

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tabel 2.1 merupakan daftar referensi tinjauan pustaka yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir.

Tabel 2.1 Daftar referensi tinjauan pustaka

No	Judul Penelitian (Tahun)	Tujuan	Metode	Hasil
1	<i>Assessing Energy Consumption, Optical Distributions, and Carbon Contaminations using the Design-Builder Simulation Model (Case Study: A Sports Building, Mashhad, Iran)</i> [12]	Mengevaluasi kinerja energi berupa parameter energi, analisis pencahayaan, dan polusi karbon akibat konsumsi energi listrik	model simulasi <i>Designbuilder</i> dengan pemodelan bangunan berupa data cuaca kota Masyhad, material bangunan (dinding, lantai, partisi interior, atap bangunan) jenis pengkondisian udara dan sistem penerangan	kehilangan energi akibat pertukaran infiltrasi eksternal pada bangunan tertinggi sebesar 66,28 KBTU/jam (simulasi 1 tahun)
2	<i>Comparative energy performance simulation for passive and conventional design: A case study in Cairo, Egypt</i> [13].	analisis simulasi komparatif pada gedung administrasi di Kairo, Mesir, untuk menilai kinerja energi desain awal dan kinerja energi setelah penerapan fitur desain pasif dibandingkan dengan konstruksi konvensional	simulasi <i>Designbuilder</i> dengan model energi pada bangunan, dan menguji desain awal bukaan dengan desain bukaan menggunakan peneduh. Masing-masing desain bukaan disimulasikan dengan 4 material yang berbeda.	Konsumsi desain awal 708 MWh, Penambahan peneduh bukaan dapat menurunkan konsumsi energi sebesar 11% (629,5 MWh). Penambahan peneduh dengan adopsi material case 8 (125mm <i>double wall</i> + celah udara 5cm + 6mm <i>reflective glass</i>) dapat menurunkan konsumsi energi menjadi 614,7 MWh.

3	<i>Analysis of a Structure for Efficient Energy Utilization Using Design Builder</i> [14].	Mencari beban pendinginan sebuah bangunan dan rekomendasi efisiensi energi pada bangunan Department of Civil Engineering of JSS Academy of Technical Education, India (Bangunan 3 lantai)	Simulasi <i>Designbuilder</i> dengan parameter model energi pada bangunan dan data cuaca New Delhi – Safdarjung. Membagi zona bangunan menjadi 4 zona	Simulasi beban pendinginan ditetapkan pada tanggal 15 Juli didapatkan sebesar 357,26 kWh. Menampilkan gerak paparan sinar matahari terhadap bangunan.
4	<i>Methodology for retrofitting energy in existing office buildings using building information modelling programs</i> [15].	Mengembangkan metodologi kerangka kerja simulasi energi untuk pengembangan desain retrofit pada bangunan menggunakan <i>Designbuilder</i>	Mengembangkan dan menguji metodologi dengan studi kasus: bangunan suez canal university, suez, Egypy.	<i>DesignBuilder</i> memerlukan waktu yang lama untuk memasang pengaturan dan waktu simulasi. Revit lebih cepat dalam memperoleh hasil simulasi, walaupun pengaturan lebih sedikit, namun hasil mendekati
5	<i>Investigating DesignBuilder Simulation Software's Validation in Term of Heat Gain through Field Measured Data of Adjacent Rooms of Courtyard House</i> [16].	Mengetahui validitas perangkat lunak simulasi <i>Designbuilder</i> dengan menggunakan rumah tradisional sebenarnya ditinjau dari perolehan panas	Membandingkan hasil simulasi energi menggunakan piranti-lunak <i>Designbuilder</i> dengan hasil pengukuran eksperimen yang dilakukan pada rumah tradisional di Kerman	selisih hasil simulasi dan pengukuran empiris tidak lebih dari 10% yang menandakan piranti-lunak <i>DesignBuilder</i> mempunyai validitas yang cukup untuk menghitung besarnya perolehan panas pada ruangan yang berdekatan dengan halaman.
6	<i>Validation Of Designbuilder</i>	memverifikasi dan memvalidasi	Membandingkan simulasi	Hasil R2 menunjukkan

