

EVALUASI EFEKTIVITAS SISTEM PENGHAWAAN ALAMI DI DALAM RUANG STUDIO IV/2 C DENGAN APLIKASI AUTODESK CFD

(Studi Kasus: Studio IV/2 C Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII)

Ilham Bakti¹, Supriyanta², Fahmi Aziz Rosyidi³
¹Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia
¹Surel: 20512180@students.uui.ac.id

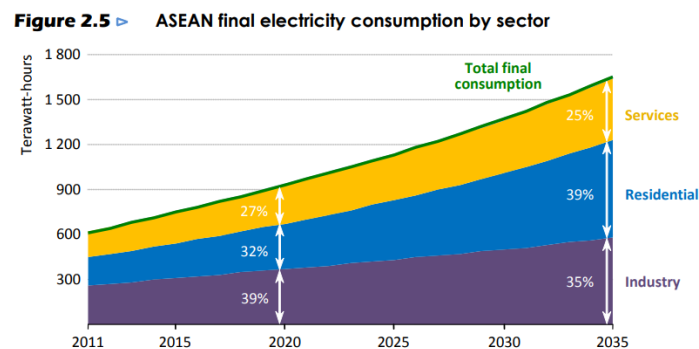
ABSTRAK: Bencana krisis energi listrik merupakan salah satu bencana yang terjadi di Indonesia karena penggunaan listrik yang berlebihan. Salah satu cara mengatasinya adalah dengan memanfaatkan penghawaan alami guna mengurangi penghawaan buatan di dalam ruangan. Penelitian ini akan mengevaluasi penghawaan alami yang ada di dalam ruang studio IV/2 C. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan pengukuran langsung menggunakan anemometer dan metode evaluasi menggunakan software Autodesk CFD untuk mensimulasikan kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan. Hasil pengukuran dengan anemometer mempunyai angka yang tidak jauh berbeda dengan simulasi CFD, dimana pengukuran langsung menghasilkan rata-rata sebesar 0,13 m/s sedangkan simulasi CFD sebesar 0,16 m/s. Hasil yang didapatkan masih belum sesuai standart sehingga akan dianalisa dan direkomendasikan solusi guna membuat ruangan menjadi nyaman bagi pengguna. Solusi yang diberikan adalah mengganti jenis jendela swing dengan jendela geser yang mampu memasukkan angin lebih banyak ke dalam ruangan sehingga penghawaan di dalam ruang dapat meningkat ke tingkat yang memberikan kenyamanan bagi pengguna.

Kata kunci: Anemometer, Autodesk CFD, Kecepatan Angin, Penghawaan Alami,

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Krisis energi kini tengah menjadi topik yang cukup ramai diperbincangkan. Hal ini karena hampir di seluruh dunia sedang mengalami bencana krisis energi, termasuk Indonesia. Konsumsi energi setiap tahunnya di Indonesia terus mengalami peningkatan tanpa diimbangi dengan produksi energi yang sesuai. Adanya ketidakseimbangan ini telah menyebabkan krisis energi nasional, termasuk krisis energi listrik. Konsumsi energi listrik setiap harinya untuk berbagai kebutuhan telah menjadi kebiasaan hidup manusia yang patut untuk diperhatikan. Berikut merupakan grafik perkiraan kenaikan konsumsi atau penggunaan listrik pada sektor jasa, perumahan dan industri di ASEAN pada tahun 2035 (Energy Agency, 2013).



Gambar 1 Grafik perkiraan kenaikan konsumsi listrik ASEAN

Sumber: www.worldenergyoutlook.org diakses pada Maret 2023

Banyak yang bisa dilakukan guna meminimalkan konsumsi energi listrik pada suatu bangunan, salah satunya adalah mengoptimalkan angin sebagai sumber penghawaan alami

untuk memberikan kenyamanan bagi pengguna di dalam ruangan. Studi bangunan yang akan dijadikan objek kajian adalah ruang studio IV/2 C fakultas teknik sipil dan perencanaan, karena sirkulasi di dalam nya kurang maksimal sehingga terasa panas bagi pengguna di dalamnya. Oleh karena itu akan diuji ke efektifan dari bukaan dan penghawaan alami yang ada di dalam ruangan, apakah angin yang masuk sudah mampu memberikan kenyamanan bagi pengguna di dalamnya atau masih kurang dan perlu diolah lagi.

Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan diatas, maka pertanyaan penelitian yang muncul adalah:

1. Bagaimana efektivitas sistem penghawaan alami di dalam ruang studio IV/2 C Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan ?

Tujuan dan Sasaran

Adapun tujuan dan sasaran penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi efektivitas sistem penghawaan alami di dalam ruang studio IV/2 C Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan ?

Batasan

Dikarenakannya perlunya batasan-batasan untuk masalah yang ditentukan sebagai tolak ukur untuk suatu pencapaian dari analisis ini. Maka, batasan yang akan digunakan dalam penelitian ini hanya mensimulasikan dan mengevaluasi salah satu ruang di fakultas teknik sipil dan perencanaan yaitu studio IV/2 C dari segi sistem penghawaan alami yang ada di dalamnya.

