

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kenyamanan udara di dalam suatu bangunan adalah keadaan yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban di dalam ruangan. Hal ini berhubungan langsung dengan cara bangunan dioperasikan dan dikelola. Jika keadaan ini tidak tercapai, maka kualitas udara di dalam ruangan bisa menurun dan dapat menyebabkan masalah kesehatan bagi penghuni. Dampak kualitas udara yang buruk pada bangunan bisa bersifat langsung atau tidak langsung. Parameter kualitas di sebuah bangunan dapat divisualisasikan serta diukur melalui suhu, kelembaban, kecepatan udara, kualitas ventilasi, pencahayaan dan partikel.

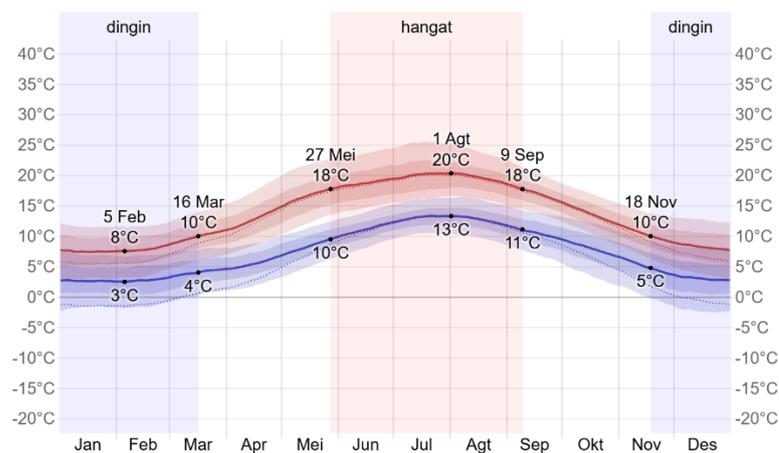
Adapun salah satu cara yang umum digunakan untuk menjaga kenyamanan udara dalam suatu bangunan adalah menggunakan pengkondisi udara. Sistem Pengkondisian udara merupakan penerapan sistem pendingin ataupun pemanas untuk menjaga suhu permukaan atau suhu ruangan dalam suatu gedung agar penghuni merasa nyaman di kondisi musim panas ataupun dingin. Cara kerja dari suatu sistem pengkondisian udara adalah dengan cara membuang kalor dari sebuah ruangan atau sistem ke lingkungan [1]. Pengkondisian udara adalah suatu proses untuk mengolah udara dengan mengatur suhu, kelembaban, kebersihan serta distribusi secara bersamaan untuk mencapai kondisi yang sesuai atau nyaman untuk penghuni yang menggunakan ruangan tersebut [2]. Melalui dua definisi tersebut dapat kita pahami bahwa tujuan dari sebuah sistem pengkondisian udara adalah sebuah sistem yang membantu untuk proses pengendalian udara dalam ruangan atau sistem agar sesuai dengan kenyamanan termal pada kondisi tertentu.

Berdasarkan *ASHRAE Student Competition 2025*, terdapat *study case* dimana kota Manchester, England sedang membangun bangunan *Medical Office* di pusat kota. Dimana bangunan tersebut akan memiliki 3 Lantai. Tujuan utama dari pembangunan bangunan ini adalah menyediakan akses lokal untuk dokter dan sebagai lokasi perawatan rawat jalan di kota tersebut. Salah satu bagian pekerjaan dari proyek ini adalah mendesain sistem pengkondisian udara. Saat ini jenis pengkondisian udara untuk sebuah bangunan memiliki berbagai tipe yang bisa digunakan seperti *AC SPLIT* yang biasa digunakan untuk di rumah pribadi ataupun bangunan yang tidak semua ruangnya diperlukan sistem pengkondisi udara. Kelebihan dari *AC Split* adalah lebih mudah untuk instalasinya dan hemat energi untuk ruang yang terbatas. Jenis pengkondian udara yang lainnya adalah sistem *Heating Ventilation Air Conditioning*

(HVAC) yang biasa digunakan untuk bangunan komersil yang besar dan juga industri-industri. Kelebihan dari sistem HVAC sendiri adalah penggunaan energi yang efisien untuk mendinginkan atau memanaskan area yang lebih besar. Karena bangunan ini diperuntukan untuk fasilitas umum masyarakat, maka pemilik dari bangunan tersebut berencana untuk menggunakan sistem HVAC sebagai sistem pengkondisian udara.