	<i>Simulation Accuracy Using Field Measured Data Of Indoor Air Temperature In A Classroom Building</i> [17].	keakuratan hasil simulasi <i>Designbuilder</i> sebagai alat simulasi untuk penelitian kali ini mengenai kinerja termal atap	menggunakan piranti-lunak <i>DesignBuilder</i> dengan data hasil pengukuran di lapangan	korelasi 99% (18 September 2018) dan 75% (21 September 2018) antara suhu dalam ruangan yang disimulasikan dan diukur pada hari pengujian
7	<i>Impact of window wall ratio in office building envelopes on operational energy consumption in the temperate climatic zone of India</i> [18].	memahami dampak radiasi matahari dan cahaya matahari yang masuk melalui selubung bangunan, serta mengoptimalkan WWR dengan memanfaatkan cahaya matahari	WWR optimal dipilih berdasarkan konsumsi energi terendah sekaligus mencapai ambang batas pencahayaan sebagaimana ditentukan dalam ECBC	Pengurangan WWR dapat menurunkan konsumsi energi listrik
8	<i>Evaluation of energy consumption with energyplus simulation in office existing buildings</i> [19].	Mengevaluasi desain dan kinerja kantor Bank Jateng di Jepara, Jawa Tengah ditinjau dari intensitas sumber dayanya dengan konsep simulasi	mengeksplorasi beberapa skenario yang bekerja lebih baik terhadap respons bangunan terhadap iklim lokal	Mesin pendingin udara dapat mengakomodasi suhu ruangan di dalam bangunan dalam rentang 22-27,71°C
9	<i>Energyplus Testing With ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 (BESTEST)</i> [20]	Membandingkan <i>energyplus</i> dengan program simulasi lainnya	Melakukan simulasi dengan metode program pengujian standar ANSI/ASHRAE 140-2001	BESTEST adalah hasil simulasi energi melalui program simulasi DOE-2.E dan BLAST 3.0-334. Dari hasil simulasi yang dilakukan, maka dapat disimpulkan hasil simulasi <i>Energyplus</i> adalah valid (6,136 <

				6,792(<i>Energyplus</i>) > 8,448)
10	<i>Effectiveness Analysis of Insulation and Roof Covering Material in Office Flat Roof</i> [21]	Menganalisis efektivitas material insulasi pada atap bangunan perkantoran	usulan material insulasi, yaitu <i>polyurethane (PU) foam</i> , <i>polyisocyanurate (PI) foam</i> , <i>fiberglass</i> , keramik, <i>Ethylene Propylene Diene Terpolymer (EPDM)</i> membran, dan tanaman vegetasi	Material tersebut dapat mengurangi penggunaan energi dalam rentang 19,5%-23%
11	<i>Impact of insulation and wall thickness in compressed earth buildings in hot and dry tropical regions</i> [22]	Pengaruh material insulasi terhadap kinerja termal bangunan	Melakukan simulasi ketebalan material CEB dan material insulasi <i>glass wool</i> untuk melihat ketahanan termal material	Untuk menurunkan amplitudo suhu luar ruang hingga 22% dapat menggunakan ketebalan insulasi <i>glass wool</i> sebesar 0,14m

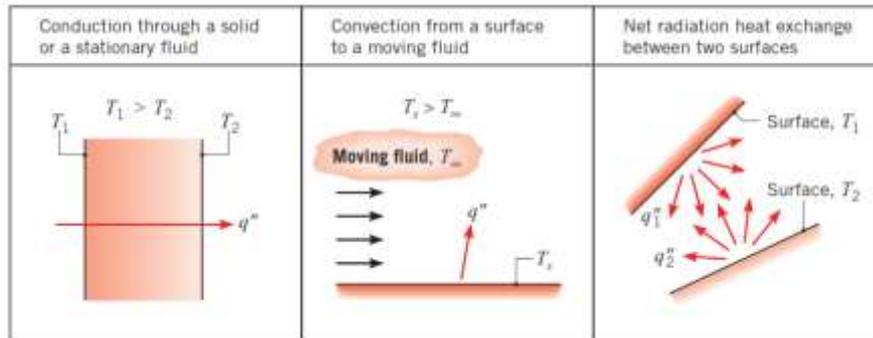
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Perpindahan panas

Perpindahan panas adalah pengembangan konsep perpindahan panas pada hukum pertama termodinamika, yaitu energi bersifat kekal dan dapat berubah bentuk [23]. Termodinamika adalah perubahan, transformasi, dan kesetimbangan sebuah partikel menjadi fasa gas, cair, dan padat yang diakibatkan sebuah sifat termal [24]. Sifat termal pada benda dipengaruhi oleh material dan massa, semakin besar massanya maka semakin besar energi panasnya [23].

Perpindahan panas merupakan ilmu yang mempelajari pertukaran energi panas melalui suatu benda atau antar benda yang terjadi akibat perbedaan suhu [23]. Ketika dua benda yang berdekatan memiliki suhu yang berbeda, maka energi panas akan berpindah dari suhu yang lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah [23]. Besar perpindahan panas dipengaruhi oleh kemampuan suatu material dalam menahan laju perpindahan panas, yang bertujuan untuk mengurangi perolehan panas [25]. Kemampuan ini dikenal sebagai insulasi material [25]. Dalam konteks isolasi termal bangunan, kinerja material insulasi sangat penting untuk menjaga suhu dalam ruangan tetap stabil dan nyaman. Efektivitas material insulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kemampuan radiasi termal yang dipancarkan, radiasi matahari yang diserap, radiasi matahari yang dipantulkan,

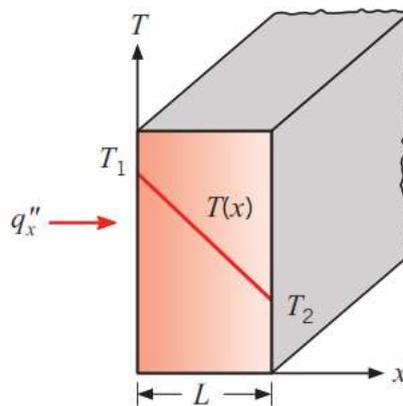
radiasi matahari yang ditransmisikan, dan konduktivitas material [26]. Proses perpindahan panas dibagi menjadi tiga, yaitu Konduksi, Konveksi, dan Radiasi. Gambar 2.1 merupakan jenis proses dan ilustrasi perpindahan panas yang terjadi pada sebuah benda atau antar benda [23].