STUDI PUSTAKA

Evaluasi Bangunan

Berdasarkan *Building Services Research and Information Association* (BSRIA) yang terletak di Inggris, penilaian evaluasi bangunan adalah metode meningkatkan kinerja pada suatu bangunan pada awal berfungsinya bangunan. Penilaian ini dapat menjadi solusi untuk menjawab masalah pada bangunan seperti konsumsi energi, pelayanan kenyamanan dan keamanan penghuni bangunan (Rekayasa Bangunan Sipil, 2017).

Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal merupakan kondisi ketika seseorang nyaman dengan suhu di lingkungannya. pada konteks kognisi, hal ini digambarkan sebagai keadaan di mana seseorang tidak merasakan panas atau dingin di lingkungan tertentu (Felasuffah, 2016).

Baharuddin (Hamzah et al., 2017), Kenyamanan yang paling besar pengaruhnya terhadap kesejahteraan fisik manusia di dalam ruangan adalah kenyamanan termal, antara lain: suhu udara, kelembaban dan kecepatan udara. Kelembaban relatif adalah parameter penting lainnya dari kenyamanan termal. Kelembaban relatif yang tinggi meningkatkan ketidaknyamanan di ruangan yang terlalu panas. Menurut Saqqaf (Alkaff, 2014) , dalam kondisi panas dan lembap, aliran udara alami mendorong proses penguapan untuk mencapai tingkat kenyamanan tertentu.

ASHRAE menyatakan kelembapan relatif udara berkisar antara 40% dan 60% yang dikategorikan sehat dan nyaman pada lingkungan yang terkendali. menurut Ibrahim (Halipah, 2004), kenaikan kecepatan udara atau angin yang terjadi akan membuat berkurangnya efek kelembapan yang tinggi serta terjadinya peningkatan terkait penguapan pada tubuh manusia.

Sedangkan berdasarkan SNI 03-6572-2001 (Indonesia; 1993) kriteria kenyamanan suhu udara kering berpengaruh sangat besar terhadap jumlah panas yang dikeluarkan melalui evaporasi dan konveksi. Zona kenyamanan termal untuk daerah tropis terbagi menjadi:

- a. sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,5°C ~ 22,8°C.

- b. nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,8°C ~ 25,8°C.
- c. hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,8°C ~ 27,1°C.

Faktor Kenyamanan Termal

Menurut (ASHRAE, 1989) terdapat enam faktor yang bisa memengaruhi kenyamanan termal pada suatu ruang :

1. Temperatur Udara

Dalam jurnalnya (Susanti & Aulia, 2013) temperature udara merupakan suhu yang terdapat di sekeliling individu dan merupakan salah satu faktor dari kenyamanan termal. Penyebab perubahan dan perbedaan suhu udara adalah perbedaan banyaknya paparan radiasi matahari yang diterima.

2. Kecepatan Angin

Dalam ilmu klimatologi, kecepatan udara adalah kecepatan udara horizontal pada ketinggian dua meter di atas permukaan tanah. Menurut (Lippsmeier, 1997) standar kecepatan udara didalam ruangan adalah:

- a. 0,1 – 0,25 m/s, nyaman tanpa adanya rasa gesekan udara
- b. 0,25 – 0,5 m/s, nyaman gesekan udara mulai terasa
- c. 0,5 – 1,0 m/s, Gerakan udara terasa ringan
- d. 1,0 – 1,5 m/s, aliran udara ringan sampai tidak menyenangkan
- e. e. Diatas 2,5 m/s, aliran udara tidak menyenangkan dan diperlukan pengondisian udara
- f. Sedangkan menurut (MENKES: NO.262/MENKES/SK/II, 1998) kenyamanan angin dalam ruang berkisar antara 0,25 m/s – 1,15 m/s.

3. Kelembaban

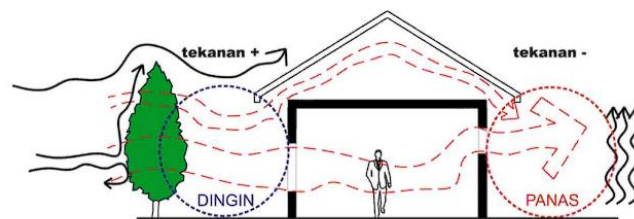
Kelembaban adalah intensitas uap air di udara. Semakin tinggi kandungan uap air, semakin basah. Kelembaban dalam ruangan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kenyamanan termal. Semakin lembab udara, semakin sulit keringat menguap sehingga mencegah pelepasan panas tubuh. Menurut (ASHRAE, 2017) kelembaban udara pada tingkat nyaman berada di kisaran 30%RH –60%RH serta perubahannya tidak lebih dari 2%RH per jam.