1.2 Informasi Pendukung Masalah

Berdasarkan *ASHRAE handbook: fundamentals* 1997, tujuan utama dari sistem HVAC adalah menyediakan kondisi yang sesuai dengan kenyamanan termal penghuni, dimana kondisi tersebut ditunjukkan melalui kondisi pikiran yang puas terhadap lingkungan termal [3]. Dari pernyataan tersebut, kita bisa simpulkan sistem pengkondisian udara merupakan salah satu aspek yang penting dalam kenyamanan penghuni pada suatu bangunan. Untuk bangunan ini sendiri akan menggunakan sistem pengkondisian udara tipe HVAC dikarenakan bangunan tersebut masuk ke tipe *non residential* atau bukan untuk tempat tinggal melainkan untuk fasilitas publik ataupun komersil yang berarti cakupan area yang akan dikondisikan udara jauh lebih besar dibanding rumah pribadi. Bangunan ini akan dibangun pusat kota Manchester, England dimana daerah tersebut merupakan daerah dengan iklim sedang, yang berarti akan lebih dominan menggunakan sistem pemanas dibanding sistem pendingin dikarenakan cuaca yang cenderung lebih dingin dan lembap sepanjang tahun. Sedangkan untuk sistem pendingin tetap diperlukan karena saat musim panas suhu di Inggris ada peningkatan suhu hingga 30 C.



Gambar 1-1 Rata-rata kondisi suhu pada kota Manchester.

Kota Manchester memiliki kondisi iklim yang dominan dingin, yang ditandai dengan suhu relatif dingin sepanjang tahun. Pada **Gambar 1.1** menunjukkan kondisi suhu rata-rata di kota Manchester berdasarkan *Weather Spark Report*. Dapat dilihat bahwa suhu rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Juli dan Agustus, dengan puncak mencapai 20°C. Sebaliknya, suhu

terendah terjadi di bulan Januari dan Februari, dengan rata-rata mencapai 3°C hingga 6°C, yang menandai musim dingin di wilayah tersebut.

Perubahan suhu yang signifikan antara musim dingin dan musim panas di kota Manchester menunjukkan pentingnya sistem *Heating Ventilation Air Conditioning* (HVAC) dalam menjaga kenyamanan termal pada bangunan. Sistem pemanas (*heating*) berperan penting untuk menjaga suhu ruangan tetap hangat bagi pasien serta staf medis. Sebaliknya, pada musim panas, dengan suhu tertinggi mencapai 20°C, sistem pendingin (*cooling*) diperlukan untuk menghindari suhu ruangan yang terlalu panas, terutama pada ruangan dengan aktivitas tinggi yang cenderung menghasilkan panas tambahan.

Kenyamanan termal merupakan suatu kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan seseorang terhadap lingkungan termal di sekitarnya. Definisi ini menekankan bahwa kenyamanan termal bersifat subjektif, di mana setiap individu memiliki persepsi berbeda terhadap kondisi lingkungan. Kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan aliran udara, dan suhu radiasi. Selain itu, faktor individu seperti aktivitas metabolisme (*metabolic rate*) dan jenis pakaian (*clothing insulation*) juga diperhitungkan dalam menciptakan lingkungan yang nyaman secara termal [5]. Kenyamanan termal dalam ruangan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, di mana tujuan utamanya adalah memastikan mayoritas penghuni merasa nyaman secara termal. Standar ini menetapkan rentang suhu dan kelembapan ideal serta memberikan metode pengukuran dan evaluasi kenyamanan termal untuk berbagai kondisi lingkungan, guna memastikan efisiensi energi tanpa mengorbankan kenyamanan penghuni. [6]

Medical office merupakan sebuah bangunan yang difungsikan untuk penyedia layanan kesehatan rawat jalan, diantaranya konsultasi kesehatan, pemeriksaan fisik, dan tindakan medis ringan. Berbeda dengan rumah sakit yang umumnya terdapat fasilitas rawat inap dan ruang operasi besar. Fasilitas yang terdapat pada *medical office* adalah ruang tunggu, ruang pemeriksaan, ruang tindakan ringan, area administrasi serta ruang kerja untuk tenaga medis.