Gambar 2.1 Ilustrasi perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi [23]

2.2.1.1 Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas melintasi sebuah medium [23]. Panas pada umumnya simbolkan Q , yang memiliki satuan Joule. Laju perpindahan panas diukur dalam satuan Watt (W) sama dengan Joule per detik. Laju perpindahan panas pada sebuah bidang luas dikur dalam Watt per luas area dan memiliki simbol q'' [23]. Perpindahan panas diukur dalam persamaan laju yang sesuai, untuk sebuah dinding satu dimensi yang memiliki distribusi suhu $T(x)$ (Gambar 2.2), maka persamaan lajunya adalah:



Gambar 2.2 Konduksi dalam satu dimensi

$$q''_x = -k \frac{dT}{dx} \quad 2-1$$

Dimana, dalam kondisi *steady-state*:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} \quad 2-2$$

$$q''_x = -k \frac{T_2 - T_1}{L} \quad 2-3$$

$$q''_x = k \frac{T_1 + T_2}{L}$$

2-4

dengan,

q''_x = laju perpindahan panas dalam arah x per area luas

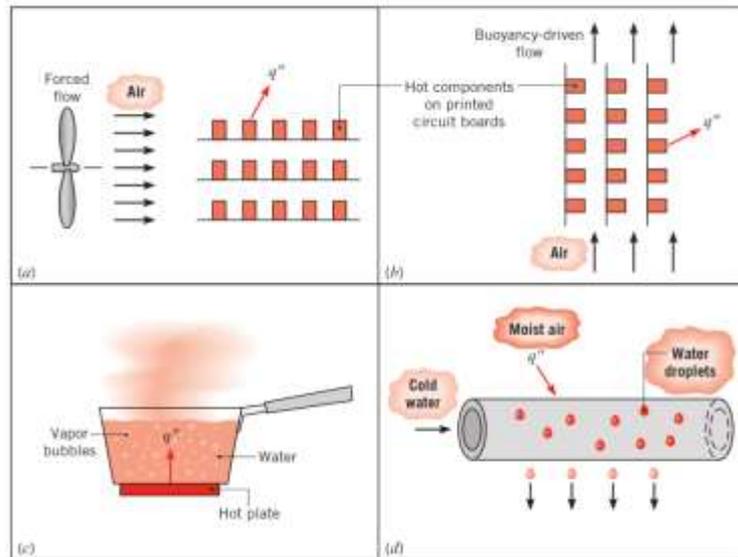
k = nilai konduktifitas material

T_1 & T_2 = Suhu permukaan

L = ketebalan dinding permukaan

2.2.1.2 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan dengan sebuah aliran fluida yang bergerak dan memiliki perbedaan suhu (Gambar 2.3) [23].



Gambar 2.3 Ilustrasi perpindahan panas konveksi [23]

Konveksi diklasifikasikan menjadi 2, yaitu konveksi paksa dan konveksi bebas (alami) [23]. Perpindahan panas konveksi dalam dihitung melalui persamaan 2-5.

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \quad 2-5$$

dengan,

q'' = fluks panas konveksi ($\frac{W}{m^2}$)

T_s = Suhu Permukaan

T_∞ = suhu fluida

h = koefisien perpindahan panas secara konveksi

2.2.1.3 Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas melalui pancaran energi gelombang elektromagnetik Gambar 2.4 [23], yang dapat dihitung melalui persamaan 2-6.

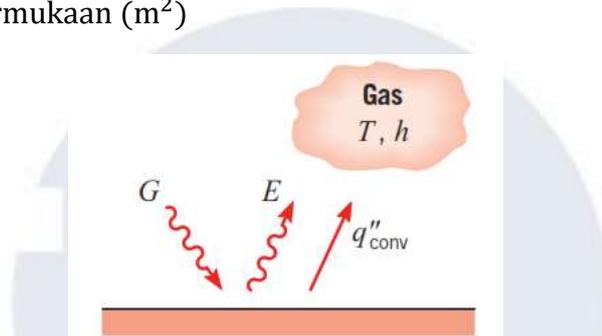
$$q''_{\text{rad}} = \frac{q}{A} \quad 2-6$$

dengan,

q''_{rad} = flux panas ($\frac{W}{m^2}$)

q = Energi yang diterima (Watt)

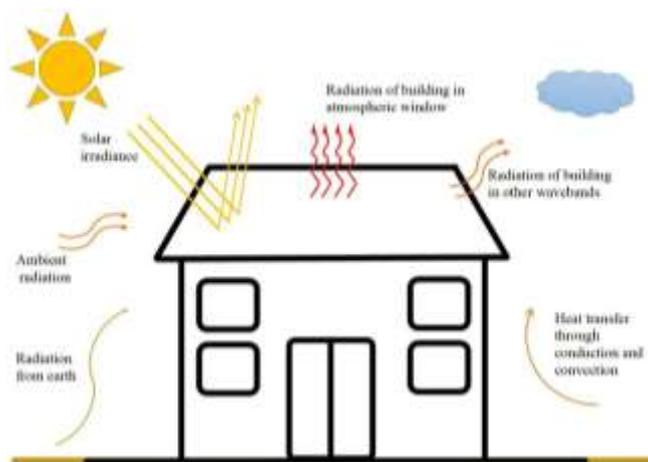
A = Luas area permukaan (m^2)