4. Insulasi Pakaian

Pakaian dapat mempengaruhi panas tubuh, sehingga pakaian juga menjadi salah satu faktor kenyamanan termal. Menurut (ASHRAE, 2017), pengaruh pakaian terhadap kenyamanan termal terletak pada tingkat nilai insulasinya. Standar nilai insulasi pada pakaian adalah <0.5 Clo (Susanti & Aulia, 2013)

Penghawaan Alami

Penghawaan alami, merupakan suatu proses pertukaran udara di dalam bangunan yang berasal dari bukaan. Sirkulasi udara yang baik dan cukup di dalam ruang bisa memberikan kenyamanan bagi pengguna. Aliran udara yang masuk dapat meningkatkan proses penguapan pada kulit sehingga memberikan kenyamanan (SUDIARTA, n.d.).



Gambar 2 Konsep penghawaan alami dalam bangunan
Sumber : <https://dspace.uui.ac.id> diakses pada Maret 2023

Aspek terpenting ketika merencanakan efektifitas penghawaan alami yaitu analisis arah angin. Umumnya arah angin dipengaruhi oleh iklim makro. Misalnya, di Indonesia, angin pada iklim makro berasal dari tenggara ke barat daya. Namun, pengaruh yang lebih besar pada aliran angin memiliki iklim mikro, yang dipengaruhi oleh cuaca dan bentuk di sekitar bangunan. Ada teori bahwa susunan massa bangunan diselang-seling agar aliran angin dapat lebih merata tanpa menutupi salah satu bangunan. Bentuk lain pengolahan lingkungan bangunan adalah konstruksi penahan angin, dengan massa bangunan bersudut yang menghalangi angin yang lebih kuat.

Kenyamanan Termal Berdasarkan Desain Bukaannya

Rancangan ventilasi berdampak signifikan terhadap upaya pengendalian angin pada suhu ruangan. Struktur bukaan juga dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sirkulasi udara.

Perletakan dan Orientasi Bukaannya

Penempatan dan orientasi bukaan inlet terletak di zona tekanan positif dan outlet pada zona tekanan negatif guna memaksimalkan perilaku udara di dalam ruang. Hal ini tidak hanya mempengaruhi kecepatan udara tetapi juga pola perilaku aliran udara dalam ruangan, sedangkan posisi *outlet* lebih memiliki sedikit efek pada kecepatan udara dan pola aliran udara (Latifah et al., 2013)



Gambar 3 Pola dan kecepatan angin pada ruang

Sumber : Melaragno, Michele, 1982, Wind in Architectural and Environment Design diakses pada Maret 2023

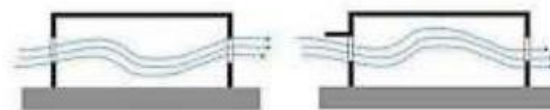
Lokasi Bukaannya

Fungsi bukaan adalah untuk mengalirkan udara di dalam ruangan dan mengurangi kelembapan di dalam ruangan. Prasyarat untuk bukaan yang baik adalah ventilasi harus melintang. Bukaan di kedua sisi ruangan memungkinkan udara mengalir masuk dan keluar.

Dimensi Bukaannya

Semakin besar rasio permukaan outlet ke permukaan *inlet*, semakin tinggi kecepatan angin, yang juga meningkatkan pendinginan dalam ruangan.

Rasio	Peningkatan (%)
1 : 1	0
1,1 : 1	17,5
2 : 1	26

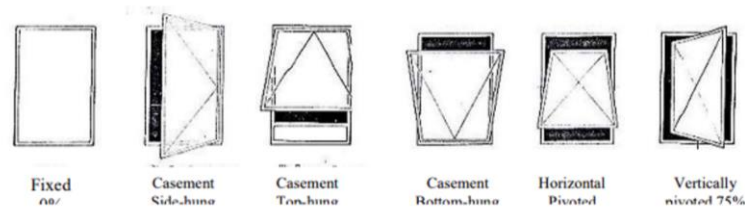


Gambar 4 Perbedaan antara bukaan udara menggunakan kanopi dan tidak menggunakan kanopi.

Sumber: Melaragno, Michele, 1982, Wind in Architectural and Environment Design diakses pada Maret 2023

Desain Bukaannya Dalam Sistem Ventilasi

Orientasi bukaan pada ventilasi berdampak signifikan terhadap upaya pemanfaatan angin untuk penyejuk udara ruangan. Bukaan inlet akan menentukan arah pergerakan dan pola udara di dalam ruangan, sehingga bentuk saluran yang berbeda memberikan pola aliran udara yang berbeda. Menggunakan kanopi pada inlet untuk mengarahkan aliran udara menuju ke atas dibandingkan dengan saluran masuk tanpa kanopi. Jenis ventilasi yang berbeda menawarkan sudut kontrol yang berbeda untuk menentukan arah pergerakan udara di dalam ruangan dan efisiensi yang berbeda dalam aliran udara masuk dan keluar ruangan (Fathony et al., 2015).



