

## Evaluasi Kinerja Penghawaan Alami pada Bangunan Epic Coffee & Epilog Furniture

Awang Muhammad Nizam<sup>1</sup>, Dyah Hendrawati<sup>2</sup>, dan Baiq Nita<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

<sup>1</sup>Surel: [19512087@students.uii.ac.id](mailto:19512087@students.uii.ac.id)

**ABSTRAK:** *Bangunan di Indonesia memiliki kendala dalam memperoleh kenyamanan termal dikarenakan faktor iklim tropis lembab. Ventilasi alami merupakan strategi untuk mencapai kenyamanan termal penghuni dan upaya penghematan energi tanpa menggunakan pendingin udara. Namun desain, konstruksi, dan pengoperasian bangunan berventilasi alami yang efektif memerlukan pemahaman yang baik tentang pola aliran udara kompleks. Maka dari itu penelitian ini bertujuan mengevaluasi bangunan yang menerapkan penghawaan pasif dengan ventilasi alami. Penelitian ini mengambil kasus pada bangunan cafe dan showroom furniture yaitu Epic coffee. Bangunan ini menerapkan strategi cross ventilation dengan memiliki banyak bukaan di sisi lebar bangunan agar memudahkan angin melewati selubung bangunan dan memberi kenyamanan pengguna. Untuk mengetahui kinerja ventilasi bangunan, penelitian ini melakukan simulasi dengan CFD (Computational Fluid Dynamics) yang menunjukkan pergerakan dan kecepatan angin pada bangunan. Untuk Mengetahui tingkat kenyamanan termal pengguna di siang hari dilakukan dengan metode (PMV) dan (PPD). Hasil Studi memperlihatkan bangunan belum mampu melakukan penghawaan pasif secara optimal. Penerapan cross ventilation tidak bekerja dimana angin yang masuk dalam bangunan sulit keluar sehingga pertukaran angin terhambat. Kenyamanan termal pengguna di sebagian besar area tidak terpenuhi karena tidak mendapatkan angin yang cukup. Hasil studi menunjukkan orientasi bangunan terhadap angin dan perletakan posisi bukaan memiliki pengaruh besar dalam performa ventilasi udara.*

Kata kunci: Penghawaan alami, Simulasi, Sirkulasi Udara

### PENDAHULUAN

Perancangan bangunan yang hemat energi sekarang ini sudah bukanlah sekedar fitur bangunan saja, melainkan menjadi sebuah sasaran desain di seluruh dunia untuk mengantisipasi krisis energi yang terjadi di abad ke-21 ini (Kawatu 2021). Hingga setengah dari energi yang dikonsumsi oleh bangunan disebabkan oleh penggunaan sistem pemanas, ventilasi, pengkondisian dan pendingin udara (HVAC) (Gunawan, 2012). Namun sirkulasi udara sangat penting memasok udara segar dan menghilangkan udara pengap, untuk memberikan kualitas udara dalam ruangan yang memuaskan bagi penghuni gedung. Bangunan di Indonesia memiliki kendala dalam memperoleh kenyamanan termal pada iklim mikro bangunan dikarenakan faktor iklim tropis lembab diantaranya memiliki suhu udara tinggi, kelembaban udara tinggi dan kecepatan udara rendah (Latifah, 2015). Iklim mikro ruang dapat diciptakan salah satunya dengan selubung bangunan yang mampu memaksimalkan udara mengalir ke dalam bangunan dengan baik tanpa membawa panas matahari iklim tropis (Arifah, 2017). Kenyamanan termal merupakan kondisi yang dirasakan manusia yang dipengaruhi oleh suhu, kecepatan angin, radiasi, kelembaban, dan aktivitas manusia. Selubung bangunan adalah elemen bangunan yang berperan penting dalam kualitas kenyamanan termal pada ruang, karena elemen ini akan bersentuhan dengan ruang luar (Herusu, 2015).

Untuk memenuhi kenyamanan termal, bangunan di masa sekarang marak menggunakan pendingin ruangan atau AC yang menyebabkan biaya operasional pendingin besar dan membutuhkan banyak energi, di sisi lain kenyamanan termal dalam bangunan dapat dicapai dengan mengurangi penggunaan pendinginan mekanik yaitu dengan menerapkan passive design, salah satu strategi dalam passive design di negara tropis lembab adalah dengan mengetahui arah dan kecepatan angin yang berbeda-beda di setiap daerah. Kecepatan angin merupakan perpindahan udara dari lokasi bertekanan tinggi ke lokasi bertekanan rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh adanya perbedaan suhu, parameter utama untuk mengevaluasi angin adalah angka kecepatan dan arahnya. Ventilasi alami semakin dipandang sebagai solusi berkelanjutan untuk menjaga kondisi lingkungan yang sehat dan nyaman pada bangunan. Dalam sistem ventilasi alami, aliran udara didorong melalui bukaan ventilasi oleh kekuatan pendorong alami angin (efek angin) dan suhu (efek daya apung). Meskipun, ventilasi alami memiliki potensi besar dalam mengurangi konsumsi energi bangunan (untuk tujuan ventilasi dan pendinginan), namun banyak hambatan yang harus dihadapi sebelum dapat diterapkan. Ventilasi alami sering dianggap terlalu berisiko, karena persepsi kurangnya kemampuan untuk memprediksi dan mengontrol efeknya (Geetha, 2012). Desain yang efektif dari ruang berventilasi alami memerlukan pemahaman yang baik tentang pola aliran udara kompleks yang disebabkan oleh daya apung dan efek angin. Arsitek harus mempertimbangkan banyak faktor ketika mengusulkan ventilasi alami dilain sisi banyak dari faktor-faktor ini tidak begitu penting dalam bangunan berventilasi mekanis (misalnya pembatasan mengenai kondisi luar ruangan, seperti lokasi, pola angin, kualitas udara, kebisingan, dll.). Maka dari itu penulis ingin meninjau performa bangunan Epic Coffee yang menerapkan strategi penghawaan passive dengan ventilasi angin di sebagian besar selubung bangunan. Penelitian ini akan meninjau kinerja ventilasi dalam menerapkan strategi penghawaan pasif, serta mengetahui tingkat kenyamanan termal pengguna di siang hari pada setiap area.

#### Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja bukaan sebagai alat penghawaan pasif pada bangunan Epic Coffee?
2. Bagaimana pola dan laju kecepatan angin dalam ruang dan pengaruhnya terhadap kenyamanan termal pengguna di dalam bangunan Epic Coffee?

#### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kinerja bukaan sebagai alat penghawaan pasif pada bangunan Epic Coffee.
2. Mengetahui pola dan laju kecepatan angin yang melalui selubung bangunan Epic Coffee dan pengaruhnya terhadap kenyamanan termal pengguna.

## STUDI PUSTAKA

### Aliran Udara (Angin)

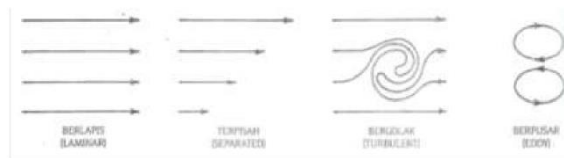
Aliran udara (angin) adalah udara yang bergerak (Szokolay, 1980), Angin bergerak dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan rendah. Perbedaan tekanan disebabkan oleh perbedaan suhu. Angin cenderung bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi disebabkan oleh perbedaan penyerapan radiasi matahari yang menyebabkan perbedaan suhu. Perbedaan suhu ini menyebabkan perbedaan tekanan dan akhirnya pergerakan udara. Parameter utama untuk menilai angin adalah kecepatan dan arahnya. Dua aspek dari angin adalah arah datangnya dan kecepatannya, yang mana gabungan kedua hal tersebut berupa kecepatan angin (Aronin, 1953).

Lippsmeier (1997:38) menyatakan patokan untuk kecepatan angin terhadap kenyamanan: 0,25 m/s: nyaman, tanpa dirasakan adanya pergerakan udara

0,25-0,5 m/s: nyaman, tanpa gerakan udara terasa  
1,0-1,5 m/s: aliran udara ringan sampai tidak menyenangkan  
> 1,5 m/s: tidak menyenangkan, diperlukan kondisi pada bangunan.

Sedangkan menurut standar SNI, kecepatan Angin yang baik menurut SNI 03-6572-2001 adalah 0,25 m/s. Kecepatan udara tersebut dapat dibuat lebih besar dari 0,25 m/s tergantung dari kondisi temperatur udara kering dalam ruang.

Pergerakan angin memiliki suatu pola. Boutet (1987) membagi pola aliran udara atas 3 kategori, yakni pola aliran udara laminar (berlapis) yang cenderung sejajar dan mudah diprediksi, pola aliran udara turbulen (bergolak) yang acak dan susah diprediksi, dan pola aliran udara separated (terpisah) yang kecepatan anginnya berkurang walaupun tetap bergerak sejajar. Selain ketiga pola aliran udara ini, Lechner (2001) menambah pola aliran udara berpusar. Terlihat seperti pada gambar 1.



**Gambar 1** Tipe-tipe pola aliran udara  
Sumber: Lechner, 2001

### Kenyamanan Termal

kenyamanan termal tiap individu berbeda menggambarkan fenomena yang mungkin dirasakan oleh subjek secara berbeda meskipun mereka terpapar pada lingkungan termal yang sama (Wang, 2018), hal ini dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal tiap individu. Indeks kenyamanan termal menurut PMV Profesor P.O Fanger sudah membuat skala dan rumus untuk menilai taraf kenyamanan ruang. beliau membentuk skala PMV (Predicted Mean Vote) serta PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). Skala PMV terdiri atas 7 titik: -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 yang mewakili syarat dingin, sejuk, relatif sejuk, netral, relatif hangat, hangat dan panas, dengan demikian menurut pmv dengan menginput data pada *CBE thermal comfort* menghasilkan data yang menunjukkan tidak memenuhi standar *ashrae* dengan sensasi sedikit hangat. Seluruh data yang diinput dalam *CBE thermal comfort* dalam menentukan kenyamanan dilihat dari berbagai aspek kondisi bangunan sehingga sudah mengikuti fungsi bangunan dimana data jenis aktivitas dan pakaian user diinput kedalam uji kenyamanan. Kenyamanan termal, menurut memiliki hubungan yang kompleks antara temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan aliran udara, ditambah lagi dengan jenis pakaian dan aktivitas serta tingkat metabolisme penghuni yang menghadirkan ungkapan perasaan kepuasan terhadap kondisi udara di dalam suatu lingkungan (Szokolay, 2007). Kondisi kenyamanan juga diartikan sebagai kenetralan termal, yang berarti bahwa seseorang merasa tidak terlalu dingin atau tidak terlalu panas (Wang, 2018).

### Ventilasi

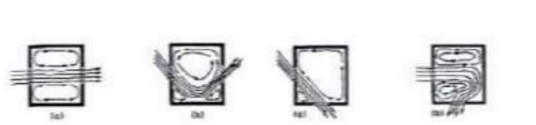
Ventilasi adalah proses suplai udara luar tidak terkondisi ke dalam ruang, sekaligus membuang udara keluar ruang dengan berbagai metoda (Boutet, 1998). Ventilasi alami, yang memungkinkan interior bangunan tersirkulasi secara alami oleh udara segar dari luar, lebih ekonomis daripada ventilasi mekanis. Namun ventilasi alami lebih sulit untuk diukur dan dikendalikan dikarenakan parameternya yang mungkin terlalu banyak (Zhang, 2020). Ventilasi yang baik memberikan pergantian udara dalam ruang secara terus menerus. Udara yang berganti secara teratur tersebut meningkatkan kenyamanan penghuni dan mencegah akumulasi udara kotor dalam ruang. Keuntungan lebih lanjut adalah

penghematan energi dan biaya operasional bangunan. Ventilasi bangunan dapat berupa ventilasi alami (tidak melibatkan mesin), ventilasi buatan (melibatkan mesin pengkondisian udara yang akan menurunkan suhu dan kelembaban udara), dan ventilasi semi-buatan (ventilasi alami yang dibantu oleh kipas angin untuk menggerakkan udara tetapi tidak melibatkan alat penurun suhu) (Hilmi, 2017). Dalam penelitian ini, ventilasi yang seharusnya diusahakan adalah ventilasi alami. Sistem ventilasi alami disebut dengan cross ventilation. Sistem ventilasi alami (cross ventilation) mengandalkan kekuatan pendorong alami, seperti perbedaan suhu/tekanan udara dalam bangunan. Luas minimal suatu bukaan udara pada suatu ruang menurut SNI 03-6572- 2001 adalah 5-10% dari luas ruangan.