Gambar 2.4 Ilustrasi perpindahan panas radiasi

2.2.2 Perpindahan panas pada bangunan

Pada siang hari, selubung bangunan akan terkena paparan sinar matahari, sehingga terjadi perpindahan panas dari matahari ke bangunan. Gambar 2.5 merupakan ilustrasi perpindahan panas pada bangunan yang melalui konduksi, konveksi dan radiasi



Gambar 2.5 Merupakan ilustrasi perpindahan panas pada bangunan [27]

Permukaan bangunan yang terkena paparan sinar dan panas matahari menyebabkan terjadinya perpindahan panas, perpindahan tersebut menyebabkan kenaikan temperatur udara dalam bangunan melalui konduktivitas dinding, fasad, dan radiasi melalui sebuah fasad [28].

Perpindahan panas tersebut dipengaruhi oleh konduktivitas termal bahan yang digunakan sebagai material struktur maupun insulasi pada bangunan [29]. Perolehan panas pada selubung bangunan dinyatakan dalam satuan Watt per meter persegi (W/m^2) [30]. Besar nilai perolehan panas pada bangunan dapat diketahui melalui perhitungan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV). OTTV adalah salah satu metode untuk menentukan sebuah desain selubung bangunan hemat atau tidak, melalui perhitungan perolehan panas rata-rata yang ditransmisikan ke dalam bangunan [31].

OTTV dapat dihitung melalui Persamaan 2-7.

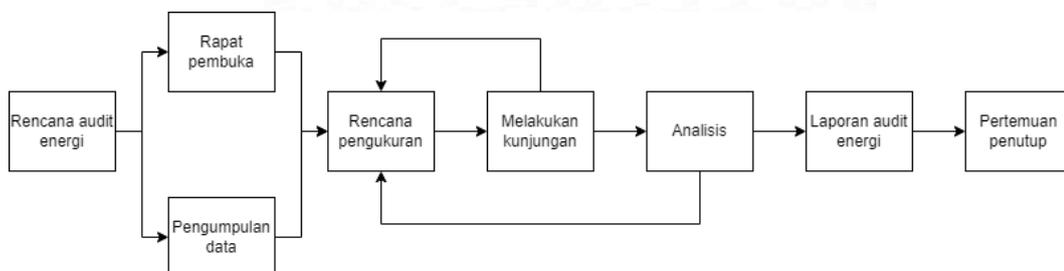
$$OTTV = \alpha[(U_w \times (1 - WWR) \times TD_{EK}] + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF) \quad 2-7$$

dengan,

OTTV	=	Nilai perpindahan termal secara menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m^2)
α	=	Absorptansi radiasi matahari
U_w	=	Transmitan termal dinding tidak tembus cahaya ($W/m^2.K$)
WWR:	=	Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan
TD_{EK}	=	Beda temperatur ekuivalen (K)
SF	=	Faktor radiasi matahari (W/m^2)
SC	=	Koefisien peneduh dari sistem penetrasi
U_f	=	transmitan termal penetrasi ($W/m^2.K$)
ΔT	=	Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam

2.2.3 Audit energi [SNI 6390:2020 & SNI ISO 50002-2014]

Audit energi adalah sebuah proses mengevaluasi konsumsi energi melalui identifikasi penggunaan energi, peluang penghematan energi, dan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya energi. Prosedur audit energi pada bangunan di atur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 6390 tahun 2020 tentang Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung dan ISO 50002 tahun 2014 tentang Audit Energi – Persyaratan Dengan Pedoman Penggunaan. SNI 6390:2020 dan SNI ISO 50002: 2014 memiliki kesamaan prosedur yang terdiri dari beberapa tahap yang dipaparkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram alur proses audit pada bangunan

Tahap perencanaan audit energi dijelaskan pada sub bab di bawah ini.

1) Rencana Audit

Perencanaan audit energi merupakan tahap penting dalam keberlangsungan proses audit energi pada bangunan. Proses ini meliputi kesepakatan pemilik gedung dengan kelompok auditor. Kesepakatan meliputi ruang lingkup, batas, tujuan, harapan dari pemilik gedung, dan periode pengerjaan.

2) Rapat Pembuka

Rapat pemukaan adalah tahapan untuk memaparkan rencanakan audit energi bangunan kepada pemilik gedung bangunan dan memperkenalkan anggota auditor yang berkontribusi pada audit yang dilakukan.

3) Pengumpulan Data

Auditor energi akan mengumpulkan data-data yang relevan untuk digunakan dalam analisis. Data tersebut meliputi data konsumsi energi, peralatan konsumsi energi, desain bangunan, aktivitas dalam bangunan, dan lain-lain.

