

## EFEK MODEL JENDELA JUNGKIT 30° TERHADAP GERAKAN UDARA BANGUNAN BERORIENTASI BARAT DAN TIMUR

**Bernard Harianja<sup>1</sup>, Eddy Prianto<sup>2</sup>, Wahyu Setiabudi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua,

<sup>2 3</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: <sup>1</sup>[bernardharianja@uniyap.ac.id](mailto:bernardharianja@uniyap.ac.id), <sup>2</sup>[dr.eddyprianto@yahoo.com](mailto:dr.eddyprianto@yahoo.com) <sup>3</sup>[wahyu.sb@fisika.fsm.undip.ac.id](mailto:wahyu.sb@fisika.fsm.undip.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian sebelumnya. Tujuan penelitian ini untuk menemukan orientasi bangunan yang tepat dan mempertimbangkan aspek kecepatan dan sumber arah datang angin dominan sebagai *input*, posisi dan luas bukaan ventilasi, kecepatan udara (*air velocity*) dan pola pergerakan udara pada ruang interior dengan model jendela jungkit 30° yang terletak pada dua bidang selubung yang saling berhadapan (*cross ventilation*).

Objek penelitian adalah Ruang Pertemuan dengan luas 54 m<sup>2</sup> yang terletak di Kampung Kwadeware, Kota Sentani yang akan dimodelkan dengan program simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) Ecotect Analysis 2011. Data *input* untuk menjalankan program simulasi ini menggunakan data primer yang diambil dilapangan yaitu data orientasi bangunan existing, kecepatan angin eksterior rata-rata (5 m/dt) dan suhu udara eksterior (28°C) dan interior (32°C) serta data sekunder seperti arah datang angin dominan dan temperatur udara eksterior rata-rata dalam satu tahun dari BMKG Balai Besar Wilayah V Jayapura, serta data kekentalan udara (*viscosity*) 1.8e-05 dan tekanan udara (1,2 kg/m<sup>3</sup>) dari Standard Internasional.

Ditemukan bahwa orientasi bangunan sudah tepat, bukaan ventilasi pada selubung sisi Barat merupakan bidang yang paling optimal menghasilkan pergerakan dan kecepatan aliran udara interior (0,319 m/dt). Hal ini dikarenakan oleh sumber arah datang angin dominan dari arah Barat, bukaan ventilasi pada selubung sisi Barat lebih luas dibandingkan dengan bukaan ventilasi selubung sisi Timur. Pola pergerakan aliran udara interior dirasa belum optimal, hal ini dikarenakan posisi lubang inlet tidak semuanya berhadapan langsung dengan lubang outlet, hanya 12 dari 36 lubang ventilasi *inlet* yang berhadapan langsung dengan 4 lubang ventilasi *outlet*.

Kata Kunci : Orientasi Bangunan, Ventilasi Selubung, Jendela Jungkit 30°

### ABSTRACT

*This research is part of previous research. The aim of this research is to find the correct building orientation and consider aspects of speed and source of dominant wind direction as input, position and area of ventilation openings, air velocity and air movement patterns in interior spaces with a 30 tip window model. ° which is located on two envelope planes facing each other (cross ventilation).*

*The research object is a meeting room with an area of 54 m<sup>2</sup> located in Kwadeware Village, Sentani City which will be modeled using the Ecotect Analysis 2011 CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation program. The input data for running this simulation program uses primary data taken in the field, namely building orientation data. existing, average exterior wind speed (5 m/dt) and exterior air temperature (28°C) and interior (32°C) as well as secondary data such as dominant wind direction and average exterior air temperature in one year from BMKG Jayapura Region V Center, as well as data on air viscosity (viscosity) 1.8e-05 and air pressure (1.2 kg/m<sup>3</sup>) from International Standards.*

*It was found that the building orientation was correct, the ventilation openings on the West side envelope were the most optimal areas to produce interior air flow movement and velocity (0.319 m/s). This is because the dominant wind direction is from the West, the ventilation openings on the West side casing are wider than the ventilation openings on the East side casing. It is felt that the interior air flow movement pattern is not optimal, this is because the positions of the inlet and outlet holes are not all directly opposite each other, only 12 of the 36 inlet ventilation holes are directly opposite the 4 outlet ventilation holes.*

Keywords : Building Orientation, Casing Ventilation, 30°Tipping Windows

## PENDAHULUAN

Ada konteks yang perlu diperhatikan pada saat merancang bangunan gedung dengan konsep Pendinginan Pasif yaitu :

1. Orientasi bangunan
2. Type bukaan jendela
3. Jumlah dan luas lubang bukaan *inlet* dan *outlet* dan
4. Posisi lubang bukaan *inlet* dan *outlet* terhadap arah datang angin.

Penelitian ini dilatar belakangi dari beberapa penelitian sebelumnya yang menyoroti mengenai orientasi bangunan, kecepatan udara, pola aliran udara, arah datang angin dan beberapa tipe bukaan jendela pada ruang interior dalam menciptakan kenyamanan aliran udara yang disyaratkan.

Peneliti telah mengkaji beberapa hasil penelitian ilmiah sebelumnya yang memiliki kesamaan variabel penelitian, adapun kedudukan penelitian ini terkait orientasi, ventilasi dan alat perhitungan berbasis pemodelan simulasi CFD yaitu :

**Tabel I. 1.** Road Map Penelitian Terkait Pemodelan dengan Program Simulasi CFD

No	Peneliti	Judul	Metode	Alat Ukur	Objek
1	Sangkertadi, Suryono, Dimensi Teknik Arsitektur, Vol. 29, 2001	Mengestimasi koefisien bukaan Cd pada jendela Bangunan Tinggi dengan Bantuan simulasi CFD	Kuantitatif	Simulasi CFD <i>Fluent</i> dan model persamaan Navier-Stokes	Lubang ventilasi Pada bangunan kantor
2	Eddy Prianto, Dimensi Teknik Arsitektur, Vol. 30, 2002	Alternatif desain arsitektur daerah tropis lembab dng pendekatan kenyamanan termal	Kuantitatif	Simulasi N3S	Jendela jungkit/gantung atas 30°, -30°, 45°, -45° pada rumah tinggal
3	Jeffrey I Kindangen, Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 31, 2003	Pengaruh tipe jendela terhadap pola gerakan udaradalam ruang	Kuantitatif	Simulasi CFD <i>Fluent</i>	Jendela pivot horizontal 30°, 45°, 60° dan jungkit/gantung atas 30°, 45°, 60°
4	Jeffrey I Kindangen, Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 33, 2005	Investigasi pola gerakan udaradalam bangunan bertingkat akibat pengaruh penghalang di depan & dibelakangnya.	Kuantitatif	Simulasi CFD <i>Fluent</i> dan persamaan numerik	Lubang ventilasi pada bangunan 5 lantai dengan 7 konfigurasi
5	Bernard Harianja, Eddy Prianto, Wahyu Setiabudi, Jurnal PPKM III (2016) 287-300 ISSN: 2354-869X	Studi Cfd Dan In-Situ Terhadap Gerakan Udara Interior Dari Efek Pilihan Model Jendela Jungkit	Kuantitatif	Simulasi CFD <i>Ecotect Analysis 2011</i>	Validasi Program Simulasi CFD <i>Ecotect Analysis</i> Dengan membandingkan hasil Pengukuran objek In Situ dengan menggunakan Kipas Angin dan Perhitungan Simulasi CFD dengan objek pemodelan In Situ
6	<i>Sahabuddin Latif Jurnal Permukiman Vol. 15 No. 2 November 2020: 95-106</i>	Sistem Ventilasi Alami Satu Sisi Pada Kamar Kos Dengan Metode <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	Kuantitatif	Simulasi CFD <i>SolidWorks CAD</i>	Lubang ventilasi pada Kamar Kost (KK) dengan 4 konfigurasi luasan bukaan pada bidang yang sama.

