dapat dikurangi, terutama dalam hal pemanasan dan pendinginan.

2.14. SPSS

SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) adalah alat yang sangat kuat untuk analisis data statistik. Cara mendapatkan korelasi dengan memasukkan data, memilih jenis analisis, dan membaca hasilnya, Peneliti dapat memperoleh wawasan yang berharga dari data. Hasil yang diperoleh harus diinterpretasikan dengan hati-hati, mempertimbangkan konteks penelitian dan validitas statistik.

2.14.1. Uji Normalitas

Uji normalitas adalah prosedur untuk menentukan apakah data sampel berasal dari distribusi normal atau tidak. Normalitas adalah asumsi penting dalam banyak analisis statistik, seperti ANOVA, regresi linier, dan uji t. Berikut adalah penjelasan lebih spesifik mengenai uji normalitas dan cara membaca hasilnya di SPSS.

2.14.2. Uji One Way ANOVA

Uji One-Way ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk membandingkan rata-rata dari tiga atau lebih kelompok independen untuk menentukan apakah ada perbedaan yang signifikan di antara rata-rata kelompok tersebut. Berikut adalah penjelasan lebih spesifik mengenai uji One-Way ANOVA dan cara membaca hasilnya di SPSS.

2.14.3. Uji Wilcoxon Signed Rank Test

Uji Wilcoxon Signed-Rank adalah uji non-parametrik yang digunakan untuk membandingkan dua set data berpasangan. Uji ini digunakan sebagai alternatif dari uji t berpasangan ketika data tidak memenuhi asumsi distribusi normal. Wilcoxon Signed-Rank Test menilai apakah median perbedaan antara pasangan data signifikan berbeda dari nol.