4) Rencana Pengukuran

Pengukuran dilakukan untuk pengambilan data yang relevan untuk digunakan dalam analisis. Data tersebut merupakan data yang tidak ditemukan dalam proses pengumpulan data. Dalam rencana pengukuran, auditor harus memiliki daftar pengukuran, daftar titik-titik pengukuran, durasi pengukuran, dan lain-lain.

5) Melakukan Kunjungan

Tahap kunjungan merupakan untuk melakukan pengukuran untuk mendapatkan data yang relevan untuk analisis audit. Pemilik gedung bangunan harus memberikan izin kepada auditor sesuai dengan kesepakatan yang telah disepakati pada tahap rapat pembukaan.

6) Analisis

Analisis merupakan tahapan pengerjaan laporan audit energi yang terdiri dari analisis kinerja energi saat ini, identifikasi peluang perbaikan, dan evaluasi peluang penghematan kinerja energi.

7) Laporan Audit Energi

Tahap ini merupakan untuk memastikan laporan audit yang telah dibuat sudah memenuhi persyaratan yang disepakati bersama dan memeriksa kembali perhitungan dan analisis yang telah dilakukan.

8) Pertemuan penutupan

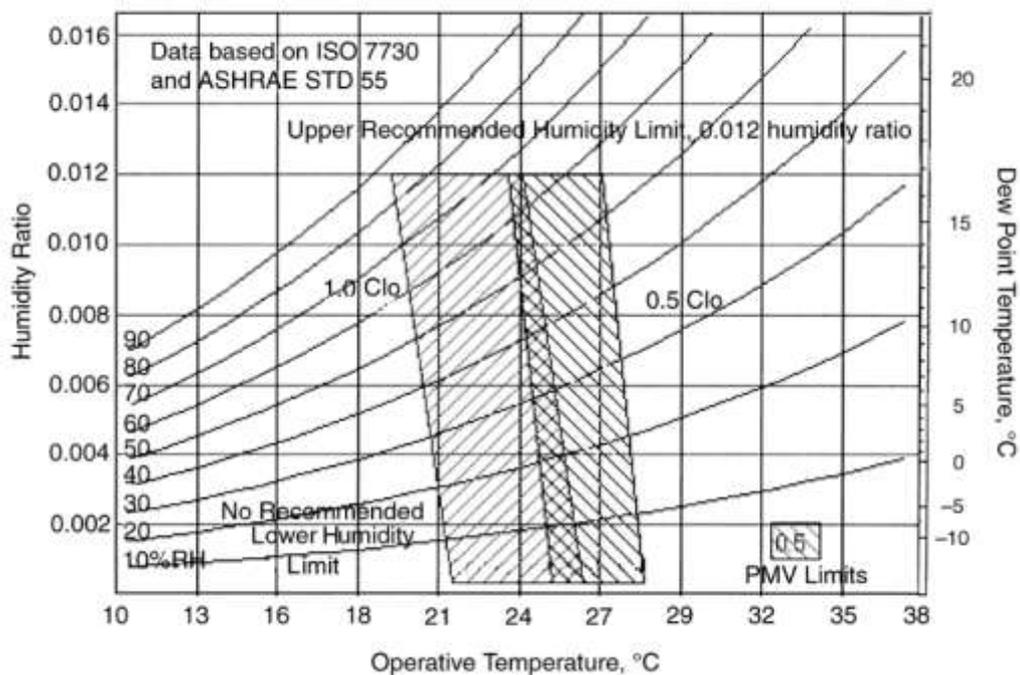
Tahap ini merupakan tahapan akhir dalam rangka menyajikan hasil laporan audit yang telah dilakukan dan sesi tanya jawab mengenai laporan audit. Bila proses tersebut sudah selesai dan disepakati bersama, maka proses audit secara resmi telah selesai.

2.2.4 Sistem Tata Udara pada Bangunan

Sistem tata udara berfungsi untuk memberikan pasokan udara untuk kenyamanan termal penghuni ruangan [32]. Dalam memenuhi kondisi termal yang dapat diterima pada penghuni bangunan desain tata udara telah memenuhi persyaratan sebagai berikut: suhu operasional, batas kelembaban, peningkatan kecepatan udara, dan ketidaknyamanan lokal [2].

2.2.4.1 Suhu Operasional

Zona nyaman termal didefinisikan dalam kisaran suhu operasional yang disediakan yang dapat diterima atau dalam hal kombinasi suhu udara dengan suhu radiasi rata-rata yang menurut masyarakat dapat diterima secara termal. Gambar 2.7 merupakan perkiraan suhu pengoperasian yang dapat diterima oleh penghuni ruangan dengan 80% okupansi pada ruangan dan kecepatan udara tidak lebih dari 40ft/menit (0,2 m/s) [2]. Rentang temperatur udara yang dapat diterima oleh penghuni ruangan antara 24-27,5°C pada kelembaban sebesar 55%.