Sumber : Penulis, 2023

**Tabel I. 2.** Matriks Variabel Penelitian Terkait Orientasi, Ventilasi dan Pemodelan Simulasi CFD

	Kecepatan Udara	Pola aliran udara	Arah datangnya angin (satu arah)	Arah datang angin (multi arah)	Orientasi Bangunan (2 arah)	Orientasi Bangunan (1 arah)	Jendela jungkit 30°	Jendela jungkit -30°	Jendela jungkit 45°	Jendela jungkit -45°	Jendela jungkit 60°	Ventilasi Satu Sisi	Ventilasi Silang	Jendela pivothorizontal 30°	Jendela pivothorizontal 45°	Jendela pivothorizontal 60°	Labang Ventilasi	P. M. V	Simulasi CFD Fluent	Simulasi CFD N3S	Simulasi CFD SolidWorks CAD	Simulasi CFD Ecotect
<b>Pemodelan - 1</b> (Sangkertadi, 2001)	√	√	√														√		√			
<b>Pemodelan - 2</b> (Eddy Prianto, 2002)	√	√	√				√	√	√	√								√		√		
<b>Pemodelan - 3</b> (Jl. Kindangen, 2003)	√	√	√				√	√		√				√	√	√			√			
<b>Pemodelan - 4</b> (Jl. Kindangen, 2005)	√	√	√														√		√			
<b>Pemodelan - 5</b> (Sahabuddin 2020)	√	√	√			√						√					√				√	
<b>Pemodelan - 6</b> (Artikel ini 2023)	√	√	√			√	√						√									√

Sumber: Penulis, 2023

Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan apakah orientasi bangunan ini sudah tepat dan mempertimbangkan aspek sumber arah dan kecepatan angin datang dominan (*input*), posisi dan luas bukaan ventilasi pada selubung, kecepatan udara (*air velocity*) yang memenuhi kriteria dan pola pergerakan aliran udara (*air flow factor*) pada ruang interior dengan menggunakan model jendela jungkit 30° yang terletak pada 2 (dua) sisi bidang selubung yang saling berhadapan langsung (*cross ventilation*).

## 1. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk menguji (evaluasi) orientasi bangunan existing ini adalah dengan metode kuantitatif menggunakan alat perhitungan program pemodelan simulasi CFD (Ecotect Analisis 2011 dan program *plug in* Windair V1.4b 2007). Kedua program ini memiliki fungsi yang berbeda, tetapi bekerja secara simultan dan terintegrasi, dan hasil kerjanya disebut CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Program Ecotect Analisis bekerja untuk membuat pemodelan objek secara 3 dimensi sedangkan program Windair V1.4b 2007 bekerja untuk mengkalkulasi jumlah kecepatan angin dan gerakan aliran udara (*air flow vector*) dengan berbagai variasi pemodelan sesuai kebutuhan diluar atau didalam bangunan.

Pemodelan simulasi CFD digunakan untuk menghitung kecepatan udara (*air velocity*) dan pola gerakan aliran udara (*air flow factor*) di dalam dan di luar dan ruangan setelah melewati halangan disekitar objek penelitian (bangunan, vegetasi, ventilasi).

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Hipotesa penelitian yaitu apakah ada hubungan yang signifikan antara orientasi bangunan dengan arah datang angin dominan, posisi dan luas ventilasi pada selubung bangunan, sistem bukaan ventilasi dan standar patokan kecepatan dan kenyamanan aliran udara interior yang akan dibutuhkan.
2. Menentukan Sumber angin input berdasarkan arah dan kecepatan angin rata-rata dominan pada lokus penelitian untuk 2 (dua) pemodelan simulasi CFD)

**Tabel I. 3.** Data Arah dan Kecepatan Angin Kab. Jayapura

No	UNSUR	BULAN - TAHUN 2015											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Arah Dominan	Barat	Barat	Barat	Barat	Barat	Tgr	Tgr	Tgr	Barat	Tgr	Barat	Barat
2	Kec. Rata-rata (knot)	6.4	8.2	9.1	5.1	3.5	4.0	3.3	4.0	3.4	4.5	4.0	5.5
3	Kelembaban Rata-rata (%)	76.4	74	75.2	73.6	76.4	77.5	76.3	74.6	74.4	72.8	76.5	76
4	Suhu Udara Ext Rata-rata °C	27.5	27.6	27.3	28.1	27.6	27.6	27.3	27.8	27.9	28.3	28.2	28.1

Sumber : BMKG Balai Besar Wilayah V Jayapura, Stasiun Meteorologi Sentani Tahun 2015. (1 knot = 1 mil laut/jam = 1.852 km/jam = 514 ms<sup>-1</sup>). (bestconverter, 2023).

- Menentukan pilihan jendela jungkit 30° pada objek pemodelan untuk mendapatkan kecepatan udara maksimum. (Harianja, Prianto, & Setiabudi, 2016, pp. 296-299)
- Membuat pemodelan objek bangunan nyata dengan menerapkan jendela jungkit 30° menggunakan program pemodelan simulasi Ecotect Analisis 2011.
- Menentukan Tekanan udara (*air density*) dan Kekentalan udara (*viscosity air*) sebagai data input program Simulasi Ecotect Analisis 2011.
- Menentukan temperatur udara eksterior dan interior dengan melakukan pengukuran in situ di lokasi penelitian atau menggunakan data pada Tabel I.3 untuk dijadikan data input program Simulasi Ecotect Analisis 2011.

**Tabel I. 4.** Standar Internasional (SI) Kondisi Atmosfer Diatas Permukaan Laut

Pressure	$p_0 = 101\,325 \text{ N/m}^2 = 1013.25 \text{ hPa}$
Density	$\rho_0 = 1.225 \text{ kg/m}^3$
Temperature	$T_0 = 288.15^\circ\text{K} (15^\circ\text{C})$
Speed of sound	$a_0 = 340.294 \text{ m/sec}$
Acceleration of gravity	$g_0 = 9.80665 \text{ m/sec}^2$

Sumber: (ISO 1975, 1)

**Tabel I. 5.** Kekentalan Kinematic 8 Fluida pada 1 ATM - suhu 20°C

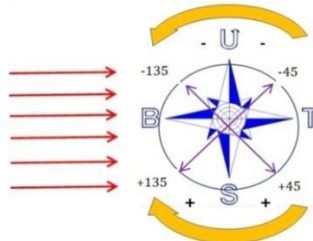
Fluida	$\mu$ , kg/(m·s)†	Nisbah $\mu/\mu(\text{H}_2)$	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$\nu$ , m <sup>2</sup> /s†	Nisbah $\nu/\nu(\text{Hg})$
Hidrogen	8,8 E-6	1,0	0,084	1,05 E-4	920
Udara	1,8 E-5	2,1	1,20	1,51 E-5	130
Berisin	2,9 E-4	33	680	4,22 E-7	3,7
Air	1,0 E-3	114	998	1,01 E-6	8,7
Ethanol	1,2 E-3	135	789	1,52 E-6	13
Air-raksa	1,5 E-3	170	13.580	1,16 E-7	1,0
Minyak pelumas SAE	0,29	33.000	891	3,25 E-4	2.850
Gliserin	1,5	170.000	1.264	1,18 E-3	10.300

1 kg/(m.s) = 0,0209 slug/ (ft . s): 1m<sup>2</sup>/s = 10,76 ft<sup>2</sup>/s

Sumber: (White 1986, 26)

- Menentukan sudut datang vektor berdasarkan sudut datang angin input Barat ke arah Timur dengan ketentuan :

- a. Apabila arah aliran udara (*vector*) bergerak berlawanan dengan jarum jam maka besaran sudut vector terhadap sumber angin adalah Negatif (-).
- b. Apabila arah aliran udara (*vector*) bergerak searah dengan jarum jam maka besaran sudut vector terhadap sumber angin adalah Negatif (+).