Pada bangunan *medical office* atau fasilitas kesehatan terdapat beberapa ruangan yang memerlukan perlakuan khusus untuk pengkondisian udara. Terdapat standar yang dapat dijadikan acuan untuk menentukan spesifikasi yang tepat untuk desain ventilasi pada bangunan fasilitas Kesehatan yaitu ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2021. Standar ini diterbitkan dengan tujuan untuk menentukan persyaratan desain sistem ventilasi suatu bangunan fasilitas Kesehatan. Berdasarkan standar tersebut, terdapat beberapa lingkup yang akan dibahas seperti

fungsi ruangan (area perawatan pasien, area perawatan penghuni), persyaratan desain dari segi suhu dan kelembapan dan persyaratan desain dari segi pengendalian bau dan aseptis. Untuk lebih jelasnya, diambil beberapa sample parameter desain dari beberapa ruangan berdasarkan ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2021 :

Tabel 1-1 Parameter Desain Ruangan Fasilitas Kesehatan.

Ruangan	Minimum Outdoor ACH	Minimum Total ACH	Desain RH(%)	Desain Temperatur (C)
Ruang Exam General	2	4	Max 60	21-24
Ruang Terapi Fisik	2	6	Max 65	22-27
Area Farmasi	2	4	Max 60	21-24
Area Laboratorium General	2	6	NR	21-24
Koridor Penanganan Pasien	NR	2	NR	NR

NR = No Requirement

Disini diambil beberapa contoh ruangan yang akan digunakan pada bangunan *medical office*. Adapun parameter yang ditetapkan antara lain adalah nilai minimum *air change per hour* (ACH) untuk menunjukkan seberapa sering udara dalam ruangan diganti dengan udara luar selama satu jam dan nilai kelembapan serta temperature dalam ruangan.

1.3 Analisis Umum

Dalam merancang dan menghitung sistem *Heating, Ventilation, and Aircoditioning* (HVAC) pada bangunan *medical office*, terdapat beberapa aspek pendukung yang harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa sistem yang digunakan sudah berjalan secara optimal. Bangunan *medical office* merupakan lingkungan yang cukup sensitif, dengan kondisi kenyamanan dan kesehatan anggota medis, maupun pengunjung yang menjadi prioritas utama. Desain sistem HVAC yang digunakan harus mampu menyediakan suhu, kelembapan yang nyaman, tetapi juga memastikan aliran udara bersih, dengan penggunaan energi secara efisien serta mengikuti ketentuan yang berlaku. Berikut merupakan beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan dalam menentukan desain dan kalkulasi pada sistem HVAC.

1.3.1 Aspek Teknis

Bangunan medical office digunakan untuk mendukung aktivitas pelayanan kesehatan, serta konsultasi medis, sehingga sistem HVAC yang digunakan tidak hanya memastikan kenyamanan termal, namun juga mampu menjaga kebersihan udara. Setiap ruangan yang digunakan untuk kegiatan medis memiliki nilai minimum 4 *air changes per hour* (ACH) dengan tekanan udara positif agar area steril dan tidak terkontaminasi oleh udara luar, serta ventilasi yang memberikan *fresh air* sebanyak 20 cfm per orang. Menjaga suhu ruangan agar stabil di (22-24°C) dengan kelembaban relatif di kisaran 30-50%. Dengan perhatian tersebut, sistem HVAC dapat mendukung kesehatan para penghuni.