Gambar 2.7 Kisaran suhu dan kelembaban pengoperasian yang dapat diterima untuk ruangan yang memenuhi kriteria pada sebuah ruangan dengan 80% okupansi dan kecepatan udara tidak lebih dari 0,2m/s [2]

Di Indonesia, nilai temperatur untuk memenuhi kenyamanan termal telah ditentukan melalui SNI 6390:2020 Konservasi energi tata udara, yaitu pada ruang kerja ditetapkan minimum 25°C. Pengaturan temperatur udara pada ruang transit (lobi, koridor) ditetapkan minimum 27°C [33].

2.2.4.2 Batas kelembaban

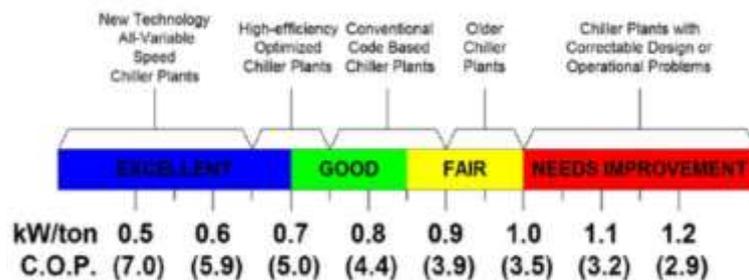
Sistem dirancang untuk mengendalikan kelembaban dalam rasio kelembaban pada atau di bawah 0,012 yang setara dengan tekanan uap air 1,910 kPa (0,277 PSI) pada tekanan setandar atau titik embun 16,8°C. Kelembaban tidak ada batasan, namun faktor kenyamanan non-termal seperti kulit kering, mata kering, dan lainnya dapat membatasi penerimaan lingkungan dengan kelembapan sangat rendah [2]. Di Indonesia nilai kelembaban udara ditentukan sebesar 55% pada ruang kerja, dan rentang kelembaban udara sehat direkomendasikan antara 40-60% [33], [34].

2.2.4.3 Efisiensi mesin tata udara

Coefficient Of Performance (COP) adalah indikator kinerja tata udara yang ditentukan melalui persamaan 2-8.

$$\text{COP} = \frac{\text{Efek Refrigasi}}{\text{Konsumsi energi}} \quad 2-8$$

Gambar 2.8 merupakan klasifikasi kategori kinerja mesin tata udara yang telah ditentukan pada ASHRAE. Kategori tersebut digunakan untuk menentukan efisiensi mesin tata udara yang digunakan [35].



Gambar 2.8. Kategori COP [35]

Pemilihan peralatan sistem tata udara wajib memiliki efisiensi minimum yang telah ditetapkan, Tabel 2.2 merupakan nilai efisiensi minimum peralatan sistem tata udara agar memberikan performa terbaik dan efisien.

Tabel 2.2 Kinerja peralatan tata udara

Tipe peralatan sistem tata udara	Minimum Efisiensi	
	COP	KW/TR
Split < 65.000 BTU/h	2,70	1,303
Variable Refrigerant Flow	3,70	0,951
Split Duct	2,60	1,353
Air Cooled Chiller < 150 TR (recip)	2,80	1,256
Air Cooled Chiller < 150 TR (screw)	2,90	1,213
Air Cooled Chiller > 150 TR (recip)	2,80	1,256
Air Cooled Chiller > 150 TR (screw)	3,00	1,172
Water Cooled Chiller < 150 TR (recip)	4,00	0,879
Water Cooled Chiller < 150 TR (screw)	4,10	0,858
Water Cooled Chiller > 150 TR (recip)	4,26	0,826

Water Cooled Chiller > 150 TR (screw)	4,40	0,99
Water Cooled Chiller > 300 TR (centrifugal)	6,05	0,581

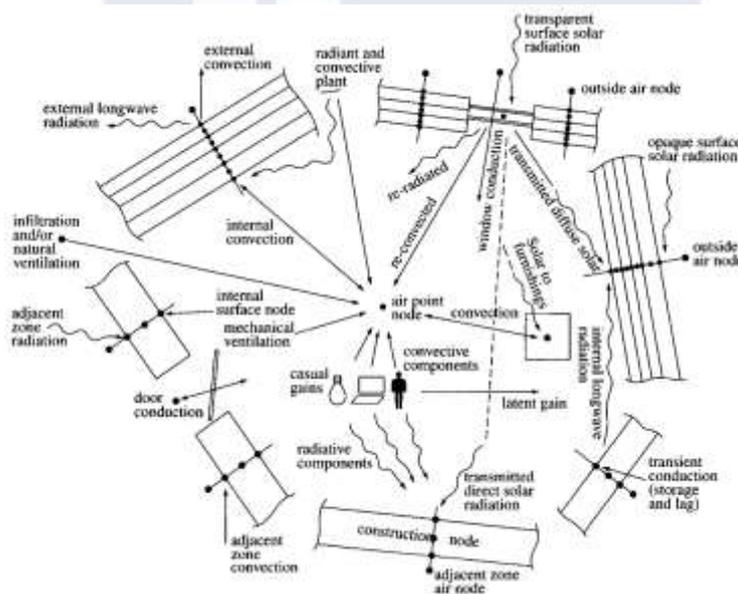
2.2.4.4 Perhitungan konsumsi Energi

Pada SNI 6390-2020 konsumsi energi pada sistem tata udara bangunan gedung dapat dihitung melalui persamaan 2-9.