Gambar 5 Desain Bukaan

Sumber: Beckett, HE, 1974, Godfrey, JA. diakses pada Maret 2023

METODE PENELITIAN

Metode dan Teknik Mengukur

Metode yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif dengan melakukan observasi langsung pada lokasi penelitian. Observasi ditekankan pada pengukuran aspek kecepatan angin yang masuk ke bangunan. Analisa kecepatan angin yang masuk menggunakan teknik mengukur dengan alat anemometer guna mengetahui apakah angin yang masuk sudah cukup atau belum.

Metode Mengevaluasi

Metode evaluasi pada penelitian ini menggunakan aplikasi autodesk CFD (*Computational Fluid Dynamics*) untuk mengetahui berapa kecepatan angin yang masuk ke dalam ruang studio IV/2 C.

Variabel Penelitian

Tabel berikut ini merupakan variabel, parameter, dan indikator yang akan dijadikan acuan dalam perancangan.

Tabel 1. Variabel, Parameter, dan Indikator

Variabel Independent Komponen bukaan	Variabel dependen Tingkat kenyamanan termal sutau ruang	Parameter Kecepatan angin yang masuk ke dalam ruang
<p>Indikator Menurut Lippsmier (1997) standar kecepatan udara didalam ruangan adalah :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 0,1 – 0,25 m/s, nyaman tanpa adanya rasa gesekan udara b. 0,25 – 0,5 m/s, nyaman gesekan udara mulai terasa c. 0,5 – 1,0 m/s, Gerakan udara terasa ringan d. 1,0 – 1,5 m/s, aliran udara ringan sampai tidak menyenangkan e. Diatas 2,5 m/s, aliran udara tidak menyenangkan dan diperlukan pengondisian udara <p>Sedangkan menurut (MENKES: NO. 262/MENKES/SK/II, 1998) kenyamanan angin dalam ruang berkisar antara 0,25 m/s – 1,15 m/s.</p>		

Sumber: penulis

DATA DAN PEMBAHASAN

Lokasi Penelitian

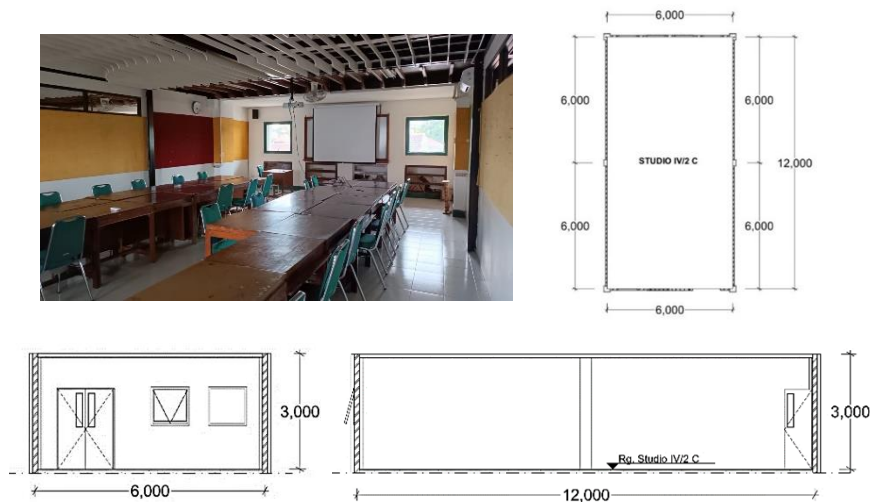
Lokasi dari bangunan yang dijadikan studi kasus berada di Jl. Kaliurang km 14.5, Sleman, Yogyakarta 55584. Lokasi ini termasuk ke dalam bagian dari kampus Universitas Islam Indonesia. Gedung studi kasus merupakan gedung fakultas teknik sipil dan perencanaan. Gedung ini memiliki 4 lantai dan lokasi penelitian berada pada lantai keempat yaitu ruang studio IV/2 C. Ruang ini memiliki sedikit bukaan sehingga menyebabkan sirkulasi udara di dalam ruang menjadi kurang maksimal.



Gambar 6 Lokasi Bangunan Studi kasus yang dilingkari dengan warna merah
Sumber: Google Earth. diakses pada Juni 2023

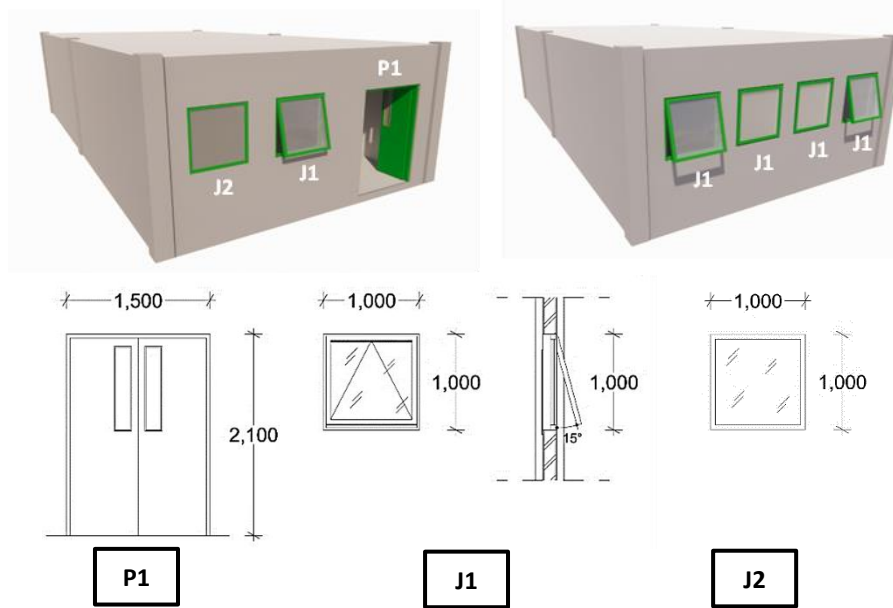
Ruang Evaluasi (Studio IV/2 C)

Ruang yang dijadikan objek penelitian adalah ruang studio IV/2 C yang terletak di lantai 4. Ruang ini berukuran 6 meter x 12 meter dengan ketinggian plafon 3 meter.



Gambar 7 Denah ruang studio IV/2 C (atas) Potongan (bawah)
Sumber: Penulis

Orientasi pintu masuk menuju ruang ini berada pada arah selatan. Pada fasad depan terdapat pintu utama type P1, satu jendela swing type J1, satu jendela mati type J2. Pada fasad belakang terdapat empat jendela type J1. Namun pada fasad belakang ini jendela J1 yang bisa dibuka hanya 2 karena dua jendela tertutup papan tulis.



Gambar 8 Detail pintu dan jendela pada ruang studio IV/2 C
 Sumber: Penulis

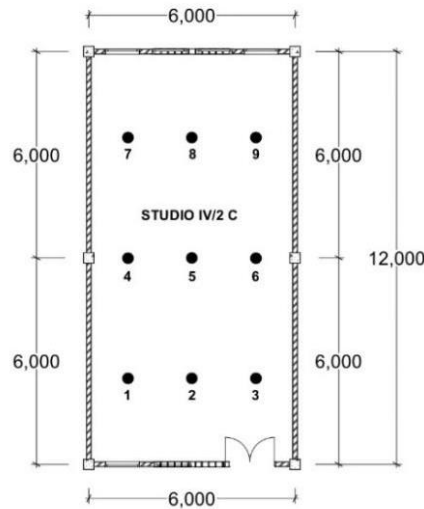
Data Pengukuran Objektif

Analisis yang dilakukan terhadap ruang studio ini adalah analisis terkait kecepatan angin (m/s) yang masuk ke bangunan. Analisis dilakukan pada saat siang hari yaitu jam 1 dimana biasanya kelas studio baru dimulai dan dilakukan di 9 titik pada ruang guna mendapatkan data yang rata. Dari hasil pengukuran menggunakan anemometer, maka didapatkan hasilnya adalah rata rata kecepatan udara 0,13 m/s, suhu 2,72 °C, dan kelembapan 72 %.

Tabel 2 Data pengukuran eksisting

Titik	Kecepatan Angin (M/S)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
1	0,01	27	72
2	0,06	27	72
3	0,35	26	72
4	0,1	28	72
5	0,18	28	72
6	0,15	27	72
7	0,10	27,5	72
8	0,14	27,5	72
9	0,10	27	72
Rata-Rata	0,13	27,2	72

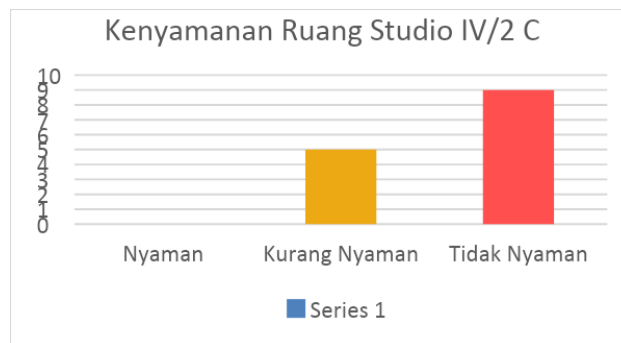
Sumber: Penulis



Gambar 9 Titik uji ruang studio IV/2 C
 Sumber: Penulis

Respon Subjektif

Tabel di atas menunjukkan persepsi pengguna terhadap ruang studio IV/2 C. Total responden berjumlah 25 orang. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui google form. Responden adalah mahasiswa yang sedang menggunakan ruang ini sebagai kelas studio. Dari 14 orang, 0 orang menyatakan Nyaman (terasa angin dari ventilasi/bukaan), 5 orang menyatakan Kurang Nyaman (terasa sedikit angin dari ventilasi/bukaan), 9 orang menyatakan Tidak nyaman/panas (tidak terasa angin dari ventilasi/bukaan).