### Pemanfaatan Bukaan

#### 1. Perletakan bukaan

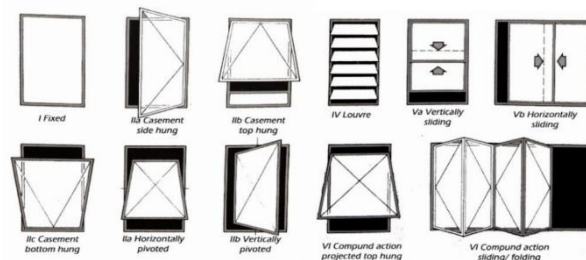
Perletakan dan orientasi bukaan *inlet* terletak pada zona bertekanan positif dan bukaan *outlet* terletak pada zona bertekanan negatif, dalam rangka untuk mengoptimalkan pergerakan udara dalam sebuah bangunan. Perletakan dan orientasi bukaan *inlet* tidak hanya mempengaruhi kecepatan udara, tetapi juga pola aliran udara dalam ruangan, sedangkan lokasi *outlet* hanya memiliki pengaruh kecil dalam pola dan kecepatan angin. (Latifah, N.L, 2013).



**Gambar 2** Tipe-tipe pola aliran udara  
Sumber: Lechner, 2001

#### 2. Tipe Bukaan

Semakin besar perbandingan luas *outlet* terhadap *inlet*, maka kecepatan angin di dalam ruangan lebih tinggi sehingga ruangan terasa lebih sejuk dengan konsekuensi kurang nyaman terhadap pengguna. Tipe bukaan yang berbeda akan memberikan sudut pengarah yang berbeda pula dalam menentukan arah gerak udara dalam ruang.



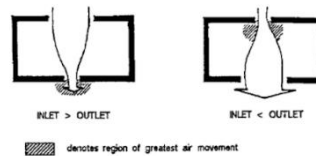
**Gambar 3** Tipe-tipe pola aliran udara  
Sumber: Lechner, 2001

Gerak udara atau angin merupakan potensi untuk mencapai kenyamanan termal, maka dari itu dibutuhkan tipe inlet sebagai berikut:

- tipe *inlet* harus dapat mengarahkan gerak udara dalam ruang semaksimal mungkin
- tipe *inlet* harus optimal dalam mendukung laju udara (*air flow*) dan pergantian udara dalam ruang
- tipe *inlet* harus fleksibel untuk dibuka tutup sesuai kebutuhan.

#### 3. Rasio bukaan

Desain jendela harus mampu mendorong terjadinya pergerakan yang lebih cepat atau memperbesar kecepatan udara. Hal ini dapat ditempuh dengan memilih dimensi jendela yang berbeda antara *inlet* dan *outlet* (Gambar) atau dengan memilih tipe jendela yang berbeda kemampuan mengalirkan udara. Semakin besar perbandingan luas *outlet* terhadap luas *inlet*, maka akan menciptakan kecepatan angin yang lebih tinggi, yang juga menghasilkan penyejukan lebih besar.



**Gambar 4** Tipe-tipe pola aliran udara

Sumber: Unified facilities criteria 3-440-06N, 2004.

### Strategi Penghawaan Alami

Strategi Penghawaan alami berkaitan erat dengan perletakan bukaannya. Adapun strategi secara umum pada penghawaan alami, yaitu:

1. Ventilasi silang (*Cross ventilation*) Sistem ini meletakkan bukaan pada arah yang berhadapan, sehingga terjadi pertukaran udara dari dalam keluar bangunan. Efektivitas tercapai dari ukuran bukaan (*inlet-outlet*), hasilnya adalah adanya peningkatan kecepatan udara dan turunnya suhu ruangan (Kwok 2018).
2. Ventilasi pasif (*Stack ventilation*) Sistem ini menggunakan strategi pendinginan pasif yang mengambil keuntungan stratifikasi suhu dengan udara panas akan naik keatas.
3. *Evaporative cool tower* Sistem ini menggunakan asas langsung *evaporative* pendinginan *dandowndraft* untuk pasif mendinginkan udara luar panas kering dan bersirkulasi melalui sebuah bangunan (Kwok 2018). Sirkulasi alami fluida ini disebabkan adanya perbedaan densitas, sehingga densitas fluida yang ringan akan didesak oleh densitas fluida yang berat untuk keluar melalui ventilasi di dalam ruangan (Elfiano 2022).

### METODE PENELITIAN

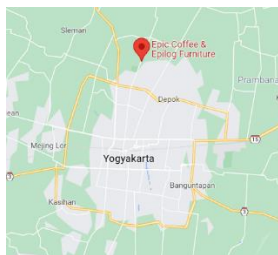
Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan kuantitatif dan kualitatif yaitu secara deskriptif-eksperimental dengan tiga metode utama yaitu, observasi, studi literatur, dan uji simulasi. Observasi yang dilakukan pada objek studi kasus yaitu Epic coffee untuk mengetahui gubahan dan spesifikasi bangunan khususnya ventilasi yang berpengaruh pada gerakan dan kecepatan angin. Studi literatur dilakukan untuk mendalami kasus berdasarkan teori-teori yang menjadi acuan. Kemudian bangunan tersebut dibuat 3d model pada perangkat lunak untuk dilakukan simulasi menggunakan aplikasi Autodesk CFD, sehingga dapat membaca arah gerakan angin dan kecepatan angin secara akurat yang mempengaruhi kenyamanan termal pengguna. Performa ventilasi bangunan dinilai melalui aliran dan kecepatan angin serta intensitas pertukaran udara, data tersebut dapat menunjukkan area bangunan yang dilewati angin yang cukup sesuai kondisi iklim mikro pada level ketinggian manusia. Jika hasil penelitian menunjukkan performa yang buruk pada sistem ventilasi dimana persentase area nyaman yang rendah dan pertukaran udara yang buruk pada inlet dan outlet ventilasi, maka penulis membuat rekomendasi rancangan yang akan disimulasikan Kembali.