$$\text{Konsumsi energi} = \frac{\text{beban pendinginan} \times \text{jam operasi}}{\text{COP}} + \text{konsumsi energi dalam gedung} \quad 2-9$$

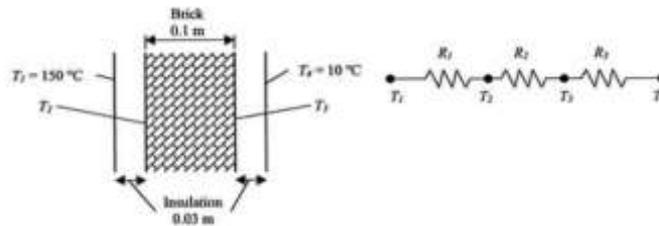
2.2.5 Pemodelan & Simulasi Energi Bangunan

Simulasi bangunan muncul digunakan dalam menilai pilihan perubahan desain dalam kaitannya dengan kesehatan dan kenyamanan manusia melalui pengurangan energi. Gambar 2.9 merupakan alur interaksi antara dalam dan luar bangunan secara dinamis untuk menentukan tingkat kenyamanan dan kebutuhan energi (*air node point*) [36].



Gambar 2.9 Pengaruh kenyamanan dan kebutuhan energi pada bangunan [36]

Simulasi ini dilakukan pendekatan sebuah rangkaian listrik (ilustrasi Gambar 2.10) yang memiliki nilai resistansi dan kapasitif yang dipengaruhi oleh waktu dan perbedaan potensial. Aliran arus yang melewati setiap rangkaian dinyatakan sebagai aliran panas yang mengalir antar komponen. Komposisi material, isi ruang, bentuk fasad, dan lain-lain dinyatakan sebagai node yang dicirikan oleh kapasitansi, dengan koneksi antar-simpul dicirikan oleh konduktansi dan node memiliki variabel keadaan seperti suhu dan tekanan (analog & tegangan). karena node memiliki kapasitansi yang berbeda-beda dan dinamis, maka setiap node berubah maka node lainnya akan merespons untuk menangkap, menyimpan dan melepas energi [36].



Gambar 2.10 Perpindahan panas pada bangunan
 Sumber : web.mit.edu

Dalam sudut pandang matematis, beberapa persamaan kompleks harus diselesaikan untuk mewakili simpul secara akurat dan proses perpindahan panas yang saling terkait, maka diperlukan teknik solusi untuk memprediksi kinerja dengan akurat melalui program simulasi [36].

Simulasi energi untuk menampilkan desain bangunan virtual dan melakukan perhitungan fisika pada komputer. Untuk melakukan simulasi ini, model bangunan, pola penggunaan, dan data cuaca diperlukan untuk menghitung berbagai keluaran, seperti beban puncak, ukuran sistem, dan jumlah energi yang dikonsumsi selama periode waktu tertentu. Informasi ini digunakan untuk menghitung tagihan utilitas dan menilai analisis biaya-manfaat untuk berbagai strategi desain. Selain itu, beberapa strategi desain, komponen pada bangunan dapat dievaluasi melalui pendekatan sistematis. Pendekatan tersebut membutuhkan banyak data berupa letak geografis bangunan berupa kondisi cuaca, bentuk geometri bangunan yang berhubungan dengan termal, komponen selubung bangunan, dan aktivitas penghuni dalam bangunan [37]. *Designbuilder* merupakan antarmuka paling mutakhir untuk memodelkan sebuah bangunan dan integrasi dengan *Energyplus* sebagai mesin perhitungan [38].