**Gambar 1.** Arah Gerakan Aliran Udara

8. Melakukan simulasi pemodelan CFD untuk 2 (dua) pemodelan orientasi dengan menggunakan program Ecotect Analisis 2011 dan program *plug in* Windair 1.4b. 2007.
9. Melakukan analisis terhadap hasil simulasi pemodelan CFD dengan:
  - a. Menghitung kecepatan aliran udara interior berdasarkan gradasi *grid pixel/warna* dari grafis yang dihasilkan simulasi pemodelan CFD yang dinyatakan kedalam besaran kecepatan udara (m/dt).
  - b. Menentukan pola gerakan aliran udara hasil dari simulasi pemodelan CFD berupa garis-garis alir (*air flow vector*) yang terjadi di dalam ruangan.
  - c. Kecepatan aliran udara dan Pola gerakan aliran udara di dalam ruang interior akan dikelompokkan menjadi 2 (dua) zona yaitu :
    1. Kecepatan aliran udara (*Zona Inlet* dan *Outlet*) yang terdiri dari :
      - *Zona Inlet* : Eksterior dan Interior.
      - *Zona Tengah Ruang* : Interior
      - *Zona Outlet* : Eksterior dan Interior
    2. Pola gerakan aliran udara (*Zona Ruang*) yang terdiri dari :
      - *Zona Ruang 1 (ZR-1)*
      - *Zona Ruang 2 (ZR-2)*
      - *Zona Ruang 3 (ZR-3)*
10. Melakukan analisis akhir terhadap hasil simulasi pemodelan CFD dengan membandingkannya dengan standar **Patokan Kecepatan Udara** Lippsmeir G (1994).

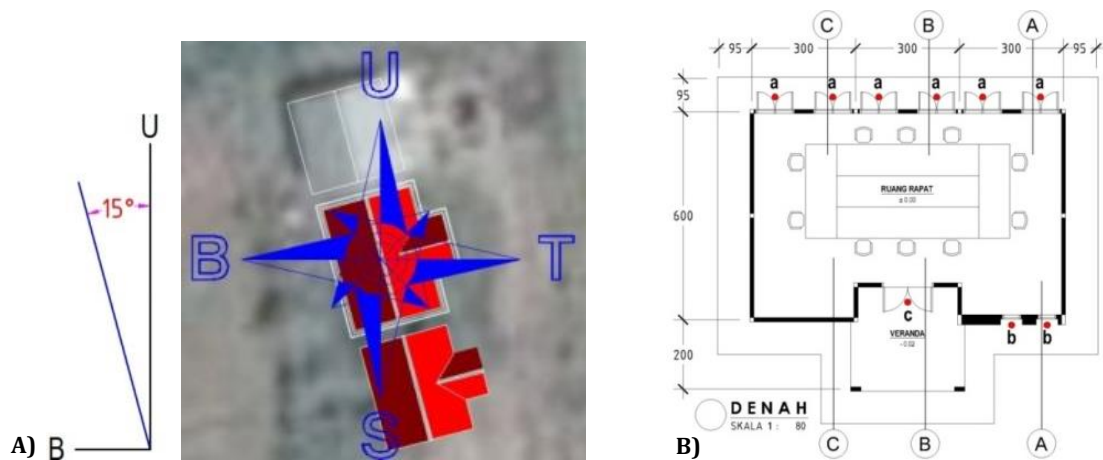
**Tabel I. 6.** Patokan Kecepatan Udara

Kecepatan Angin Bergerak (m/dt)	Tanda-Tanda Kecepatan Angin
< 0.25	Nyaman, tanpa dirasakan adanya gerakan udara
0.25 – 0.50	Nyaman, gerakan udara terasa
1.00 - 1.50	Aliran angin ringan
>1.50	Tidak menyenangkan diperlukan kondisi pada bangunan

Sumber: (Lippsmeier 1994, 38)

## 2. DESKRIPSI OBJEK PENELITIAN

Orientasi Ruang Pertemuan saat ini adalah  $-15^\circ$  terhadap Utara. Sumber arah datang angin terbesar berasal dari arah Barat dan Tenggara (Tabel I.3).



**Gambar 2.** A) Orientasi RG. Pertemuan, B) Denah: a) jendela 2 daun, b) jendela 1 daun, c). pintu 2 daun

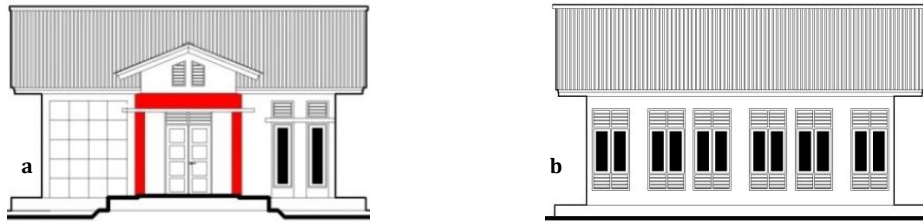
Adapun spesifikasi bangunan Ruang Pertemuan yang akan dijadikan objek model simulasi adalah sebagai berikut :

1. Luas Ruang Pertemuan adalah 54 m<sup>2</sup> (6 m x 9 m), tinggi plafond dari muka lantai 3.2 meter dan kapasitas peserta rapat 15 orang..
2. Pada sisi depan selubung bangunan ini terdapat 2 (dua) unit lubang jendela dan 1 (satu) unit lubang pintu dua daun. Sisi depan bangunan ini condong mengahap ke arah Timur:
  - Luas lubang pintu @0.75 m x 2.2 m x 2 lubang = 1.9 m<sup>2</sup> dan luas lubang ventilasi atas @0.5 m x 0.72 m x 2 lubang = 0.72 m<sup>2</sup>.
  - Luas lubang jendela 1 daun @1.9 m x 0.5 m x 2 lubang = 1.9 m<sup>2</sup>,
  - Luas lubang ventilasi atas @0.52 m x 0.38 m x 2 lubang = 0.395 m<sup>2</sup>.
3. Pada sisi belakang Ruang Pertemuan ini terdapat 36 (tiga puluh enam) unit lubang ventilasi (tengah, atas, bawah) dan condong mengahap ke arah Barat (lihat Gambar 2) :
  - Luas lubang ventilasi tengah (jendela 2 daun) @ 1.3 m x 0.5 m x 12 daun = 7.8 m<sup>2</sup>,
  - Luas lubang ventilasi atas @ 0.5 m x 0.48 m x 12 lubang = 2.88 m<sup>2</sup>,
  - Luas lubang ventilasi bawah @ 0.4 m x 0.48 m x 12 lubang = 2,304 m<sup>2</sup>,

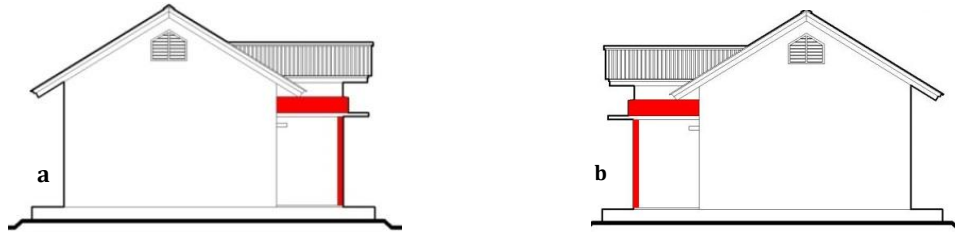
Total luas lubang ventilasi atas dan bawah 2.88 m<sup>2</sup> + 2,304 m<sup>2</sup> = 5.184 m<sup>2</sup>.