Gambar 10 Respon subjektif pengguna
 Sumber: Penulis

Hasil Simulasi

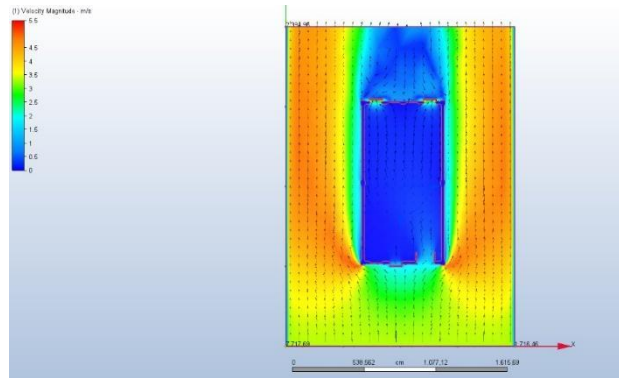
Berdasarkan hasil simulasi dengan memberikan besaran angin/*velocity* yang masuk melalui inlet sebesar 12 km/h sesuai dengan hasil observasi pada arah selatan, maka hasil yang diperoleh pada bangunan eksiting rata-rata adalah 0,16 m/s.

Tabel 3 Hasil Simulasi CFD

Titik	Kecepatan Angin (M/S)
1	0,03
2	0,11
3	0,41
4	0,1
5	0,18
6	0,17

Titik	Kecepatan Angin (M/S)
7	0,15
8	0,14
9	0,14
Rata-rata	0,16

Sumber: Penulis



Gambar 11 Hasil simulasi eksisting
Sumber: Penulis

Analisis Hasil

Berdasarkan hasil pengukuran langsung dengan anemometer di ruang studi kasus, diketahui rata rata kecepatan angin yang masuk ke dalam ruang studio IV/2 C adalah 0,13 m/s. Hal ini berarti kecepatan angin di dalam ruangan masih belum mampu memberikan kenyamanan bagi orang di dalamnya sesuai dengan MENKES: NO.262/MENKES/SK/II/1998 dimana standart kecepatan angin yang mampu memberikan kenyamanan berkisar antara 0,25 m/s – 1,15 m/s. Dari beberapa titik evaluasi hanya ada 1 titik yang sudah memenuhi tingkat kenyamanan di dalam ruang yaitu titik 3 sebesar 0,38 m/s karena berada di depan pintu masuk yang bukaannya lebar.

Sedangkan berdasarkan hasil simulasi dengan software autodesk CFD diketahui kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan sebesar 0,16 m/s meningkat 0,02 m/s dari pengukuran secara langsung. Hal ini menunjukkan kecepatan angin berdasarkan rata-rata belum memenuhi MENKES:NO.262/MENKES/SK/II/1998 yang berkisar antara 0,25 – 1,15 m/s. Sama dengan hasil pengukuran langsung, hanya 1 titik yang memenuhi standart kenyamanan ruang yaitu titik 3 sebesar 0,41 m/s.

Perbandingan Hasil Analisis

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan diketahui bahwa pengukuran kecepatan angin secara langsung dengan anemometer di ruang studio IV/ C dan hasil simulasi dengan Autodesk CFD mempunyai hasil data yang berbeda.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Pengukuran Anemomter dan Autodesk CFD

Titik Uji	Hasil Pengukuran		Standart (M/S) MENKES: NO.262/ MENKES/SK/II/1998	Keterangan
	Anemometer	Autodesk CFD		
1	0,01	0,03	0,25 – 1,15	Belum sesuai
2	0,06	0,11	0,25 – 1,15	Belum sesuai
3	0,35	0,41	0,25 – 1,15	Sudah sesuai
4	0,1	0,1	0,25 – 1,15	Belum sesuai
5	0,18	0,18	0,25 – 1,15	Belum sesuai
6	0,15	0,17	0,25 – 1,15	Belum sesuai

Titik Uji	Hasil Pengukuran		Standart (M/S) MENKES: NO.262/ MENKES/SK/II/1998	Keterangan
	Anemometer	Autodesk CFD		
7	0,10	0,15	0,25 - 1,15	Belum sesuai
8	0,14	0,14	0,25 - 1,15	Belum sesuai
9	0,10	0,14	0,25 - 1,15	Belum sesuai
Rata-Rata	0,13	0,16	0,25 - 1,15	Belum sesuai

