

Desain dan Kalkulasi Sistem *Heating Ventilation Air Conditioning* (HVAC) Pada Bangunan *Medical Office*

1st Falih Aqilah

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

akilakil@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Tri Ayodha Ajiwiguna

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

triyodha@telkomuniversity.ac.id

3rd Mukhammad Ramdhan Kirom

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kenyamanan udara di dalam suatu bangunan adalah keadaan yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban dan menjadi salah satu parameter kenyamanan penghuni. Terdapat sebuah *study case* bahwa kota Manchester sedang membangun *medical office* dan membutuhkan desain sistem *Heating Ventilation Air Conditioning*. Adapun jenis sistem HVAC yang digunakan adalah sistem HVAC *variable air volume* (VAV) yang memungkinkan setiap ruangan memiliki setpoint yang berbeda. Adapun metode perancangan sistem ini adalah dengan simulasi energi bangunan yang kemudian diuji dengan standar ASHRAE 90.1 dan 55. Setelah dilakukan simulasi energi bangunan dan diuji menggunakan standar ASHRAE 90.1 dan 55, disimpulkan bahwa skema operasional 6 AM – 19 PM adalah skema yang paling tepat untuk diterapkan pada bangunan dikarenakan memenuhi syarat yaitu dengan jumlah *unmet hours* sebesar 19 Jam selama 1 Tahun dan mengkonsumsi energi sebesar 283,981 kWh. Dan terakhir saran untuk permodelan simulasi selanjutnya adalah membuat sistem kontrol dehumidifikasi khususnya pada bulan summer untuk mengatasi kelembaban relatif berlebih.

Kata kunci— HVAC, VAV, Kenyamanan Termal, *Unmet Hours*, ASHRAE.

I. PENDAHULUAN

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 dalam ruangan udara bisa menurun dan dapat menyebabkan masalah Kesehatan bagi penghuni. Parameter kualitas udara di sebuah bangunan dapat divisualisasikan serta diukur 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 bangunan agar penghuni merasa nyaman di kondisi musim panas ataupun dingin [1].

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 dan berbagai jenis ruangan yang diperuntukan untuk kegiatan rawat jalan seperti ruang konsultasi kesehatan, pemeriksaan fisik dan tindakan ringan. Salah satu bagian pekerjaan dari proyek ini adalah mendesain suatu sistem pengkondisian udara yang bertujuan untuk memberikan kenyamanan udara untuk penghuni bangunan. Dikarenakan bangunan *medical office* masuk dalam kategori bangunan komersial, maka akan dirancang sistem pengkondisian udara dengan jenis *Heating Ventilation Air Conditioning* (HVAC) *Variable Air Volume* (VAV) yang dinilai lebih efisien untuk bangunan komersial yang memiliki nilai beban pendinginan dan pemanasan yang besar dan setiap ruangan dapat memiliki setpoint temperatur yang berbeda.

II. METODE

Dalam mengimplementasikan solusi yang akan digunakan, terdapat 2 metode yang akan dilakukan yaitu perancangan model simulasi dan pengujian hasil simulasi berdasarkan standar yang berlaku. Untuk aplikasi yang digunakan untuk melakukan simulasi ini adalah Openstudio dengan Sketchup Plugin.

A. Perancangan Simulasi

Berikut ditampilkan terkait kerangka berpikir dalam perancangan simulasi energi bangunan:



GAMBAR 1 Kerangka Berpikir Simulasi Energi Bangunan.

Berdasarkan kerangka berpikir diatas, langkah pertama yang dapat dilakukan pertama adalah menginput file cuaca tempat bangunan di alokasikan dan membuat geometri bangunan. Untuk file cuaca yang akan digunakan dapat diunduh secara gratis melalui *website Climate.OneBuilding* yang merupakan database dari berbagai *weather station* yang ada didunia. Selanjutnya adalah pembuatan geometri berdasarkan *floorplan* yang telah diberikan.



GAMBAR 2 (a) Input data Cuaca (b) Hasil Akhir Geometri.

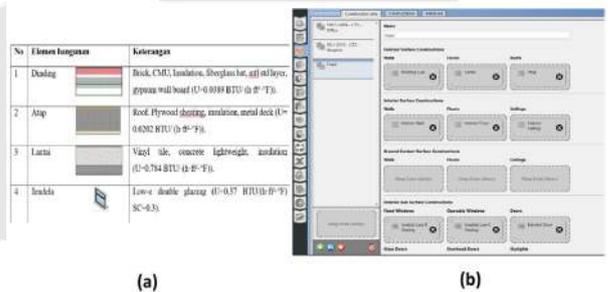
Berikutnya adalah menginput beban internal seperti beban penghuni, lampu, ventilasi, infiltrasi sesuai dengan *space type* masing-masing ruangan.

TABEL 1 Penjabaran Beban Tiap Space Type.

No	Space Type	Ruangan	Beban Lampu (W/m ²)	Beban Penghuni (people/m ²)	Beban Peralatan (W/m ²)
1	189.1 Office – Closed Office	Closed Office	10,6	0,051129	6,8
2	189.1 Office – Conference Room	Conference Room	12,6	0,538196	3,9
3	189.1 Office – Electrical/Mechanical Room	Electrical, Plumbing	14,5	0	2,9

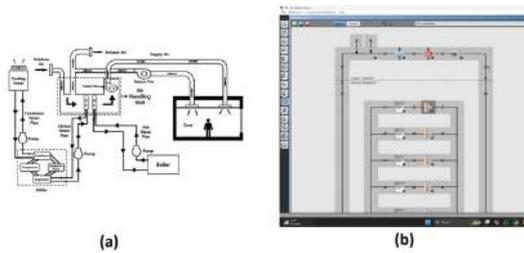
4	189.1 Office – IT Room	IT	10,6	0,05382	16,8
5	189.1 Office – Lobby	Lobby,	12,6	0,107639	0,75
6	189.1 Office – Open Office	Open Office	10,6	0,056511	7,6
7	189.1 Office - Storage	Storage	7,7	0	0
8	90.1 Hospital – Corridor	Corridor	9,5	0,010764	0
9	90.1 Hospital – Exam,	Exam,	24,3	0,215278	11,7
10	90.1 Hospital – Nurse Station	Staff Stations	9,3	0,067274	10,6
12	90.1 Hospital - PatRoom	Flex Private Space	6,6	0,05382	23,5
13	90.1 Hospital – Lab	Lab, Biohazard	19,5	0,05382	34,6
14	90.1 Hospital - Lobby	Lobby	9,6	0,076854	0,75
15	90.1 Hospital – Physical Therapy	Thearapy / Office, Group Therapy	9,8	0,05382	11,7

Setelah beban internal sudah didefinisikan dan diinput pada simulasi, dilanjutkan dengan mendefinisikan dan menginputkan beban eksternal pada simulasi berdasarkan material dinding, atap, dan jendela yang telah ditentukan sejak awal.



GAMBAR 3 (a) Nilai U material bangunan (b) Input pada simulasi.

Langkah terakhir adalah menginput jenis sistem dan kontrol untuk sistem HVAC yang akan digunakan, simulasi ini akan menggunakan jenis HVAC *Variable Air Volume with Reheat Rooftop Unit*. Berikut ditampilkan terkait siklus dari HVAC Variable Air Volume dan hasil input pada simulasinya.



GAMBAR 4

(a) siklus HVAC VAV (b) Input sistem pada Simulasi.

Setelah semua parameter telah diinput pada model, simulasi dapat dijalankan dan mendapatkan 2 output yaitu visualisasi rangkuman data dari Openstudio untuk *quick analysis* dan file csv (*Comma Separated Value*) untuk data temperatur dan kelembaban waktu (*Timestep* simulasi per 1 Jam) untuk melakukan analisis yang lebih mendalam terkait hasil simulasi per jamnya, dimana simulasi dijalankan dengan periode 1 tahun (8760). Dari data-data tersebut dapat dilanjutkan metode selanjutnya yaitu pengujian hasil simulasi berdasarkan standar dari ASHRAE.

B. Pengujian berdasarkan Standar ASHRAE.

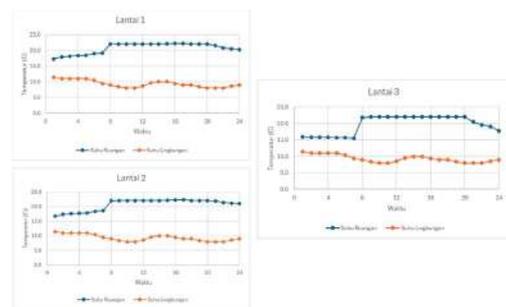
Setelah mendapatkan *output* dari simulasi yang telah dijalankan, dapat dilakukan pengujian berdasarkan 2 standar yaitu standar ASHRAE 55 terkait kenyamanan termal penghuni dan standar ASHRAE 90.1 terkait batas jumlah *unmet hours* dalam periode satu tahun disimulasikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya perancangan model simulasi, dilakukan pengujian berdasarkan dua standar untuk mengetahui apakah sistem yang simulasikan layak untuk diterapkan pada bangunan.

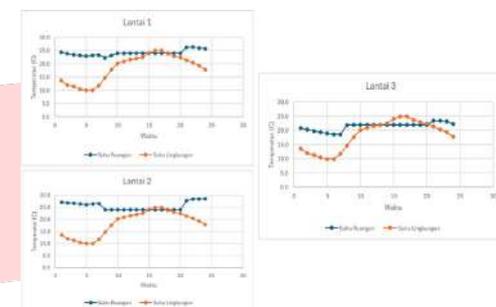
A. Pengujian Standar ASHRAE 55

Standar ASHRAE 55 menyatakan bahwa nilai rentang terkait temperatur yang nyaman untuk penghuni ruangan dapat dikalkulasikan menggunakan metode *predicted mean vote* (PMV) [2]. Metode ini mengkalkulasikan prediksi terkait kenyamanan termal penghuni berdasarkan dari insulasi pakaian dan aktivitas penghuni dalam ruangan (*metabolic rate*). Hasil dari metode ini akan memberikan nilai dari rentang -3 (Terlalu Dingin), 0 (Netral) dan +3 (Terlalu Panas). Karena bangunan ini merupakan bangunan *medical office* yang berarti aktivitas penghuni nya tidak terlalu berat maka diasumsikan nilai *metabolic rate* nya sebesar 1,2 met dan dikarenakan bangunan berlokasi di Manchester yang sepanjang tahun memiliki cuaca yang cukup dingin baik musim dingin atau panas diasumsikan nilai insulasi pakaian nya sebesar 0,9 clo. Dengan bantuan *website CBE Thermal Comfort Tool* untuk mempercepat pengkalkulasian, didapat untuk batas bawah dan batas atas dari rentang nilai temperatur yang nyaman untuk penghuni yaitu di 20,5 C (-3 Terlalu Dingin) dan 24,5 C (+3 Terlalu Panas). Setelah mendapatkan rentang tersebut, dapat dilakukan pengujian terkait *unmet hours* untuk melihat seberapa banyak temperatur dalam ruangan diluar rentang kenyamanan. Berikut disajikan beberapa sample data temperatur dalam ruangan setiap lantai dan setiap musim.



GAMBAR 5

Suhu lingkungan dan Ruang saat musim dingin.

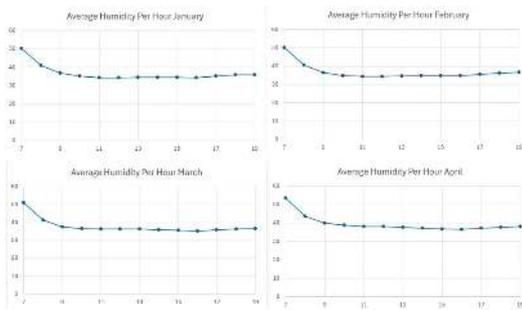


GAMBAR 6

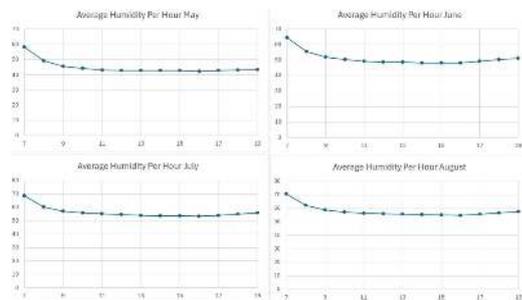
Suhu lingkungan dan Ruang saat musim panas.

Dapat terlihat dari grafik diatas, saat musim dingin, sistem akan mengalirkan udara panas untuk mengkondisikan ruangan sampai dengan setpoint yang diinginkan yaitu 22 C, sebaliknya saat musim panas sistem akan mengalirkan udara dingin untuk mengkondisikan ruangan hingga mencapai setpoint yaitu 24 C. Terdapat perbedaan karakteristik pergerakan temperature yang terlihat hanya pada lantai 3, saat musim dingin dan juga musim panas temperatur ruangan lantai 3 lebih dingin dibandingkan lantai 1 dan 2 dan sistem membaca setpoint yang diinginkan pada kedua musim adalah 22 C. Hal ini terjadi dikarenakan atap lantai 1 dan 2 bersifat adiabatik dikarenakan tidak berhadapan langsung dengan lingkungan sedangkan atap lantai 3 langsung berhadapan dengan lingkungan yang menyebabkan perbedaan temperature dan terjadinya perpindahan panas.

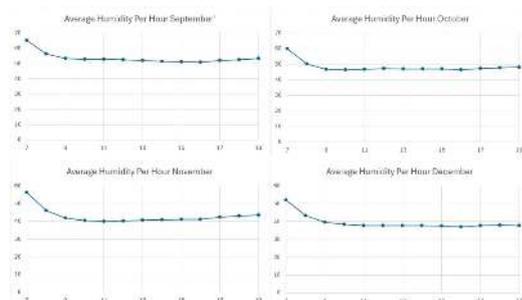
Selain temperatur, parameter kenyamanan termal ruangan juga dipengaruhi oleh kelembaban relatif, nilai rentang yang dianggap nyaman untuk suatu ruangan berdasarkan dari *Owner Pre Requirement* (OPR) adalah 30 – 50 %. Perlu diketahui pada simulasi ini tidak dirancang terkait fitur humidifikasi ataupun dehumidifikasi sehingga nilai kelembaban tidak dikontrol. Berikut disajikan terkait data terkait nilai kelembaban bangunan selama satu tahun:



GAMBAR 7
Nilai kelembaban Bulan Januari – April.



GAMBAR 8
Nilai kelembaban Bulan Mei – Agustus.



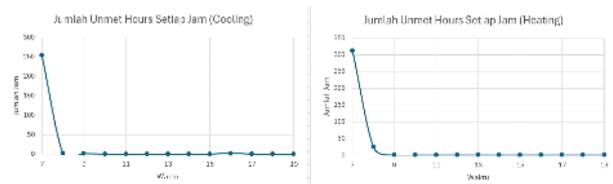
GAMBAR 9
Nilai kelembaban Bulan September – Desember.

Berdasarkan grafik diatas, pada saat musim panas yaitu dibulan Juni – September nilai kelembaban relatif berada diatas nilai rentang yang diinginkan yaitu diatas 50%. Hal ini wajar karena saat musim panas, kadar air pada bangunan lebih banyak menguap dibandingkan saat musim dingin. Maka dari itu disarankan untuk simulasi selanjutnya sebuah bangunan perlu fitur dehumidifikasi saat musim panas untuk mencegah kelembaban yang terlalu besar.

B. Pengujian Standar ASHRAE 90.1

Setelah melakukan pengujian terhadap standar ASHRAE 55, hasil simulasi dilanjutkan untuk pengujian dengan standar ASHRAE 90.1 dimana pada standar ini dinyatakan bahwa jumlah *unmet hours* tidak boleh lebih dari 300 Jam untuk periode simulasi 1 Tahun (8760 Jam) [3]. *Unmet Hours* adalah jumlah jam dimana suhu ruangan berada diluar suhu suhu operatif, untuk rentang nilai tersebut sudah didapat dari pengujian sebelumnya yaitu 20,5 C – 24,5 C. Dalam melakukan pengujian ini, dilakukan 3 skema pengujian, dimana skema 1 sistem beroperasi jam 7 AM – 19 PM untuk menguji apakah saat sistem dinyalakan dan dinonaktifkan sesuai dengan waktu operasional gedung, mampu untuk stabil dengan cepat

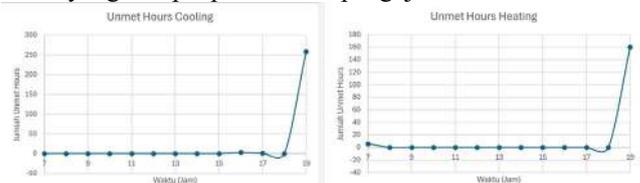
diwaktu awal operasional. Berikut disajikan terkait jumlah *unmet hours* yang didapat pada skema pengujian 7 AM - 19 PM:



GAMBAR 10
Jumlah Unmet Hours Skema 1.

Pada hasil skema pengujian 1, terlihat bahwa jumlah *unmet hours* saat *cooling* dan *heating* belum bisa stabil pada saat jam 7 AM, hal ini dikarenakan jam awal nyala sistem yang terlalu berdekatan dengan jam operasional gedung.

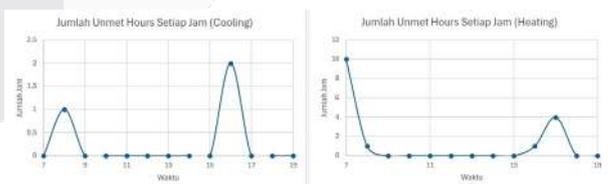
Untuk skema pengujian 2, akan dilakukan pengujian dimana sistem beroperasi 1 jam lebih awal dan dinonaktifkan juga 1 jam lebih awal untuk menguji apakah *thermal mass* bangunan mampu menjaga suhu ruangan untuk tetap berada di suhu operatif walaupun sistem sudah dinonaktifkan. Berikut disajikan terkait jumlah *unmet hours* yang didapat pada skema pengujian 06 AM – 18 PM:



GAMBAR 11
Jumlah Unmet Hours Skema 2.

Pada hasil skema pengujian 2, terlihat bahwa jumlah *unmet hours* saat *cooling* dan *heating* banyak terjadi pada jam 18 – 19 PM, hal ini menjelaskan bahwa kemampuan *thermal mass* bangunan belum mampu untuk menjaga suhu ruangan untuk tetap berada di suhu operatif.

Selanjutnya dilakukan skema pengujian 3, dimana sistem akan nyala pada jam 18 AM – 19 PM sebagai solusi dari dua skema sebelumnya. Berikut disajikan terkait jumlah *unmet hours* yang didapat pada skema pengujian 06 AM – 19 PM:



GAMBAR 12
Jumlah Unmet Hours Skema 3.

Pada hasil skema pengujian 3, terlihat bahwa masih terdapat *unmet hours* yang terjadi namun jumlah jauh dibawah dua skema yang sebelumnya.

Berikut disajikan terkait rekapitulasi dari 3 skema yang disimulasikan berdasarkan konsumsi energi dan juga jumlah *unmet hours* :

Tabel 2 Rekap Performa Sistem HVAC.

HVAC Performance Recap (Annualy)						
Operating Time	Energy Consumption			Unmet Hours		
	Cooling (kWh)	Heating (kWh)	Total	Cooling (Hours)	Heating (Hours)	Total
6 AM - 18 PM	29,750	235,111	264,861	263	166	429
7 AM - 19 PM	30,753	216,050	246,803	260	336	596
6 AM - 19 PM	30,656	253,325	283,981	3	16	19

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa skema sistem yang memenuhi standar ASHRAE 90.1 terkait jumlah *unmet hours* adalah skema 3 yaitu sistem HVAC beroperasi pada jam 6 AM – 19 PM dengan jumlah *unmet hours* sebesar 19 jam dan total konsumsi energi sebesar 283,981 kWh selama 1 tahun. Dan

berdasarkan pengujian ASHRAE 55 disarankan untuk bangunan memiliki fitur dehumidifikasi khususnya pada musim panas untuk mengontrol nilai kelembaban agar tetap berada pada rentang yang nyaman untuk penghuni.

REFERENSI

- [1] W. C. Whitman, W. M. Johnson, J. A. Tomczyk, and E. Silberstein, *Refrigeration and air conditioning technology*. 1987. [Online]. Available: <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BB17345201>
- [2] ANSI/ASHRAE, “ANSI/ASHRAE Standard 55.2022:Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings,” 2022.
- [3] ANSI/ASHRAE, “ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2022:Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings,” 2022.