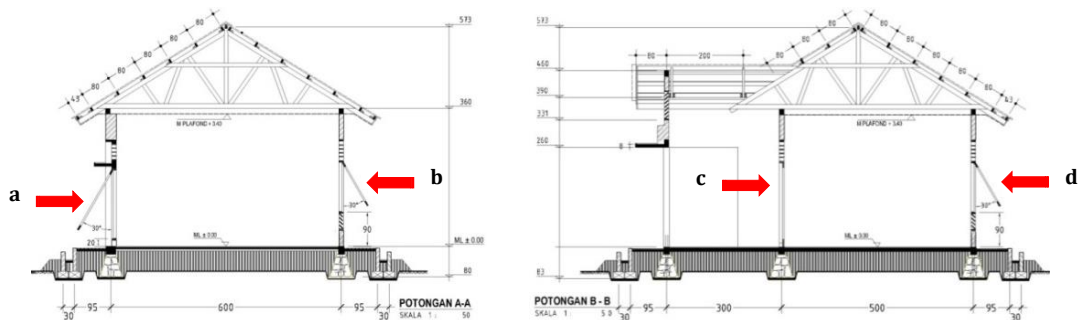
**Gambar 3.** Selubung eksterior Ruang Pertemuan.



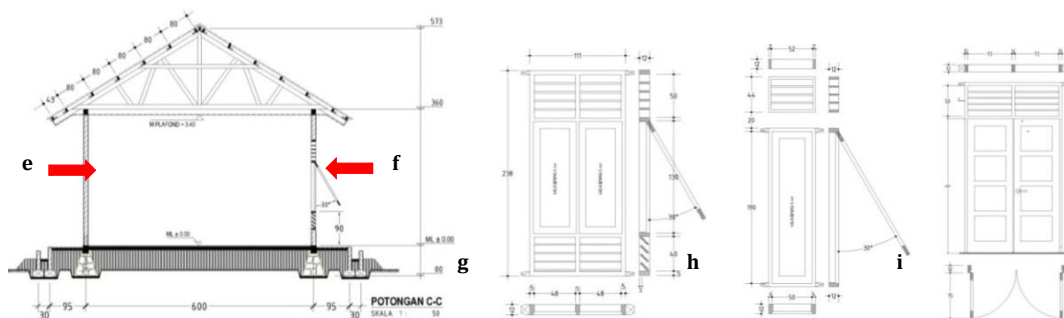
Gambar 4. a). Tampak Depan, b) Tampak Belakang Ruang.



Gambar 5. a). Tampak Kiri Ruang Pertemuan, b) Kanan Kanan Ruang Pertemuan



Gambar 6. a) Jendela 1 daun, b) Jendela 2 daun, c) Pintu 2 daun, d) Jendela 2 daun.



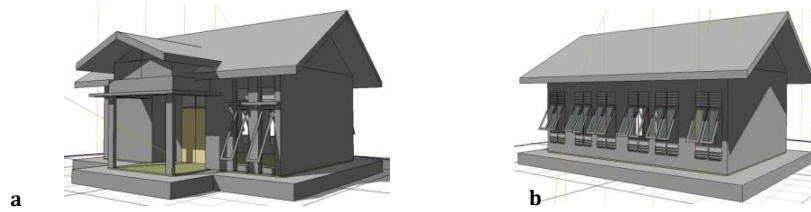
Gambar 7. e) Dinding masif, f) jendela 2 daun, g,h) Jendela jungkit 30°, i) Pintu 2 daun.

### 3. DATA, ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

#### 3.1. Data Input Simulasi

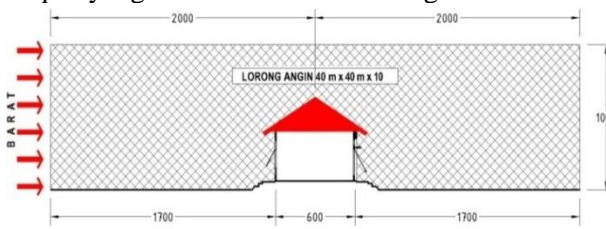
Adapun data awal (*input*) yang diperlukan untuk simulasi pemodelan CFD Ecotect Analysis 2011 adalah:

1. Pembuatan objek model dengan 12 jendela jungkit 30° (ventilasi atas dan bawah) dan 2 jendela jungkit 30° (ventilasi atas) yang di input pada program Ecotect Analysis 2011.



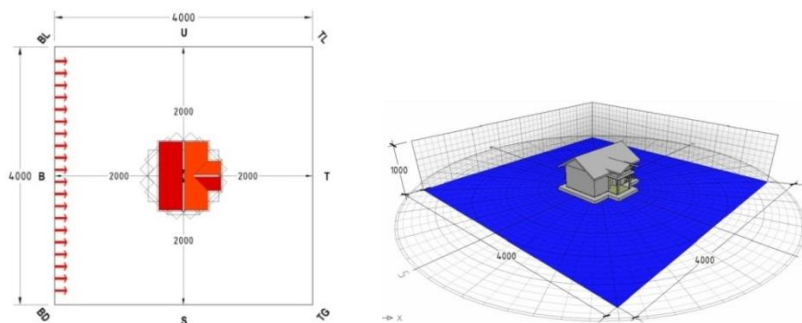
**Gambar 8.** Objek Model Ruang Pertemuan, a) Selubung Timur, b) Selubung Barat.

2. Sumber arah datang angin *input* ditentukan dari arah Barat dengan kecepatan 5 m/dt, dan jarak sumber angin *input* yang berhembus ke arah bangunan adalah 17 meter.



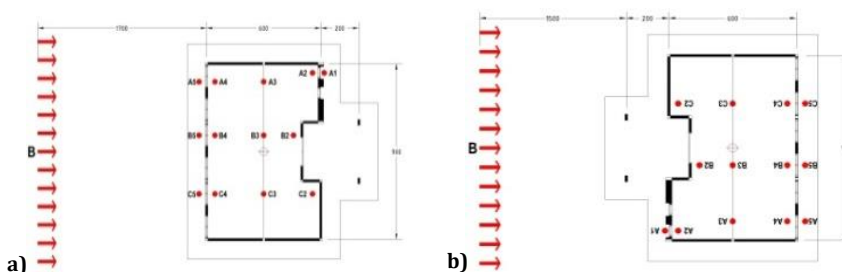
**Gambar 9.** Penampang terowongan aliran angin pada simulasi pemodelan CFD.

3. Grid area aliran angin untuk simulasi pemodelan CFD adalah 40 meter x 40 meter x 10 meter, tinggi permukaan lantai objek 50 cm dari permukaan tanah dan posisi objek tepat berada ditengah-tengah grid area.



**Gambar 10.** Grid area aliran terowongan angin pada program simulasi pemodelan CFD

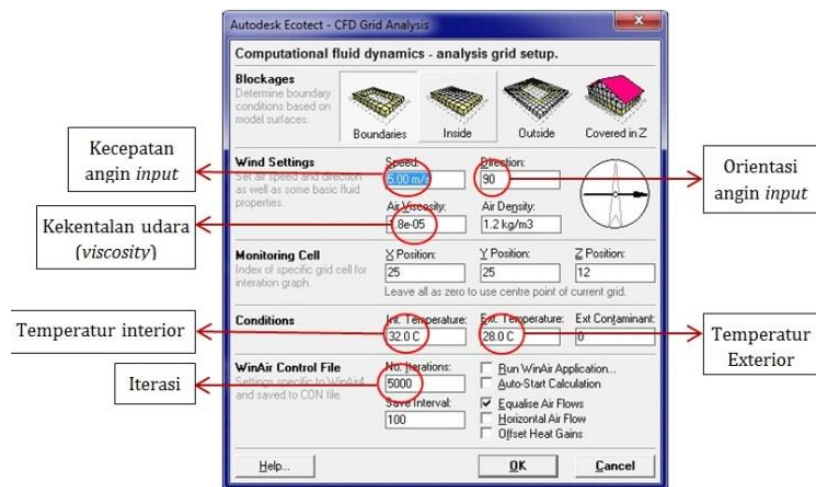
4. Melakukan 2 (dua) kali simulasi terhadap 1 (satu) Objek model pada 2 (dua) pengkondisian arah/orientasi selubung dengan cara memutar bangunan dari sumbunya.



**Gambar 11.** Pemodelan a) Sisi Depan Menghadap ke Timur, b) Sisi Depan Menghadap ke Barat

5. Temperatur udara pada ruang interior ditentukan berdasarkan hasil pengukuran rata-rata di lokasi penelitian, suhu ruang interior  $32^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu eksterior  $28^{\circ}\text{C}$  (Tabel I.3).
6. Tekanan udara standar  $1.2 \text{ kg/m}^3$  (lihat Tabel I.4), *Iterasi* 5000/100,
7. Kekentalan udara (*viscosity*) standard  $1.8\text{e-}05$  (lihat Tabel I.5).



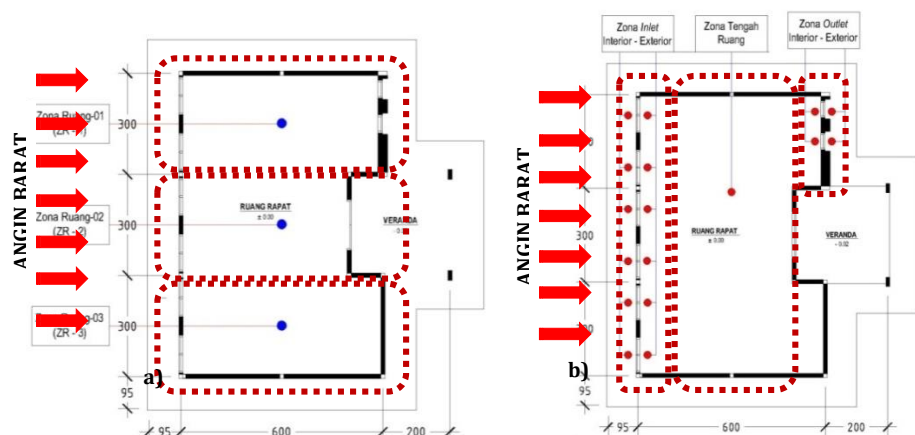


Gambar 12. Panel data input simulasi CFD.

### 3.2. Hasil Output Simulasi

Adapun hasil akhir (*output*) simulasi pemodelan CFD ini adalah:

1. Kecepatan udara :
  - ✓ Angka kecepatan pada setiap *grid pixel* merupakan hasil perhitungan simulasi CFD yang dirata-ratakan dari total kecepatan udara (m/dt). di dalam ruangan interior.
  - ✓ Kecepatan udara interior rata-rata akan dibandingkan dengan syarat yang berlaku sebagai patokan kenyamanan aliran udara oleh Lippsmeier G (1994), Tabel I.6.
2. Pola gerakan aliran udara :
  - ✓ Pola gerakan aliran udara interior akan dikelompokkan menjadi 2 (dua) zona yaitu :
    - a. Zonasi Ruang yang terdiri dari :
      - Zona Ruang 1 (ZR-1)
      - Zona Ruang 2 (ZR-2)
      - Zona Ruang 3 (ZR-3)
    - b. Zonasi *Inlet* dan *Outlet* yaitu:
      - Zona *Inlet* : Eksterior dan Interior
      - Zona Tengah Ruang : Interior
      - Zona *Outlet* : Eksterior dan Interior



Gambar 13. a) Zonasi Ruang, b) Zonasi *Inlet* dan *Outlet*

### 3.3. Analisa dan Pembahasan

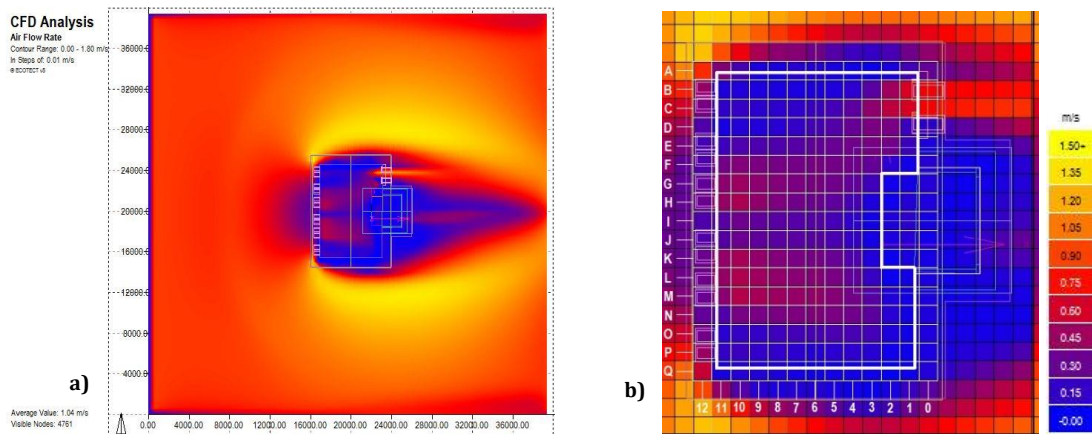
Analisa dan pembahasan hasil simulasi pemodelan CFD akan dibagi ke dalam 2 (dua) pemodelan yaitu:

**3.3.1. Pemodelan Ke-01 (Selubung Depan Menghadap ke Timur)**

Adapun hasil simulasi pemodelan CFD untuk Kecepatan Udara (m/dt) dan Gerakan Aliran Udara adalah pada Pemodelan CFD yang Ke-01 ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil Simulasi Kecepatan Udara

Berikut ini adalah hasil simulasi pemodelan CFD Ke-01 untuk Kecepatan Udara:



Catatan: ukuran 1 grid pixel 0,58 m x 0,58 m = 0,3364 m<sup>2</sup> (hasil simulasi pemodelan CFD)

**Gambar 14, a)** Hasil Simulasi Pemodelan Ke-01, **b)** Grid Pixel Kecepatan Udara

2. Analisa Kecepatan Udara Ruang Interior

Setelah dilakukan identifikasi terhadap grid pixel pada Gambar 14.b maka langkah selanjutnya adalah memberikan nilai pada setiap grid pixel tersebut berdasarkan 11 (sebelas) kategori *grade pixel* kecepatan udara dari hasil simulasi pemodelan CFD

**Tabel I.7.** Matriks Pixel Kecepatan Udara Pemodelan Ke-01

Titik Pixel	Inlet			Tengah Ruang							Outlet		
	Ext	Int	Int	Interior							Int	Ext	Ext
				12	11	10	9	8	7	6			
A	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	1,05
B	0,45	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,60	0,90	1,05
C	0,45	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,45	0,60	0,90	0,00
D	0,30	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,45	0,45	0,00	0,00
E	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,45	0,45	0,45	0,00	0,00
F	0,30	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,00	0,00	0,00
G	0,30	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,00	0,00	0,00
H	0,45	0,60	0,60	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
I	0,30	0,30	0,45	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
J	0,30	0,30	0,45	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,45	0,45	0,60	0,60	0,45	0,45	0,45	0,45	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
L	0,45	0,45	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,45	0,45	0,30	0,00	0,00	0,00
M	0,45	0,45	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,45	0,15	0,00	0,00
N	0,30	0,30	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,15	0,00	0,00	0,00
O	0,45	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00
P	0,45	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00
Q	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kec. Rata-rata	0,44	0,4	0,48	0,31	0,3	0,3	0,29	0,29	0,27	0,24	0,2	0,16	0,12

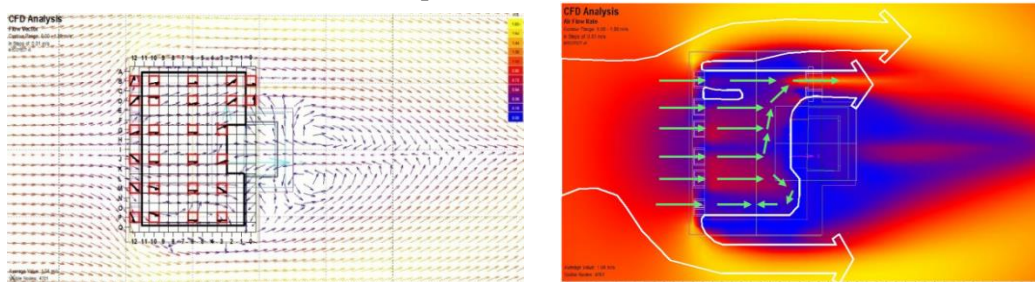
**Tabel I.8.** Jumlah Kecepatan Udara Interior

No	Kriteri Pixel				Rg. Interior		TOTAL (m <sup>2</sup> )
	Pixel	Kec (m/dt)	Luas/ Pixel	Jlh Pixel	Jlh Kec (m/dt)	J	
A	B	C	D	E	F (Cx Dx E)	D(E+G+I)	
1		1,50	0,3364	0	0,000	0,000	
2		1,35	0,3364	0	0,000	0,000	
3		1,20	0,3364	0	0,000	0,000	
4		1,05	0,3364	0	0,000	0,000	
5		0,90	0,3364	2	0,606	0,673	
6		0,75	0,3364	0	0,000	0,000	
7		0,60	0,3364	16	3,229	5,382	
8		0,45	0,3364	51	7,720	17,156	
9		0,30	0,3364	24	2,422	8,074	
10		0,15	0,3364	45	2,271	15,138	
11		0,00	0,3364	13,60	0,000	4,575	
<b>Jumlah</b>				151,60	<b>16,248</b>	<b>50,998</b>	
<b>Kec. Rata-rata</b>					<b>0,319</b>		

Jumlah kecepatan udara rata-rata di dalam ruang interior sebesar 0,319 m/dt (Tabel I.8) diperoleh berdasarkan Matriks Pixel pada Tabel I.7. Dan menurut Standar Patokan Kecepatan Udara (Tabel I.6), maka kecepatan udara interior ini masuk dalam kategori **Nyaman dan gerakan udara terasa**.

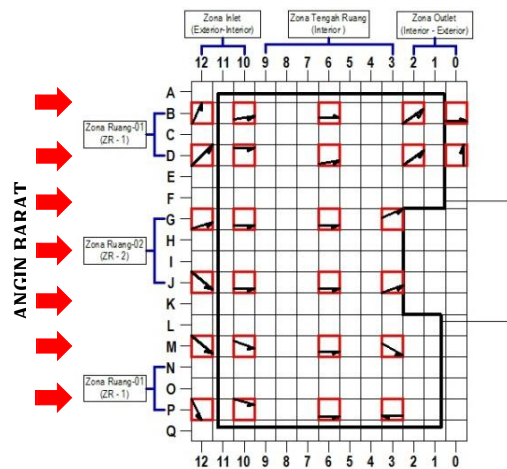
3. Hasil Simulasi Gerakan Aliran Udara Pemodelan Ke-01

Berikut ini adalah hasil simulasi pemodelan CFD untuk Gerakan Aliran Udara:



Gambar 15. Pola Gerakan Aliran Udara Pemodelan Ke-01

Titik Ukur	Outlet		Tengah Ruang		Inlet	
	Ext	Int	Interior		Ixt	Ent
	12	10	6	3	2	0
B	Kec. Udara (m/dt)	0,45	0,15	0,15	0,60	0,90
	Arah alir udara	-66°	-11°	0°	-36°	0°
D	Kec. Udara (m/dt)	0,30	0,15	0,15	0,45	0,00
	Arah alir udara	-45°	-30°	-11°	-36°	-90°
G	Kec. Udara (m/dt)	0,45	0,45	0,45	0,45	
	Arah alir udara	-18°	0°	0°	-25°	
J	Kec. Udara (m/dt)	0,30	0,45	0,30	0,00	
	Arah alir udara	+40°	0°	0°	-20°	
M	Kec. Udara (m/dt)	0,45	0,60	0,60	0,45	
	Arah alir udara	+40°	+18°	0°	+30°	
P	Kec. Udara (m/dt)	0,15	0,15	0,15	0,15	
	Arah alir udara	+65°	+15°	0°	+50°	



Gambar 16. Matriks Kecepatan Pola Gerakan Aliran Udara Pemodelan Ke-01

4. Analisa Gerakan Aliran Udara

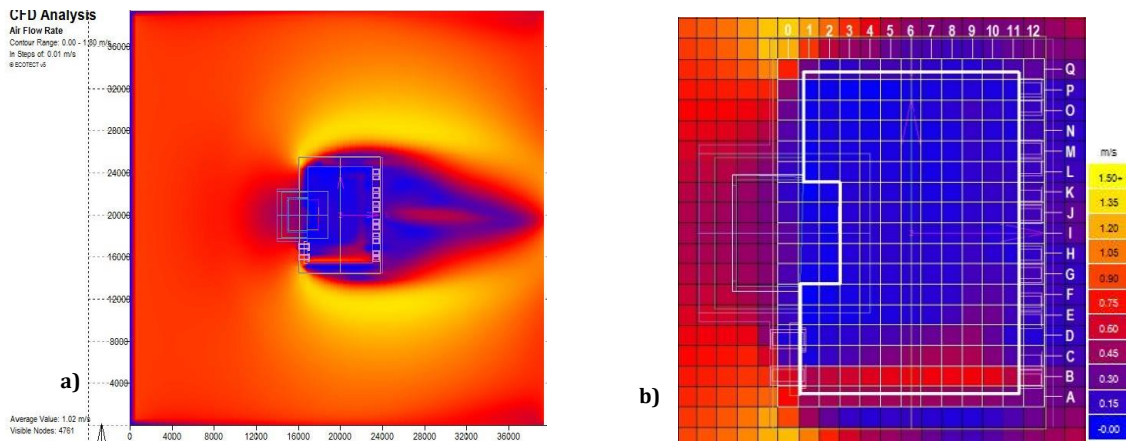
Dari Gambar 15 dan 16 dapat dijelaskan bahwa angin masuk ke dalam ruang interior melalui 36 (tiga puluh enam) lubang *inlet*, kecepatan udara interior yang masuk melalui lubang *inlet* pada ruang tengah lebih tinggi dibandingkan melalui lubang *inlet* bagian tepi.