Sumber: Penulis

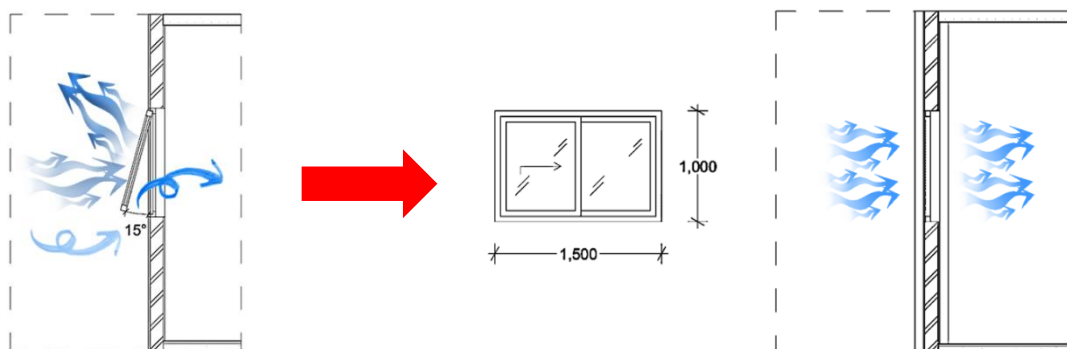
Dari tabel perbandingan diketahui jika kecepatan angin dari hasil simulasi dengan Autodesk CFD mempunyai angka yang sedikit lebih besar daripada pengukuran secara langsung dengan anemometer. Peningkatan angka terjadi di 6 titik pengujian yaitu titik 1, 2, 3, 6, 7, dan 9. Hasil rata-rata antara pengukuran langsung dengan simulasi juga mempunyai angka yang sedikit berbeda dimana pengukuran dengan anemometer rata-rata nya adalah 0,13 m/s sedangkan simulasi Autodesk CFD 0,16 m/s. Terjadi peningkatan sebesar 0,03 m/s daripada pengukuran langsung. Peningkatan angka di setiap titik maupun rata-rata keseluruhan sangatlah kecil sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan *software* CFD bisa menjadi alternatif untuk melakukan uji simulasi karena angka yang didapat tidak terlalu beda jauh dengan hasil pengukuran secara langsung.

KESIMPULAN

Proses simulasi dengan aplikasi CFD memberikan pemahaman dan gambaran baru tentang perilaku dan kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan. Dengan adanya *software* ini dapat menjadi alternatif untuk mengukur kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan karena angka yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan pengukuran langsung, dimana pengukuran langsung dengan anemometer pada ruang studio IV/2 C menghasilkan rata-rata kecepatan angin sebesar 0,13 m/s sedangkan dengan simulasi CFD sebesar 0,16 m/s. Perbedaan yang terjadi sangatlah kecil hanya sebesar 0,03 m/s. Namun kedua hasil ini masih belum sesuai standart MENKES:NO.262/MENKES/SK/II/1998 dimana standart kecepatan angin yang mampu memberikan kenyamanan berkisar antara 0,25m/s - 1,15 m/s. Hal ini disebabkan karena penggunaan *type* jendela yang tidak efektif dan membuat angin kurang bisa masuk secara maksimal. Sehingga dibutuhkan rekomendasi guna meningkatkan kecepatan angin di dalam ruangan ini

REKOMENDASI

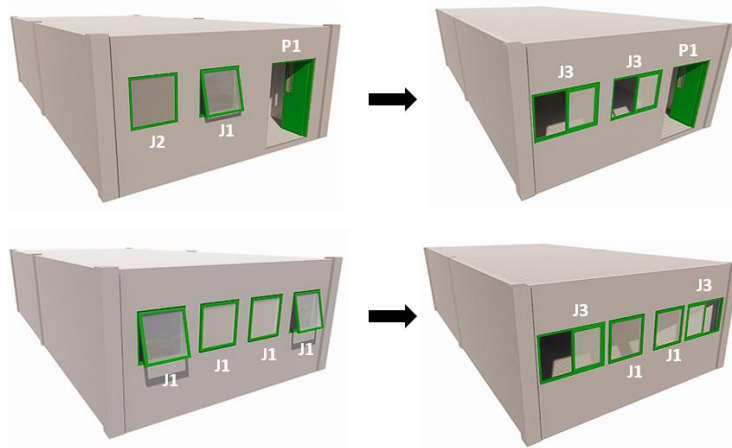
Dari analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa penyebab utama kurangnya angin yang masuk ke dalam ruang adalah jenis jendela yang digunakan. Jendela mati dan bertipe *swing* pada ruangan tidak mampu memasukkan angin secara maksimal. Oleh karena itu jendela *type* ini perlu diganti dengan jendela yang bisa dibuka lebih lebar. Rekomendasi *type* jendela yang digunakan adalah jendela *type sliding*/geser (J3) dengan ukuran 1,5 meter x 1 meter.



Gambar 12 Jendela eksisting (kiri) jendela geser (kanan)

Sumber: Penulis

Jendela geser ini akan diterapkan pada fasad depan dan belakang ruang, dimana pada fasad depan akan menggantikan seluruh jendela eksisting, sedangkan pada fasad belakang hanya akan menggantikan jendela paling kiri dan kanan karena 2 jendela yang berada di tengah sebelumnya ditutup oleh papan tulis sehingga tidak perlu di ganti.