	Variabel	Parameter	Data matang	Data Mentah	Cara Mendapatkan Data
Independen	Kondisi lingkungan luar	Kecepatan dan arah angin	m/s	Global Wind Atlas	Data sekunder
		Operative temperature	C	<a href="http://slemankab.go.id">slemankab.go.id</a>	Data sekunder
		kelembaban	%	<a href="http://slemankab.go.id">slemankab.go.id</a>	Data sekunder
	Ventilasi	luas bukaan	m <sup>2</sup>	data bangunan	Observasi
		bentuk bukaan	-	data bangunan	Observasi
		Perletakan bukaan	-	data bangunan	Observasi
Dependen	kinerja ventilasi alami	pola masuk dan keluarnya angin	pemetaan arow cfd	Hasil Simulasi	simulasi CFD
		Kecepatan angin dalam bangunan	m/s	Hasil Simulasi	simulasi CFD
	kenyamanan pengguna	operative temperature	C	pengukuran room temp	Observasi
		Kecepatan angin dalam bangunan (pada level pengguna)	m/s	Hasil Simulasi	Simulasi CFD
		faktor lainnya seperti aktivitas	metabolic rate	CBE thermalcomfort tool	Data sekunder
Kontrol	Ventilasi rekomendasi	luas bukaan	m <sup>2</sup>	hasil pengukuran	pertimbangan penulis berdasarkan kajian pustaka
		bentuk bukaan	-	Beckett, 1974	pertimbangan penulis berdasarkan kajian pustaka
		Perletakan bukaan	-	Arifin 2008	pertimbangan penulis berdasarkan kajian pustaka

**Tabel 1** Variabel penelitian  
Sumber: penulis, 2022

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Bangunan

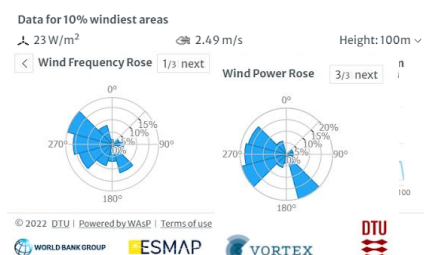


**Gambar 5** Lokasi bangunan

Sumber: google maps, 2022

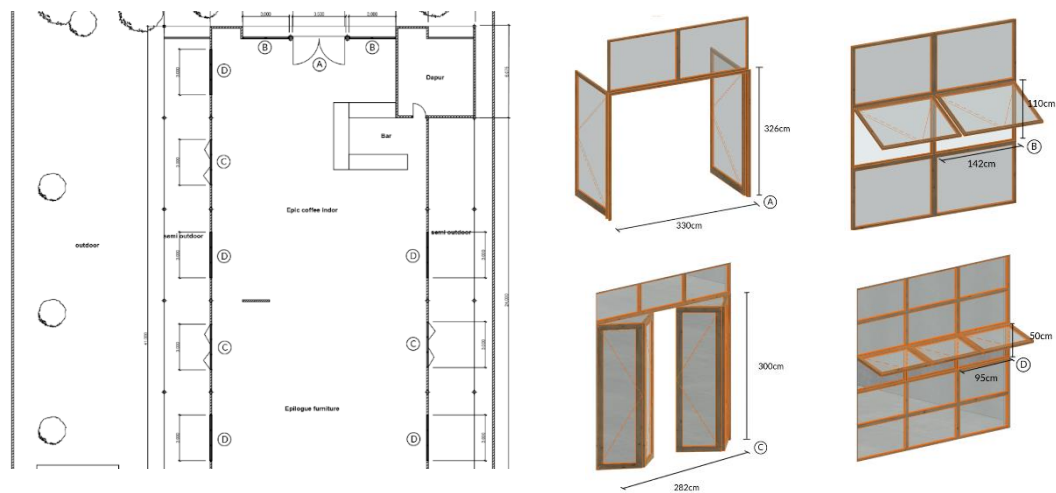


**Gambar 6** Citra bangunan  
Sumber: google earth, 2022



**Gambar 7** Data angin  
Sumber: <https://www.wasp.dk/>

Bangunan menghadap ke arah timur sedikit miring ke tenggara dengan dimensi ruangan bangunan adalah 425m<sup>2</sup>. Bukaan pada bangunan dapat dibuka tutup secara fleksibel, namun seluruh bukaan termasuk pintu selalu dibuka saat jam oprasional. Tipe bukaan *Inlet* dan *outlet* pada bangunan memiliki jenis yang sama yaitu tipe bukaan jendela yang digunakan adalah tipe casement top hung atau jendela gantung dan terdapat outlet pada sisi belakang berupa 2 lubang lingkaran dengan diameter 70cm, pintu yang besar pada sisi bangunan juga memiliki peran penting dalam mensirkulasikan angin. Data bukaan bangunan sebagai berikut:



**Gambar 8** Data bukaan bangunan  
Sumber: modeling penulis, 2022

Luas minimal suatu bukaan udara pada suatu ruang menurut SNI 03-6572- 2001 adalah 5-10% dari luas ruangan. Sedangkan presentase luas bukaan udara pada ruang adalah sebesar 12% dengan luas total bukaan 54m<sup>2</sup> dan total luas ruang 425m<sup>2</sup>.

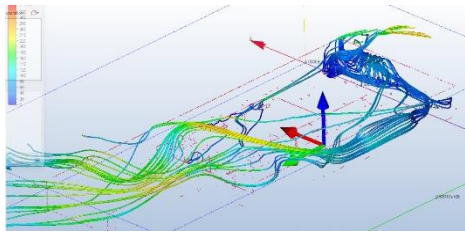
## Hasil Simulasi Gerakan dan Kecepatan Angin

### Kinerja ventilasi pada bangunan

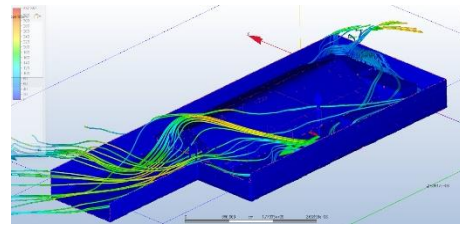
Strategi penghawaan alami pada bangunan ini menggunakan ventilasi silang atau *cross ventilation*, dimana perletakan bukaan bangunan yang banyak saling berhadapan pada sisi lebar bangunan. Sistem ini meletakkan bukaan pada arah yang berhadapan yang umumnya pada sisi lebar bangunan, sehingga terjadi pertukaran udara dari dalam keluar bangunan. Efektivitas tercapai dari ukuran bukaan (*inlet-outlet*), hasilnya adalah adanya peningkatan kecepatan udara dan turunnya suhu ruangan. Ventilasi silang yang baik membutuhkan sebuah bentuk bangunan yang memaksimalkan eksposur ke arah angin yang berlaku, menyediakan untuk *inlet* yang memadai, penghalang internal yang minimal (antara *inlet* dan *outlet*), dan menyediakan untuk area *outlet* yang memadai.

#### 1. Angin dari Tenggara

Simulasi menggunakan cfd dilakukan dengan memasukan kecepatan angin sebesar 2,5m/s di sisi depan dan kiri bangunan untuk mendapatkan angin dominan dari sisi tenggara. Angin masuk melalui area lapang yaitu parkir yang dibatasi dinding bangunan sekitar yang membawa angin ke *facade* bangunan dan area *outdoor* samping. Angin yang masuk ke bangunan melalui bukaan tidak dapat melewati seluruh selubung bangunan melainkan keluar pada bukaan samping bagian depan dikarenakan efek Gerakan angin turbulen, setelah itu angin akan melewati area semi *outdoor* dan *outdoor*.



**Gambar 9** Pergerakan angin dari tenggara  
Sumber: hasil simulasi, 2022

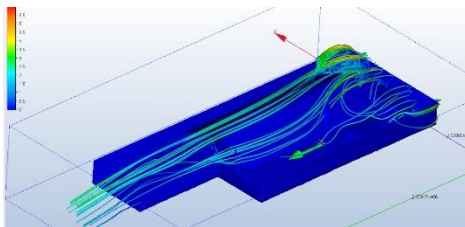


**Gambar 10** Pergerakan angin dari tenggara  
Sumber: hasil simulasi 2022

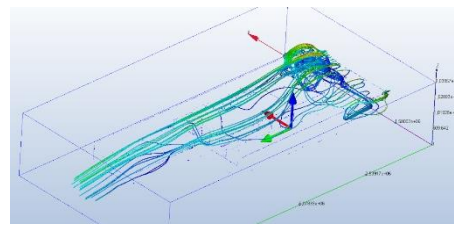
Angin bergerak dari suhu rendah ke suhu tinggi. Grafik arah simulasi menunjukkan gerakan angin yang cenderung keatas yaitu ke atap bangunan yang ber-suhu tinggi, namun pada bangunan ini angin terlihat sulit keluar saat berada diatas dan berbelok keluar pada bukaan samping. Udara yang masuk kedalam bangunan harus keluar secepatnya dan diganti dengan udara baru yang lebih sejuk, hal ini menunjukkan udara panas yang masuk kedalam bangunan ini sulit keluar sehingga dapat menjadi ancaman dalam memenuhi kenyamanan termal.

## 2. Angin dari Barat

Arah angin dominan lainnya berada di sisi barat yaitu pada belakang bangunan. Simulasi menggunakan cfd dilakukan dengan memasukan kecepatan angin sebesar 2,5m/s di arah barat yaitu belakang bangunan.



**Gambar 11** Pergerakan angin dari barat  
Sumber: Hasil simulasi, 2022



**Gambar 12** Pergerakan angin dari barat  
Sumber: Hasil simulasi, 2022

Tidak terjadi *cross ventilation* bahkan sulit memasukan angin kedalam bangunan. Angin yang masuk kedalam bangunan jauh lebih sedikit dan lebih lambat dari arah angin tenggara. Bagian belakang bangunan tidak memiliki inlet pada level ketinggian manusia sehingga angin cenderung menghindari bangunan ke area *outdoor* dan sebagian angin mengalir dengan gerakan yang *laminar* atau sejajar mengikuti selasar bangunan yaitu area *semi outdoor* hingga pada bagian depan bangunan yang terdapat dinding solid di depan selasar yang membelokkan angin masuk melalui ventilasi samping bagian depan dan keluar melalui pintu *entrance* bangunan.

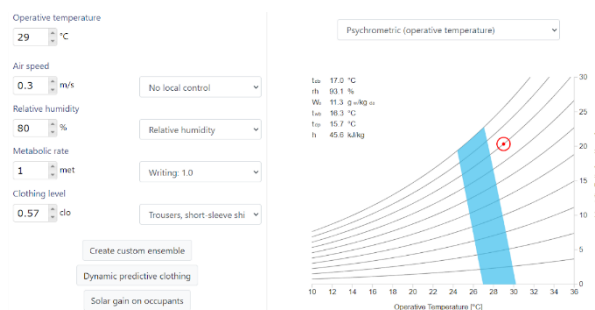
Bangunan epic coffee menggunakan strategi *cross ventilation* namun dalam penerapannya *cross ventilation* tidak bekerja secara maksimal sebagaimana yang ditunjukkan kedua hasil simulasi tersebut, hal ini dikarenakan orientasi bangunan yang tidak sejalan dengan arah datangnya angin. Angin tidak melewati sisi lebar bangunan yang terdapat bukaan melainkan melewati sisi panjang bangunan, hasilnya angin sulit keluar saat memasuki bangunan dari depan, begitu pula dari belakang bangunan angin tidak dapat masuk kedalam bangunan karena hanya terdapat dinding masif dan bukaan samping kurang bekerja dalam memasukan angin. *Cross ventilation* pada bangunan ini dapat bekerja dengan maksimal jika arah angin bergerak dari arah utara maupun selatan dimana angin melewati lebar bangunan, namun angin dari arah utara selatan sangat jarang terjadi pada lokasi ini, selain itu massa bangunan sekitar menutupi angin dari arah tersebut.



Untuk mengetahui kecepatan angin yang dibutuhkan untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna maka dilakukan simulasi kenyamanan termal menggunakan *CBE thermal comfort tool* dengan memasukkan data kondisi iklim mikro:

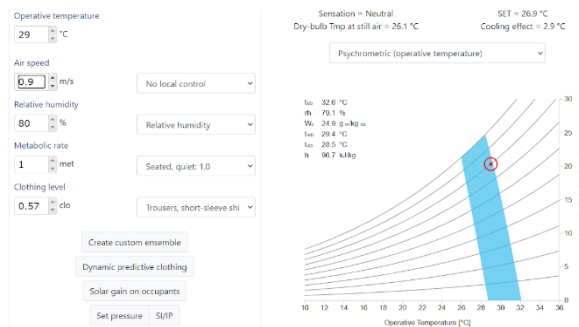
- Suhu rata-rata ruang di siang hari 29C
- Kelembaban rata rata kabupaten sleman bulan juni 80%

Kondisi ruang dengan kecepatan angin pada standar minimum SNI (0,25m/s)



**Gambar 13** grafik psikometri kenyamanan termal  
Sumber: data processing and analysis with [comfort.cbe.berkeley.edu](http://comfort.cbe.berkeley.edu)

Hasil menunjukkan sensasi *slightly warm* yang diluar standar kenyamanan termal sehingga kecepatan angin pada 0,25 m/s tidak dapat menjadi acuan kenyamanan termal pada bangunan.



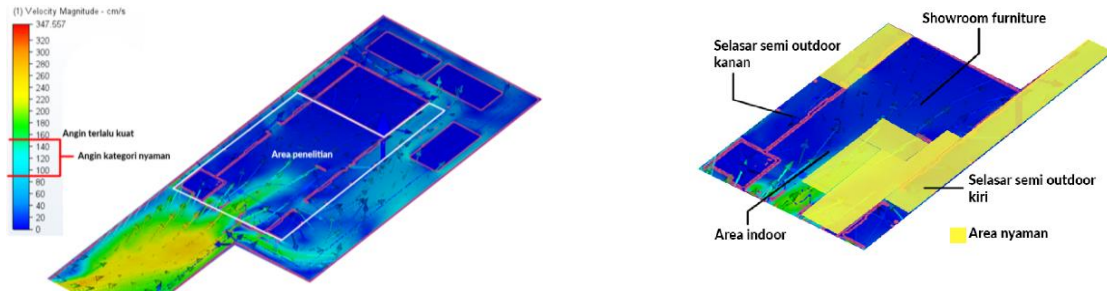
**Gambar 14** grafik psikometri kenyamanan termal  
Sumber: data processing and analysis with [comfort.cbe.berkeley.edu](http://comfort.cbe.berkeley.edu)

Setelah menaikkan variabel kecepatan angin hingga 0,9 m/s, didapatkan kecepatan angin minimum yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan termal dalam ruang adalah 0,9m/s

## Pemetaan kecepatan angin dan kenyamanan termal pengguna

### 1. Angin dari Tenggara

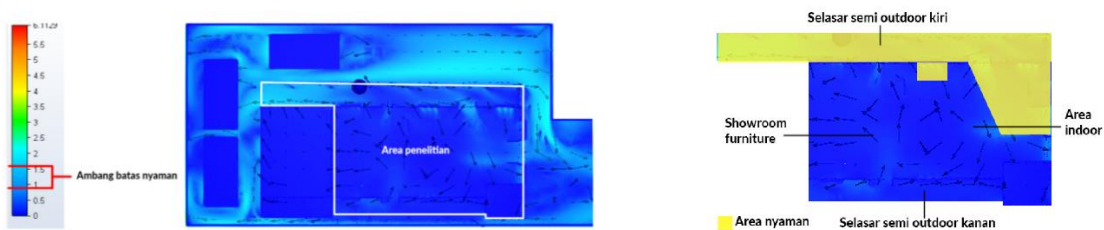
Untuk mendapatkan kecepatan angin pada level pengguna, sampel gerakan angin diambil pada ketinggian pengguna disaat duduk yaitu sekitar 1,2 meter diatas lantai bangunan.



**Gambar 15** Pemetaan arah dan kecepatan angin  
Sumber: hasil simulasi dan pengolahan data, 2022

Kecepatan angin minimum yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan termal dalam ruang adalah 0,9m/s, maka area yang mendapatkan kenyamanan termal hanya pada area indoor cafe bagian tengah dan kiri, dan Sebagian besar *semi outdoor* bagian kiri. Sementara area *showroom* furniture hamper tidak mendapatkan angin. Pada angin arah tenggara bangunan ini mampu memberi kenyamanan pengguna pada 48,5% area dari seluruh area yang bisa diakses kecuali area *outdoor*.

## 2. Angin dari Barat

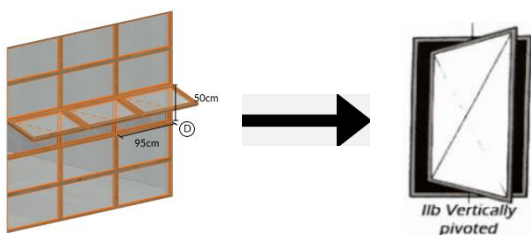


**Gambar 15** Pemetaan arah dan kecepatan angin  
Sumber: hasil simulasi dan pengolahan data, 2022

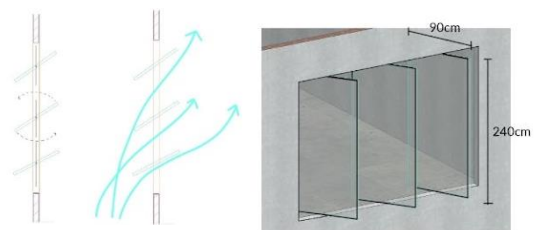
Pemetaan serupa dilakukan dengan kondisi arah angin dari barat, Area Selasar bagian kiri selalu mendapatkan kecepatan angin yang cukup, sementara hampir seluruh area tidak memiliki kecepatan angin rata-rata diatas 0,9m/s. Pada angin arah barat terdapat 29% area yang memiliki kecepatan angin yang cukup.

## Rekomendasi

1. Mengganti jendela casement top hung bagian (D) di sisi samping bangunan menjadi Jendela *pivot* vertikal.



**Gambar 16** Perubahan ventilasi  
Sumber: penulis, 2022

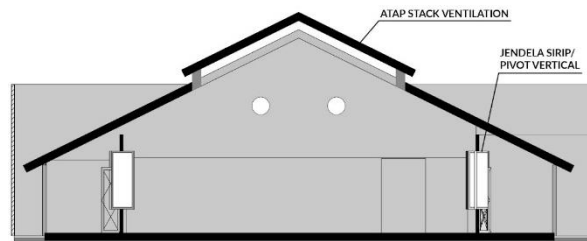


**Gambar 17** strategi dan dimensi ventilasi  
Sumber: penulis, 2022

Jendela eksisting berperan sebagai *outlet* yang baik jika merespon angin disisi tenggara namun tidak optimal saat berperan menjadi inlet pada angin dari sisi barat. Bangunan ini

membutuhkan jendela yang merubah arah angin dari luar dan memasukannya kedalam. Berdasarkan hasil simulasi bangunan eksisting, angin dari barat berhembus ke sepanjang selasar *semi outdoor* dan angin ini dapat dipisahkan kedalam ruang dengan bukaan *pivot* vertikal ini. Bukaan ini bersifat fleksibel dimana sudut kemiringannya dapat diatur sesuai kebutuhan dan arah datang angin, sehingga disaat malam hari ventilasi dapat diatur untuk mengurangi angin yang masuk.

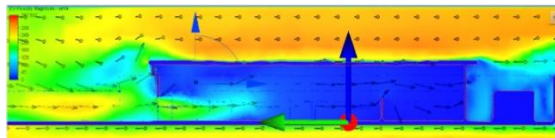
## 2. Menambahkan strategi stack ventilation



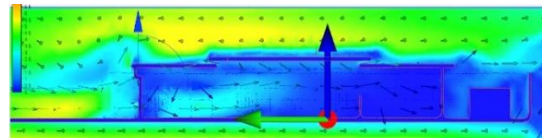
**Gambar 18** Potongan hasil rekomendasi  
Sumber: penulis, 2022

Isu pergerakan angin dalam bangunan ini adalah angin yang masuk secara sejajar dalam bangunan akan bergerak naik ke suhu panas yaitu atap. Namun dikarenakan atap tertutup, angin yang membawa hawa panas terperangkap dan keluar kebawah melalui bukaan samping yang mengancam kenyamanan termal pengguna. Sistem stack ventilation menggunakan strategi pendinginan pasif yang mengambil keuntungan stratifikasi suhu. Prinsip pentingnya adalah udara panas akan naik keatas, Lingkungan-pertukaran udara. Untuk mengefektifkannya (yaitu menghasilkan aliran udara yang besar), Perbedaan suhu yang lebih besar dapat menyediakan lebih sirkulasi udara yang efektif dan pendinginan, sehingga stack ventilation memudahkan angin panas yang terperangkap pada bangunan untuk keluar.

## Hasil simulasi rancangan sesuai rekomendasi



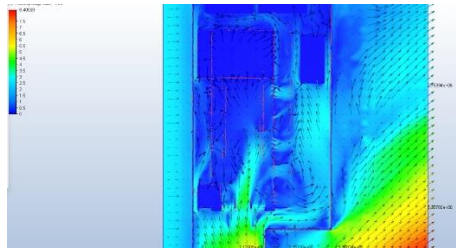
**Gambar 19** Simulasi rancangan eksisting  
Sumber: Hasil simulasi, 2022



**Gambar 20** Simulasi rancangan rekomendasi  
Sumber: Hasil simulasi, 2022

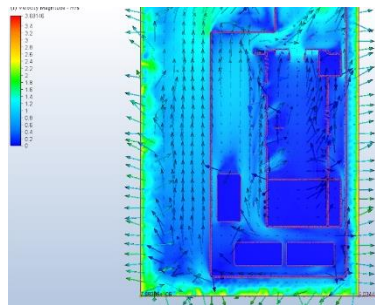
Pada kasus eksisting, angin terperangkap dan sulit keluar, sebagian keluar lewat lubang angin yang jauh dibelakang dan sebagian keluar melalui bukaan samping (gambar 19). Sedangkan pada Gambar 20 menunjukkan angin yang bergerak lebih leluasa dan mengalir keatas keluar dari bangunan, selain itu kecepatan angin dalam bangunan juga meningkat.

## Pemetaan Kecepatan Angin



**Gambar 21** Arah dan kecepatan angin dari tenggara  
Sumber: Hasil simulasi, 2022

Dengan penambahan atap stack ventilation, angin yang masuk dari depan dapat bergerak lebih leluasa didalam, ini dikarenakan pergantian angin yang cepat sehingga angin baru dapat masuk dengan intensitas yang lebih besar. Jendela *pivot* vertikal berperan sebagai *outlet*, performanya lebih baik dibanding jendela eksisting dikarenakan luas area bukaan. Area yang masuk dalam kategori nyaman di siang hari dimana rata rata angin lebih dari 1m/s mencapai 69,5% dari sebelumnya 48,5%.



**Gambar 22** Gerakan angin dari barat  
Sumber: Hasil simulasi, 2022

Kinerja jendela *Pivot* sebagai *inlet* terlihat optimal dimana intensitas angin masuk ke ruangan meningkat dengan signifikan. Persentase area dengan kecepatan angin dalam ruang mencapai 1m/s meningkat sebesar 29% menjadi 58,4%.

## KESIMPULAN

1. Bangunan epic coffee and furniture merupakan bangunan yang menerapkan penghawaan pasif pada seluruh area bangunan dengan menggunakan strategi *cross ventilation*, namun dalam penerapannya *cross ventilation* tidak bekerja secara maksimal. Ventilasi tidak optimal karena orientasi bangunan yang tidak sejalan dengan arah datangnya angin. Berdasarkan hasil simulasi angin dari arah tenggara tidak melewati sisi lebar bangunan yang terdapat *inlet* dan *outlet* terdekat melainkan melewati sisi panjang bangunan, hasilnya angin sulit keluar saat memasuki bangunan dari depan karena outlet belakang yang kecil dan terlalu jauh, begitu pula angin dari barat yang datang dari belakang bangunan, angin tidak dapat masuk kedalam bangunan karena dibelakang hanya terdapat dinding masif, sementara bukaan di sisi samping kurang bekerja dalam memasukan angin kedalam ruang.
2. Bangunan ini memiliki rasio bukaan dan luas area yang melebihi standar SNI, namun dalam penerapannya bukaan udara pada bangunan ini belum bekerja

dengan optimal dalam mensirkulasikan angin. Hal ini menunjukkan luas bukaan bukanlah faktor utama bangunan untuk dapat mensirkulasikan angin namun ventilasi alami yang efektif memerlukan pemahaman yang baik tentang pola aliran udara kompleks yang disebabkan oleh daya apung dan efek angin, Simulasi dengan *software* seperti CFD 2023 merupakan langkah efektif untuk membantu kita membaca arah angin dengan waktu yang singkat dan dapat menafsirkan gerakan angin dalam berbagai bentuk. Penggunaan *software* sangat membantu perancang dalam menguji rancangannya sebelum direalisasikan maupun mengevaluasi rancangan sebelumnya sebagai bahan pembelajaran di masa depan.

3. Simulasi dan data menunjukkan kondisi angin pada bangunan berdasarkan arah angin dominan yaitu arah tenggara dan barat, untuk memenuhi kenyamanan termal dibutuhkan kecepatan angin minimum 0,9m/s. Pada arah tenggara bangunan ini mampu memberi kenyamanan pengguna di siang hari pada 48,5% area dari seluruh area yang bisa diakses kecuali area *outdoor*, dan pada angin arah barat terdapat 29% area yang memiliki kecepatan angin yang cukup.
4. Berdasarkan hasil simulasi rancangan rekomendasi, perubahan pada atap dan bukaan dalam upaya meningkatkan penghawaan pasif, berhasil meningkatkan sirkulasi angin secara signifikan dan memperluas persentase area yang nyaman di siang hari, namun *cross ventilation* yang menjadi strategi utama pada bangunan ini masih tidak dapat bekerja dengan maksimal sehingga masih banyak ruang yang tidak mendapatkan angin yang cukup terutama pada area *showroom furniture*, maka diperlukan bantuan penghawaan mekanik untuk memenuhi kenyamanan termal pada area tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifah, A.B., Adhitama, M.S. and Nugroho, A.M., 2017. *Pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal pada ruang hunian rumah susun Aparna Surabaya* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- Aronin, J.E., 1953. *Climate & architecture*.
- Asniawaty, Baharuddin, Taufik Ishak, Muhammad. 2015. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional 2015 "Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Di Ruang Kuliah"
- ASHRAE. 1992. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Standard 55-1992. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.
- Auliciems, A. & Szokolay, S. (2007). *Thermal Comfort*. PLEA Note 3. PLEA International University of Queensland.
- Beckett, HE., Godfrey, JA. (1974). *Windows: Performance, Design, and Installation*. New York: Van Nostrand Reinhold Co (gambar)
- Elfiano, E., Hastuti, K., Rasyid, I., Firgiyandi, M. A. R., & Tobing, A. L., 2022. Studi aliran fluida melalui ventilasi penangkap angin bangunan gedung di Kota Pekanbaru.
- Gunawan, B., 2012. *Buku pedoman energi efisiensi untuk desain bangunan gedung di Indonesia*. Energy Efficiency and Conservation Clearing House Indonesia.
- Hajdukiewicz, M., Geron, M. and Keane, M.M., 2013. Calibrated CFD simulation to evaluate thermal comfort in a highly-glazed naturally ventilated room. *Building and Environment*, 70, pp.73-89.

- Herusu, Arifin. 2015. Tentang Iklim Tropis Lembab dan Tropis. Retrived from (Sumber: <http://herusu71.blogspot.co.id/2015/10/tentang-iklim-tropis-lembab-dantropis.html> pada tanggal 12/06/22)
- Kawatu, F.E., 2021. HIGH PERFORMANCE ARCHITECTURE SEBAGAI INDIKATOR PROSES PENGUKURAN KERANGKA KONSEPTUAL ARSITEKTUR HIJAU PADA BANGUNAN NON-RESIDENSIAL. *Jurnal Ilmiah Desain Sains Arsitektur (DeSciArs)*, 1(2), pp.37-47.
- Kwok, A. G., & Grondzik, W. 2018. The green studio handbook: Environmental strategies for schematic design. Routledge.
- Lechner, Norbert.,(2001), Heating, Cooling, Lighting: Methods for Architects, Jakarta: Rajawali Press
- Latifah, N.L., 2015. *Fisika Bangunan 1*. Griya Kreasi.
- Lippsmeier, Georg. (1997). Bangunan Tropis. Jakarta: Erlangga
- Muhammad Hilmi Afifan. 2017 Pengaruh Susunan Batu Bata Pada Selubung Bangunan Terhadap Kecepatan Angin. Jogjakarta, Indonesia
- Sharifah, N.S.I. and Latifah, A.M., 2013. The challenge of future landfill: A case study of Malaysia. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 5(6), pp.86-96.
- S. Boutet, Terry.,(1987), Controlling Air Movement: A Manual For Architects and Builders, United State Of America: R.R. Donneley & Sons Company
- Szokolay, S.V. 1980. Environmental Science Handbook, New York: John Wiley & Sons Inc.
- Wilyanto, Eric. 2014. Pengaruh Desain Arsitektural Terhadap Kenyamanan Termal Bangunan Iklim Tropis Lembab
- Wang, Z., de Dear, R., Luo, M., Lin, B., He, Y., Ghahramani, A., & Zhu, Y. (2018). Individual difference in thermal comfort: A literature review. *Building and Environment*, 138, 181-193.
- Zhang, X., Weerasuriya, A. U., & Tse, K. T. (2020). CFD simulation of natural ventilation of a generic building in various incident wind directions: Comparison of turbulence modelling, evaluation methods, and ventilation mechanisms. *Energy and Buildings*, 229, 110516.