1.3.2 Aspek Ekonomi

Table 3-24 Baseline HVAC System Cost Estimate Equipment Breakdown

HVAC Component	ASHRAE 90.1-2004 Baseline Hydronic VAV Low-Rise	ASHRAE 90.1-2004 Baseline Hydronic VAV High-Rise
Chillers and cooling tower (#)	3	3
Boilers (#)	5	5
Air distribution units (#)	8	24
VAV terminal boxes (#)	310	312
Pumps (#)	11	11

Table 3-25 Baseline HVAC System Cost Breakdown

HVAC Input	ASHRAE 90.1-2004 Baseline Hydronic VAV Low-Rise	ASHRAE 90.1-2004 Baseline Hydronic VAV High-Rise
Chillers and cooling tower (\$/ft ²)	\$1.40	\$1.40
Boilers (\$/ft ²)	\$0.49	\$0.66
Air distribution units (\$/ft ²)	\$7.59	\$10.36
VAV terminal boxes (\$/ft ²)	\$0.84	\$0.85
Pumps (\$/ft ²)	\$0.39	\$0.39
Ductwork (\$/ft ²)	\$4.46	\$4.77
Water distribution network (\$/ft ²)	\$1.88	\$1.64
Life safety (\$/ft ²)	\$0.35	\$0.17
Air and water balance (\$/ft ²)	\$0.20	\$0.26
Temperature controls (\$/ft ²)	\$1.00	\$1.00
Total (\$/ft ²)	\$18.59	\$21.52

Gambar 1-2 Estimasi jumlah komponen yang dibutuhkan beserta biaya.

Bangunan medical office dengan luas 24,354 ft² dengan aspek ekonomi mencakup *initial cost*, *operational cost*, dan *maintenance cost*. *Initial Cost* merupakan biaya awal melibatkan pengadaan dan instalasi peralatan HVAC. Pada **Gambar 1-2** menunjukkan, biaya untuk *chillers* dan *cooling towers* adalah \$1.40/ft², sehingga totalnya menjadi \$34,095.60. Untuk *ductwork*, biayanya \$4.77/ft², dengan total \$116,385.78. Selain itu, instalasi *air distribution units* sebesar \$10.36/ft² menghasilkan biaya \$252,107.44. Jika ditotal, biaya instalasi awal dari semua komponen HVAC mencapai \$521,472.30.

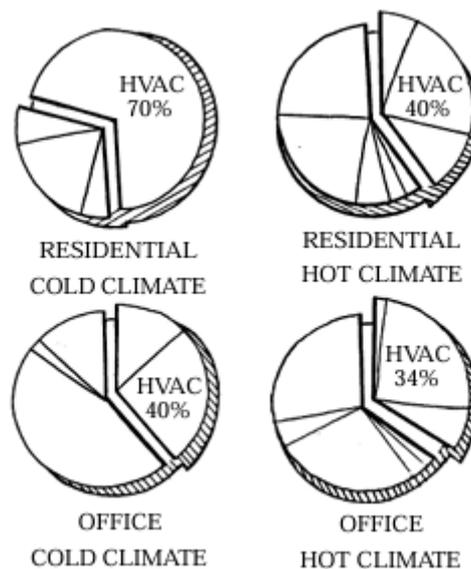
Table 3-2 Electricity Tariff

Tariff Name	General Service Demand
Monthly charge	\$33.10
Base demand charge	\$5.10/kW
Demand capacity charge	\$1.63/kW
Nonfuel energy charge	\$0.01392/kWh
Fuel energy charge	\$0.05564/kWh
Conservation energy charge	\$0.00133/kWh
Environmental energy charge	\$0.00038/kWh
Taxes	7.1%

Gambar 1-3 Tarif Penggunaan Listrik dari sistem HVAC.

Operational Cost dihitung berdasarkan tarif listrik seperti yang ditunjukkan pada tabel . Dengan asumsi penggunaan listrik rata-rata 5 kW/ft², tarif dasar per kW sebesar \$5.10/kW menghasilkan biaya kapasitas permintaan sebesar \$621,423 per bulan. Ditambah lagi, tarif energi nonbahan bakar \$0.01392/kWh dan tarif bahan bakar \$0.05564/kWh juga mempengaruhi total pengeluaran energi operasional bulanan. *Maintenance cost* dapat dikeluarkan tiap bulan tergantung intensitas waktu sistem digunakan.

1.3.3 Aspek Keberlanjutan



Gambar 1-4 Peran penggunaan energi pada bangunan komersial.

Pada Gambar 1.4 menunjukkan persentase relatif dari konsumsi energi total yang disebabkan oleh operasi sistem HVAC pada bangunan *residential* dan *office* saat iklim panas maupun dingin. Konsumsi energi HVAC pada *residential* iklim dingin memiliki nilai tertinggi, yakni 70%, yang menunjukkan tingginya kebutuhan energi untuk pemanasan. Sementara itu, konsumsi pada residensial di iklim panas dan bangunan *office* di kedua iklim berkisar antara 34%-40%, menandakan kebutuhan energi yang lebih moderat untuk pengkondisian udara.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem HVAC berkontribusi besar terhadap penggunaan energi bangunan [8].

Aspek keberlanjutan pada sistem HVAC berfokus pada peningkatan efisiensi energi dan pengurangan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh sistem tersebut. Pendekatan utama yang dapat dilakukan adalah menyesuaikan komponen HVAC dengan kebutuhan, agar penggunaan energi tidak terbuang banyak diluar target yang dicapai. Sistem kontrol otomatis memiliki peran mengoptimalkan pengoperasian HVAC sesuai kebutuhan aktual bangunan. Dengan adanya sistem kontrol tersebut, sistem HVAC dapat beroperasi lebih efisien dengan meminimalkan konsumsi energi berlebih dan mengurangi beban penggunaan energi listrik.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Perancangan sistem pengkondisian udara *Heating Ventilation Air Conditioning* memiliki kebutuhan yang harus dipenuhi. Pertama, Data bangunan akan menjadi tumpuan terkait semua simulasi. Data bangunan pertama yang diperlukan adalah lokasi bangunan, dengan mengetahui lokasi bangunan bisa didapatkan terkait data cuaca dan iklim di daerah bangunan tersebut akan dibangun. Data bangunan kedua ialah material bangunan seperti lapisan struktur dinding, material jendela, dan material atap. Ketiga data ini akan membantu dalam perhitungan beban pendinginan dan pemanasan luar bangunan. Data bangunan ketiga ialah jumlah penghuni, jumlah lampu dan jumlah daya peralatan yang digunakan setiap ruangan dalam bangunan. Dari data-data tersebut dapat dihitung beban pendinginan dan pemanasan dalam bangunan.

Tabel 1-2 Kebutuhan Yang Harus Dipenuhi.

No	Komponen dan Aplikasi	Fungsi
1	Data Bangunan	Memberikan data untuk perhitungan beban pendinginan dan pemanasan.
2	Software Perhitungan Beban Pendinginan dan Pemanasan	Aplikasi untuk simulasi perhitungan beban pendinginan dan pemanasan serta perancangan sistem mekanikal HVAC.
3	Software Simulasi Energi Bangunan.	Aplikasi untuk simulasi perhitungan penggunaan energi dari sistem HVAC.

4	Sistem Mekanikal	Sebagai denah perencanaan untuk pemasangan <i>ducting</i> , <i>diffuser</i> , AHU dan semua komponen sistem HVAC
---	------------------	--

Hasil perhitungan beban pendinginan dan pemanasan eksternal, maka dapat diketahui kapasitas sistem komponen sistem HVAC yang tepat seperti ukuran *ducting*, spesifikasi *blower*, hingga penggunaan energi yang efisien serta membantu dalam perhitungan biaya investasi awal. Kedua, ialah simulasi perancangan mekanikal serta simulasi penggunaan energi dari sistem HVAC itu sendiri. Di bagian ini akan dilakukan perancangan sistem mekanikal seperti penempatan *ducting*, *diffuser*, *Air Handling Unit*, hingga sumber pendinginan dan pemanasan seperti *chiller*. Setelah perancangan sistem mekanikal, akan dilanjut dengan simulasi pemakaian energi, untuk diketahui apakah sudah mencapai set point yang diinginkan dan penggunaan energi sesuai standard.

1.5 Solusi Sistem yang Diusulkan

1.5.1 Karakteristik Produk

Berdasarkan analisa masalah diatas, terdapat dua solusi yang dapat ditawarkan untuk perancangan sistem HVAC yaitu dengan perhitungan beban pendinginan dan pemanasan untuk mengetahui ukuran kapasitas dari unit sistem HVAC serta simulasi energi bangunan untuk mengetahui perkiraan konsumsi energi dari sistem HVAC dan menguji apakah dari desain kapasitas yang dikalkulasikan sistem dapat mencapai setpoint yang diinginkan.

1.5.1.1 Perhitungan *Heating/Cooling Loads*

Simulasi perhitungan *heating/cooling loads* ditujukan untuk menentukan jumlah energi yang dibutuhkan oleh sistem HVAC dalam menjaga *set point* sesuai yang diinginkan. Terdapat 2 *software* yang dapat digunakan dalam melakukan perhitungan ini, yaitu *Autodesk Revit* dan *Hourly Analysis Program (HAP)*.

1.5.1.1.1 Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah perangkat lunak berbasis BIM (Building Information Modeling) yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem bangunan. Autodesk Revit menggunakan pendekatan berbasis *Radiant Time Series (RTS)*. Metode ini merupakan versi yang lebih sederhana dari *Heat Balance Method (HBM)* dan dirancang untuk menghitung beban puncak pendinginan dan pemanasan pada bangunan. Metode ini bekerja dengan memperhitungkan aliran panas melalui dinding, jendela, dan elemen bangunan lainnya, termasuk konduksi, konveksi, dan radiasi.[

ASHRAE. ASHRAE handbook– fundamentals.: Principles of Heating Ventilatin, and Air Conditioning; Ninth Edition. 2021]

1.5.1.1.2 *Hour Analysis Program (HAP)*

Hour Analysis Program (HAP) merupakan software yang dirancang untuk mendukung melakukan analisis perhitungan beban pendingi/pemanas pada sistem HVAC dengan menghitung beban termal berdasarkan perpindahan panas dari sumber eksternal seperti radiasi matahari dan sumber internal seperti lampu. Proses ini mencakup pembagian bangunan menjadi zona-zona termal untuk menganalisis elemen seperti dinding, atap, dan jendela.

1.5.1.2 Simulasi Energi Bangunan

Pada perancangan desain suatu sistem HVAC, diperlukan simulasi energi untuk mengetahui apakah aliran udara dan temperatur yang dialirkan mencapai *set-point* yang telah ditentukan. Untuk melakukan simulasi tersebut dapat dilakukan dengan *software* yaitu EnergyPlus atau TRNSYS.

1.5.1.2.1 EnergyPlus

DOE-2 adalah salah satu program perangkat lunak paling terkenal untuk analisis penggunaan energi dan biaya konstruksi bangunan selama 25 tahun. EnergyPlus dirancang berdasarkan fitur-fitur dari DOE-2 dan BLAST. Keuntungan terbesar EnergyPlus dibandingkan DOE-2 adalah perhitungan *sub-hourly time step* dan *dynamic integration of loads*. EnergyPlus adalah mesin simulasi termal yang menggunakan teks sebagai input. Oleh karena itu "*Graphical User Interface*" (GUI) seperti Sketch Up atau Design Builder dapat digunakan bersama dengan EnergyPlus [10].

1.5.1.2.2 TRNSYS

TRNSYS adalah program simulasi sistem transien modular yang dirancang untuk memecahkan masalah sistem energi kompleks dengan menguraikan setiap masalah menjadi serangkaian komponen lebih kecil. Komponen TRNSYS dapat sesederhana pompa atau pipa atau serumit modul bangunan multi-zona [11].

1.6 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Sistem *Heating ventilation and air conditioning (HVAC)* berperan penting dalam memberikan kenyamanan ruangan, khususnya untuk kebutuhan fasilitas publik, seperti bangunan *medical office*. Dengan lokasi di kota Manchester yang memiliki kondisi suhu

cenderung dingin. Dalam mendesain sistem HVAC, diperlukan perhitungan simulasi untuk mengetahui beban termal dan perhitungan energi yang tepat. Autodesk Revit dan *Hourly Analysis Program* (HAP) memudahkan perhitungan beban pendinginan dan pemanasan. *EnergyPlus* dan TRNSYS dapat menjadi pilihan untuk analisis efisiensi energi pada konsumsi sistem HVAC. Dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan keberlanjutan, pendekatan ditujukan untuk membentuk sistem HVAC yang efisien.