3.3.2. Pemodelan Ke-02 (Selubung Depan Menghadap ke Barat)

Adapun hasil simulasi pemodelan CFD untuk Kecepatan Udara (m/dt) dan Gerakan Aliran Udara adalah pada Pemodelan CFD yang Ke-02 ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil Simulasi Kecepatan Udara

Berikut ini adalah hasil simulasi pemodelan CFD Ke-02 untuk Kecepatan Udara:



Catatan: ukuran 1 grid pixel 0,58 m x 0,58 m = 0,3364 m<sup>2</sup> (hasil simulasi pemodelan CFD)

**Gambar 17.** a) Hasil Simulasi, b) Grid Pixel Kecepatan Udara Pemodelan Ke-02

2. Analisa Kecepatan Udara Ruang Interior

Setelah dilakukan identifikasi terhadap grid pixel pada Gambar 17.b maka langkah selanjutnya adalah memberikan nilai pada setiap grid pixel tersebut berdasarkan 11 (sebelas) kategori *grade pixel* kecepatan udara dari hasil simulasi pemodelan CFD.

**Tabel I.9.** Matriks Pixel Kecepatan Udara Pemodelan Ke-02

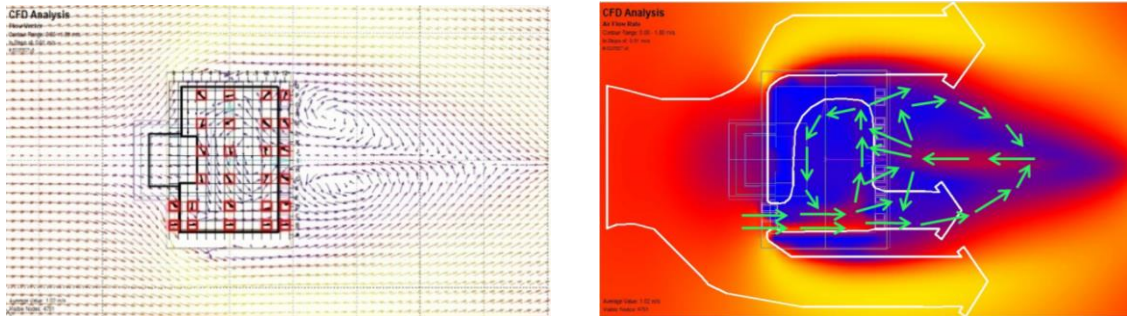
TITIK PIXEL	Inlet			Tengah Ruang								Outlet		
	Ext	1	Int	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
P	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
O	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,15
N	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,15
M	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,15
L	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15
K	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15
J	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15
I	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,15
H	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,15
G	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15
F	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,45	0,15	0,15
E	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,45	0,15	0,15
D	0,15	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,30	0,30	0,45	0,45	0,30	0,00	0,00	0,15
C	0,15	0,00	0,15	0,15	0,30	0,30	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,15	0,15	0,15
B	0,90	0,45	0,60	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,60	0,45
A	0,90	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Kec. Rata-rata	0,34	0,08	0,1	0,08	0,1	0,1	0,11	0,11	0,12	0,26	0,21	0,12	0,19	

**Tabel I.10.** Jumlah Kecepatan udara interior

No	Kriteria Pixel Rg. Interior					TOTAL (m <sup>2</sup> )
	Pixel	Kec (m/dt)	Luas/Pixel	Jlh Pixel	Jlh Kec (m/dt)	
A	B	C	D	E	F (CxDxE)	J D(E+G+I)
1		1,50	0,3364	0	0,000	0,000
2		1,35	0,3364	0	0,000	0,000
3		1,20	0,3364	0	0,000	0,000
4		1,05	0,3364	0	0,000	0,000
5		0,90	0,3364	0	0,000	0,000
6		0,75	0,3364	7	1,766	2,355
7		0,60	0,3364	3	0,606	1,009
8		0,45	0,3364	12	1,817	4,037
9		0,30	0,3364	9	0,908	3,028
10		0,15	0,3364	25	1,262	8,410
11		0,00	0,3364	95,60	0,000	32,160
<b>Jumlah</b>				<b>151,60</b>	<b>6,359</b>	<b>50,999</b>
<b>Kec. Rata-rata</b>					<b>0,125</b>	

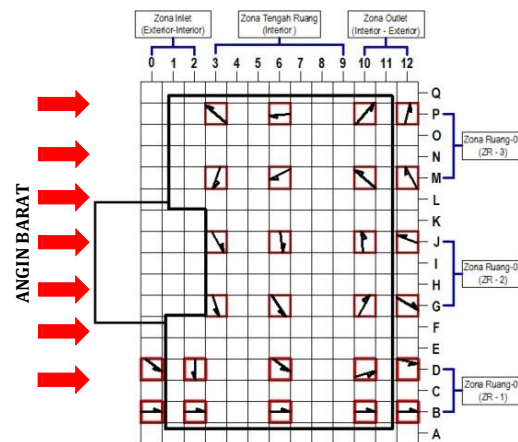
Jumlah kecepatan udara rata-rata di dalam ruang interior sebesar 0,125 m/dt m/dt (Tabel I.10) diperoleh berdasarkan Matriks Pixel pada Tabel I.9. Dan menurut Standar Patokan Kecepatan Udara (Tabel I.6), maka kecepatan udara interior ini masuk dalam kategori **Nyaman tanpa dirasakan adanya gerakan udara.**

3. Hasil Simulasi Gerakan Aliran Udara Pemodelan Ke-02



Gambar 18, Pola Gerakan Aliran Udara Pemodelan Ke-02

Titik Ukur	Inlet		Tengah Ruang		Outlet	
	Ext	Int	Interior	Ixt	Ent	
	0	2	3	6	10	12
P	Kec. Udara (m/dt)		0,00	0,00	0,00	0,15
	Arah alir udara		-140°	-175°	-50°	-75°
M	Kec. Udara (m/dt)		0,00	0,00	0,00	0,15
	Arah alir udara		+20°	+65°	-50°	-30°
J	Kec. Udara (m/dt)		0,00	0,00	0,15	0,15
	Arah alir udara		+60°	+85°	-95°	-70°
G	Kec. Udara (m/dt)		0,00	0,00	0,15	0,15
	Arah alir udara		+71°	+60°	-60°	+30°
D	Kec. Udara (m/dt)	0,15	0,00	0,30	0,45	0,15
	Arah alir udara	+37°	+90°	+38°	-16°	+12°
B	Kec. Udara (m/dt)	0,90	0,60	0,75	0,75	0,45
	Arah alir udara	0°	0°	0°	0°	0°



Gambar 19. Matriks Kecepatan Pola Gerakan Aliran Udara Pemodelan Ke-02

4. Analisa Gerakan Aliran Udara

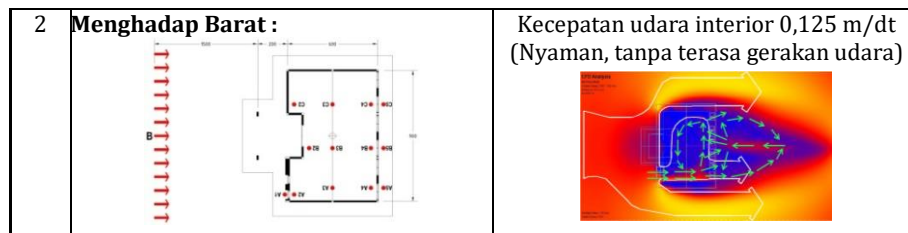
Dari Gambar 18 dan 19 dapat dijelaskan bahwa angin masuk ke dalam ruang interior melalui 4 (empat) lubang *inlet*, kecepatan udara interior yang masuk melalui lubang *inlet* bagian tepi sangat tinggi, hal ini dikarenakan lubang *inlet* pintu dikondisikan tertutup.

4. REKAPITULASI KECEPATAN DAN POLA GERAKAN ALIRAN UDARA

Berikut ini disampaikan hasil rekapitulasi kecepatan dan pola gerakan aliran udara yang terjadi di dalam ruang interior dari 2 (dua) pemodelan orientasi selubung bangunan.

Tabel I. 11. Profil Kecepatan dan Gerakan Aliran Udara Interior Dari 2 (Dua) Pemodelan

No	Orientasi Selubung Terhadap Sumber Angin Dominan (Barat)	Pola Gerakan Aliran Udara dan Kecepatan Udara (m/dt)
1	<p><b>Menghadap Timur :</b></p>	<p>Kecepatan udara interior 0,319 m/dt (Nyaman, terasa ada gerakan udara)</p>



## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan CFD pada objek penelitian Ruang Pertemuan UPTD Pertanian di Kampung Kwadeware Distrik Waibu Kabupaten Jayapura ini dengan menggunakan program simulasi pemodelan CFD Ecotect 2011 dan program *plug in* Windair V1.4b 2007 maka dapat disimpulkan :

1. Dengan menggunakan alat perhitungan simulasi pemodelan CFD pada bangunan Ruang Pertemuan yang menggunakan jendela jungkit 30°, maka ditemukan bahwa orientasi bangunan saat ini sudah tepat. Hal ini disebabkan karena posisi dan luas lubang *inlet* ventilasi pada sisi belakang selubung bangunan lebih luas serta menghadap langsung ke arah sumber datang angin dominan yaitu dari arah Barat (Pemodelan ke-1), sehingga kecepatan udara yang masuk ke dalam ruang interior menjadi lebih Nyaman dan dapat dirasakan (0,319 m/dt).
2. Pada posisi lubang *inlet* yang tidak menerus dengan lubang *outlet*, maka terjadi pola gerakan aliran udara yang bergolak sehingga distribusi udara di dalam ruangan menjadi lebih merata.

## 6. REKOMENDASI.

Direkomendasi untuk penenlitan lanjut :

1. Perlu untuk diamati profil kecepatan dan pola gerakan aliran udara pada bidang vertikal pada koordinat/bidang yang berbeda-beda. Hal ini didukung karena adanya ventilasi jendela 3 (tiga) lubang sekaligus (bawah, tengah dan atas) yang terletak di sisi Barat.
2. Perlu untuk diamati profil kecepatan dan gerakan aliran udara interior dari sumber angin *inlet* yang sama (dari arah Barat) dengan 8 (delapan) pemodelan orientasi selubung bangunan (Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut, Utara, Timur Laut).

## DAFTAR PUSTAKA DAN PENULISAN PUSTAKA

- ASHRAE 62.2, S. (2007). *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering, Inc.
- ASHRAE 55, S. (2004). *Thermal Enviromental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ANSI Inc.
- BAPPEDA Kabupaten Jayapura. (2008). *RTRW Kabupaten Jayapura 2008 - 20028*. Sentani: Pemerintah Daerah Kabupaten Jayapura.
- bestconverter. (2023, september saturday). *bestconverter.org/*. Retrieved September saturday, 2016

- Boutet, T. S. (1987). *Controlling Air Movement*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Egan, M. D. (1999). *Concepts In Thermal Comfort*. Malang: Kelompok Sains dan Teknologi Arsitektur Unmer Malang.
- Etheridge, D. (2012). *Natural Ventilation of Buildings*. Chichester United Kingdom: Jhon Wiley & Sons Ltd.
- Harianja, B., Prianto, E., & Setiabudi, W. (2016). Studi CFD Dan In-Situ Terhadap Gerakan Udara Interior Dari Efek Pilihan Model Jendela Jungkit. *PPKM III (2016)*, 287-300.
- Harianja, B., Prianto, E., & Setiabudi, W. (2016). *Validasi Antara Pengukuran In-Situ dan Program Simulasi CFD Terhadap Hubungan Orientasi Bangunan Dengan Jendela Jungkit 30° dan Arah Datang Angin*. Semarang: Program Studi Magister Arsitektur Universitas Diponegoro.
- ISO 7730, E.-E. (2006). *Ergonomics of the Thermal Enviromental-Analitical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*. Brusels: CEN National Members.
- ISO, 2. (1975). *Standard Atmosfer*. Switzerland: International Organkation Standardkation.
- Kepmenkes, N. (2002). *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri*. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Kindangen, J. (2003). Pengaruh Tipe Jendela Terhadap Pola Aliran Udara dalam Ruang. *Dimensi Teknik Arsitektur*, 158-162.
- Kindangen, J., & Depecker, P. (1996). Investigation of Natural Ventilation with Wind Tunel Results. *Architectural Science Review*, 113-120.
- Latif, S. (2 November 2020). Sistem Ventilasi Alami Satu Sisi Pada Kamar Ko Dengan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Permukiman Vol. 15*, 95 – 106.
- Lechner, N. (2007). *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada.
- Lippsmeier, G. (1994). *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Marsh, A. (1997). *Performance Analysis and Conceptual Design*. Australia : University of Western Australia .
- Prianto, E. (2003). Design Jendela Yang Tanggap terhadap Tuntutan kenyamanan Penghuni, Semarang. *Badan Penerbit Universitas Diponegoro*, 60 p.
- Prianto, E., & Depecker, P. (2002). Characteristic of airflow as the effect of balcony on indoor velocity, A case study of traditional dweling in urban living quarter in tropical humid region. *Energy and Buildings*, 401-409.
- Prianto, E., Jachet, I., & Depecker, P. (2001). Contribution of N3S Influence of Balcony on Tradisional Building to Obtain Maximum Indoor Velocity. *Jornal Architecture Science Hongkong*, 101-112.
- Prianto, E., Windarta, J., & Harianja, B. (2016). The Role Of Vegetation And Landscape In Energy Efficiency Of Tropical Building. *American Scientific Publishe (ASP), Advanced Science Letters Vol. 23, No. 3 (2017)*, 2211-2214.
- Sangkertadi, & Suryono. (desember 2001). Mengestimasi koefisien bukaan Cd pada jendela bangunan tinggi dengan bantuan simulasi CFD. *dimensi teknik arsitektur vo. 29 no. 2*, 147-150.
- Satwiko, P. (2009). *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- SNI, 0.-6.-2. (2001). *Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara*. Jakarta.
- Soegijanto. (1998). *Bangunan Di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau Dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departmen Pendidikan dan Kebudayaan.
- White, F. M. (1986). *Mekanika Fluida*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Yunus A Cengel, J. M. (2006). *Fluid Mechanics*. New York: McGraw Hill Education.
- Zulfiana, I. S., Harianja, B., Amir, M. S., & T, M. Z. (2022). Analisis Hemat Energi Pada Selubung Bangunan Biro Layanan Pengadaan Barang Dan Jasa Dinas PUPR Provinsi Papua Dengan OTTV. *Teknologi Terpadu (JTT) Vol. 10 No.2 (2022)*, 127-135.