Gambar 13 Fasad depan (Atas) fasad belakang (Bawah)
 Sumber: Penulis

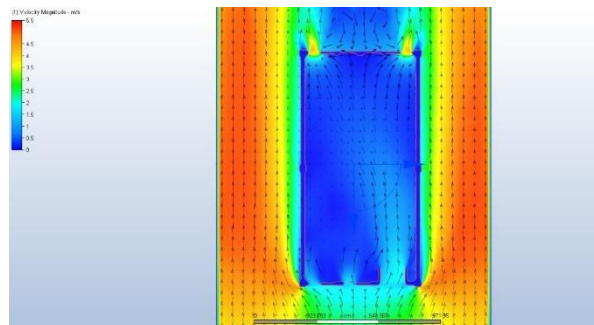
Simulasi Rekomendasi

Berdasarkan hasil simulasi dengan memberikan besaran angin/*velocity* yang sama yaitu 12 km/h diketahui bahwa setelah diterapkannya jendela *type sliding*/geser, maka kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan berubah dari yang rata rata sebelumnya 0,16 m/s menjadi 0,40 m/s.

Tabel 5 Data pengukuran penerapan jendela sliding dengan Autodesk CFD

Titik	Kecepatan Angin (M/S)
1	0,19
2	0,26
3	1,10
4	0,15
5	0,50
6	0,54
7	0,25
8	0,31
9	0,25
Rata-Rata	0,40

Sumber : Penulis



Gambar 14 Hasil simulasi Jendela sliding
 Sumber: Penulis

Dari 9 titik evaluasi, 7 titik sudah memenuhi standart kecepatan angin berdasarkan MENKES: NO.262/MENKES/SK/II/1998 yang berkisar antara 0,25 – 1,15 m/s. sehingga rata rata yang didapatkan mampu memenuhi standart kecepatan angin yaitu 0,40 m/s. Dapat disimpulkan dengan adanya perubahan type jendela eksisting menjadi jendela type sliding/geser, mampu untuk menambah kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan sehingga menciptakan kenyamanan bagi orang di dalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkaff, S. (2014). *Natural ventilation in High-Rise Residential buildings in Hot and Humid Climate: Malaysia as a Case Study*.
https://www.academia.edu/57828348/Natural_ventilation_in_High_Rise_Residential_buildings_in_Hot_and_Humid_Climate_Malaysia_as_a_Case_Study
- ASHRAE. (2017). *ANSI/ASHRAE. 2017 Ashrae Handbook -- Fundamentals (Si)*, 19.34.
https://books.google.com/books/about/2017_ASHRAE_Handbook.html?id=6VhRswEACAAJ
- Energy Agency, I. (2013). *Southeast Asia Energy Outlook - WEO Special Report*.
www.worldenergyoutlook.org
- Fathony, D. A. (Dwiantosa), Sufianto, H. (Heru), & Soebandono, B. Y. (Bambang). (2015). Optimalisasi Penghawaan Alami Pada Bangunan Pendidikan Berlantai Banyak (Studi Kasus : Gedung F FEB UB). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya*, 3(3), 111780. <https://www.neliti.com/publications/111780/>
- Felasuffah, F. (2016). *Desain Rumah Susun Prawirodirjan dengan Pendekatan Kenyamanan Termal Menggunakan Sistem Desain Pasif*.
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/32858>
- Halipah, I. S. (2004). *Thermal comfort in modern low-income housing in Malaysia: University of Leeds*. <https://www.researchgate.net/publication/35224296>
- Hamzah, B., Rahim, M. R., Ishak, M. taufik, & Sahabuddin, S. (2017). Kinerja Sistem Ventilasi Alami Ruang Kuliah. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 6(1), 51–58.
<https://doi.org/10.32315/JLBI.6.1.51>
- Indonesia;, D. P. U. (1993). *STANDAR SNI- T-14-1993-03 Tata cara perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan gedung*.
[//sitaka.polines.ac.id/pustaka/index.php?p=show_detail&id=7686](http://sitaka.polines.ac.id/pustaka/index.php?p=show_detail&id=7686)
- Latifah, L., Perdana, H., Prasetya, A., Siahaan, O. P. M., & Arsitektur, J. T. (2013). Kajian Kenyamanan Termal pada Bangunan Student Center Itenas Bandung. *Reka Karsa*, 1(1), 220858. <https://www.neliti.com/publications/220858/>
- Lippsmeier, Georg. (1997). *Bangunan tropis: Georg Lippsmeier. Ed 2 Jakarta: Erlangga, 1997.*
- MENKES:NO.262/MENKES/SK/II. (1998). *MENKES:NO.261/MENKES/SK/II/1998. (1998). Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja. Jakarta, Indonesia.*
- Rekayasa Bangunan Sipil. (2017, March 20). *Rekayasa Bangunan Sipil: Evaluasi Kinerja Bangunan*.
<http://indonecons.blogspot.com/2017/03/evaluasi-kinerja-bangunan.html>
- SUDIARTA, I. N. (n.d.). *PENGHAWAAN ALAMI*. Retrieved April 6, 2023, from https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/388f852d9cd6abb771d88d6ac1f5f638.pdf

Susanti, L., & Aulia, N. (2013). Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Sekolah SMA Negeri di Kota Padang. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 12(1), 310–316.
<https://doi.org/10.25077/JOSI.V12.N1.P310-316.2013>