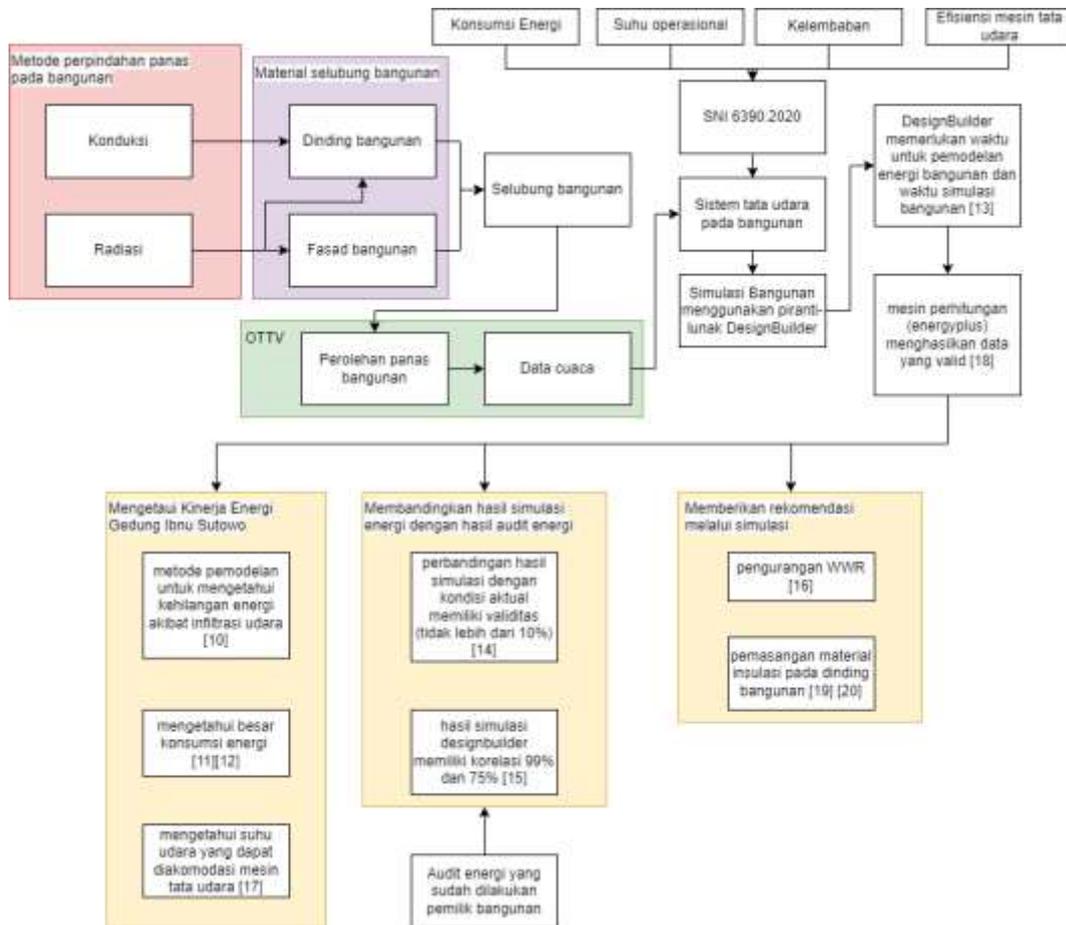
2.2.5.1 Energyplus

Energyplus adalah program yang bersifat terbuka (*open-source*) yang dapat melakukan perhitungan energi dan beban termal pada sebuah bangunan. Program ini akan melakukan perhitungan berdasarkan deskripsi geometri bangunan, bahan material, letak geografis bangunan dan akan menghitung beban panas atau beban pendinginan untuk mempertahankan titik temperatur yang ditetapkan [39].

2.2.5.2 Designbuilder

Designbuilder merupakan perangkat lunak yang terintegrasi dengan *Energyplus* digunakan untuk mensimulasi penggunaan energi pada bangunan, pencahayaan, dan kenyamanan penghuni bangunan sesuai yang dipengaruhi kondisi cuaca pada lokasi bangunan. Perangkat lunak ini memiliki keunggulan melalui opsi-opsi pengaturan yang sangat detail, seperti penjadwalan operasional bangunan (okupansi, dan hari kerja, serta hari libur), parameter termal selubung bangunan, sumber penggunaan energi untuk sistem pendinginan/pemanasan, dan hasil keluaran yang menghasilkan beberapa opsi hasil simulasi (per hari, per bulan, dan per tahun) dan disajikan dalam berbagai bentuk, seperti tabel, dan grafik [40].

Dari Tujuan pengerjaan tugas akhir, maka dilakukan tinjauan pustaka (Tabel 2.1), dan Tinjauan dasar teori yang sudah dilakukan. Gambar 2.11 merupakan diagram alir pengerjaan akhir, melalui tinjauan pustaka dan dasar teori yang dilakukan.



Gambar 2.11 Diagram blok tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk melihat perkembangan penelitian yang sudah dilakukan untuk melihat konsumsi energi pada bangunan dengan menggunakan piranti-lunak *Designbuilder* [9][11][16], validitas hasil simulasi piranti-lunak *Designbuilder* dengan kondisi aktual [13][14], dan perubahan fasad dan pemasangan material insulasi dapat menurunkan konsumsi energi pada bangunan [10][15][18][19].

Tinjauan dasar teori digunakan untuk melihat fenomena fisika pada bangunan, dan pedoman teknis yang diterbitkan pemerintah Indonesia. Sebuah bangunan yang disinari oleh matahari menyebabkan terjadinya perpindahan panas ke dalam bangunan, perpindahan panas tersebut diakibatkan fenomena fisika yang terjadi, yaitu konduksi dan radiasi. Pada dinding bangunan terjadi perpindahan panas melalui metode konduksi dan pada fasad bangunan terjadi perpindahan panas melalui metode konduksi dan radiasi. Besar panas yang masuk ke dalam bangunan

dipengaruhi oleh material. Material memiliki kemampuan untuk menyerap dan memantulkan panas yang diterima. Perolehan panas pada bangunan dapat dihitung menggunakan perhitungan komputer, melalui sumber data cuaca pada lokasi bangunan yang dalam format EPW, Perolehan panas pada bangunan memengaruhi besar beban pendinginan dalam bangunan. Beban pendinginan adalah besar energi yang digunakan untuk menurunkan temperatur udara dalam bangunan yang telah diatur pada pedoman teknik Standar Nasional Indonesia (SNI 6390:2020). Beban pendinginan berpengaruh pada konsumsi energi listrik untuk pendinginan pada bangunan tersebut.



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA