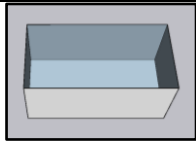

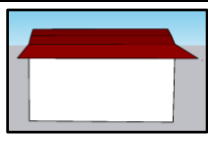


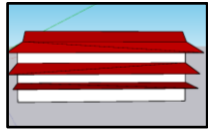
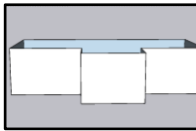
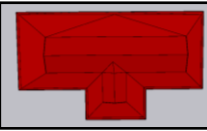
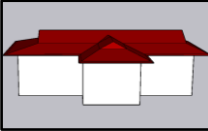
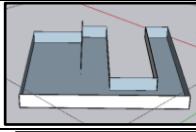


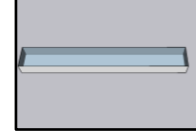



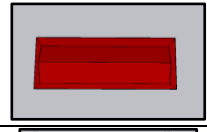

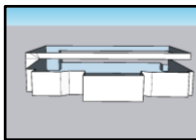
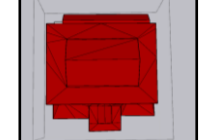
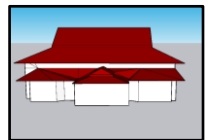


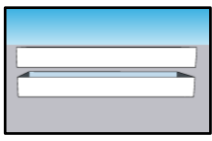
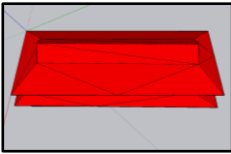
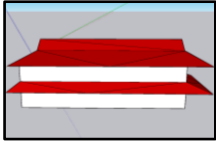
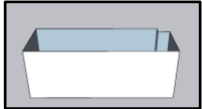
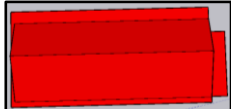









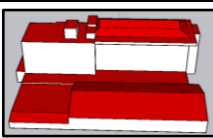
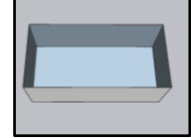
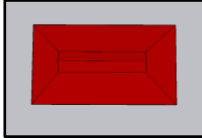
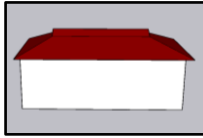
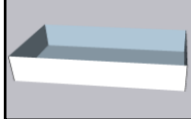


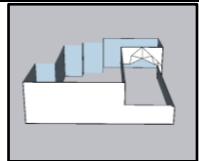
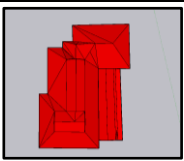
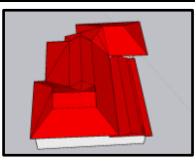
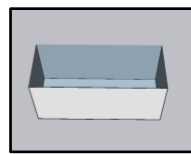
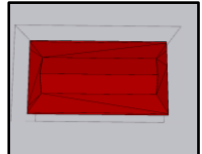
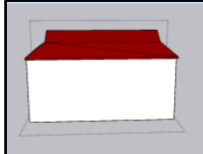
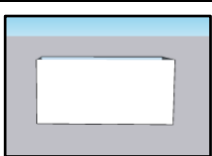
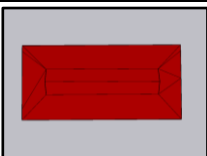
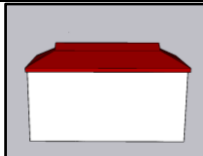
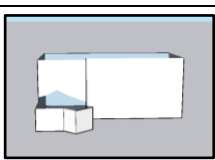
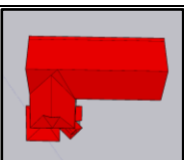
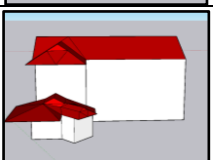
**BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN**

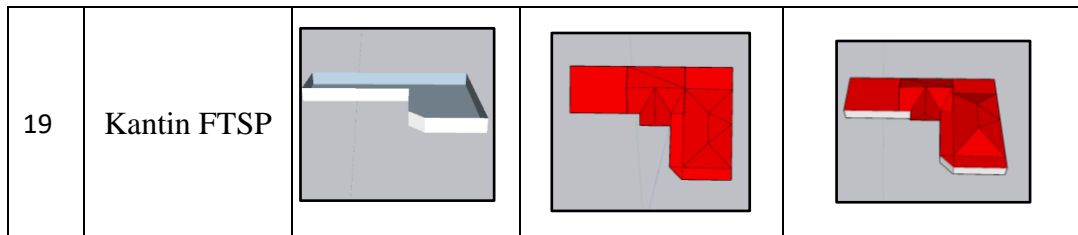
IV.1 Hasil visualisasi pemodelan bangunan 3D

Hasil pemodelan bangunan tiga dimensi di buat dengan menggunakan *point cloud* yang di *import* kedalam *software* Sketchup pro2022 dalam bentuk format **laz*, hasil dari proses pembuatan pemodelan tiga dimensi pada *software* Sketchup pro2022 kedalam bentuk format **skp*. Dalam pembuatan model tiga dimensi pada *Level of Detail* (LOD 2) terdiri dari pembuatan *ground surface*, *wall surface*, dan *roof surface*, dimana semakin tinggi tingkatan LoD yang digunakan maka semakin detail model bangunan yang dibuat. Pada **Tabel 4.1** merupakan hasil pemodelan tiga dimensi terhadap LoD 2 pada Kampus 1 ITN Malang

Tabel 4. 1 visualisasai pada masing-masing bangunan

No	Nama Gedung	Wall surface	Roof surface	Level Of Different (LOD)2
1	Pos Satpam			
2	LPMB			
3	Rektorat			
4	Teknik Sipil			
5	SIM			
6	Teknik Sipil 2			
7	Aula ITN Malang			

No	Nama Gedung	Wall surface	Roof surface	Level Of Different (LOD)2
8	Pascasarjana			
9	Perpustakaan Pascasarjana			
10	Teknik PWK			
11	Teknik PWK 2			
12	Teknik Lingkungan			
13	Laboratorium Hidrolika			
14	Pusat Karir			
15	Laboratorium Kimia			
16	Arsitek			
17	Teknik Geodesi			
18	Perpustakaan			



Menurut (Gröger et al., 2012) tingkat akurasi pemodelan 3D pada LoD 2 memiliki nilai akurasi posisi dan tinggi pada 2m . pada **Tabel 4.2** merupakan hasil ketinggian bangunan pada model tiga dimensi yang dibuat pada *software* Sketchup pro2022 dan ketinggian bangunan dari *point cloud* yang didapatkan dari software Recap.



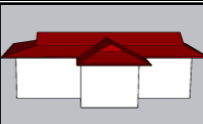





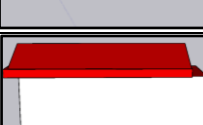
Tabel 4. 2 Akurasi ketinggian bangunan



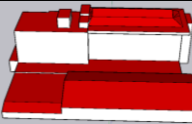
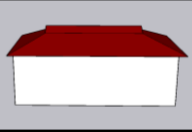

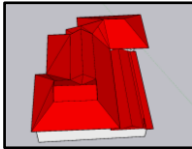
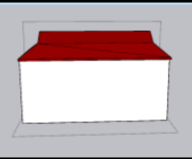
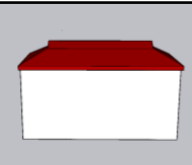
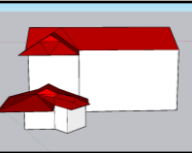
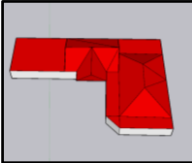
Nama Gedung	Pemodelan 3D (m)	Point cloud (m)	selisih (m)
Pos Satpam	5.2	4	1.2
LPMB	16.7	16.5	0.2
Rektorat	11	11	0
Teknik Sipil	8.3	6.8	1.5
SIM	6.3	6.4	0.1
Teknik Sipil 2	6.6	8.1	1.5
Aula ITN Malang	15	14.1	0.9
Pascasarjana	11.1	10.3	0.8
Perpustakaan Pascasarjana	13.2	13.3	0.1
Teknik PWK	13.1	14.08	0.98
Teknik PWK 2	13.7	14.42	0.72
Teknik Lingkungan	16.4	17.4	1
Laboratorium Hidrolika	13.4	14	0.6
Pusat Karir	6.4	8	1.6
Laboratorium Kimia	15	14.9	0.1
Arsitek	22.4	22.1	0.3
Teknik Geodesi	18.4	18	0.4
Perpustakaan	14	13.6	0.4
Kantin FTSP	3.8	5	1.2

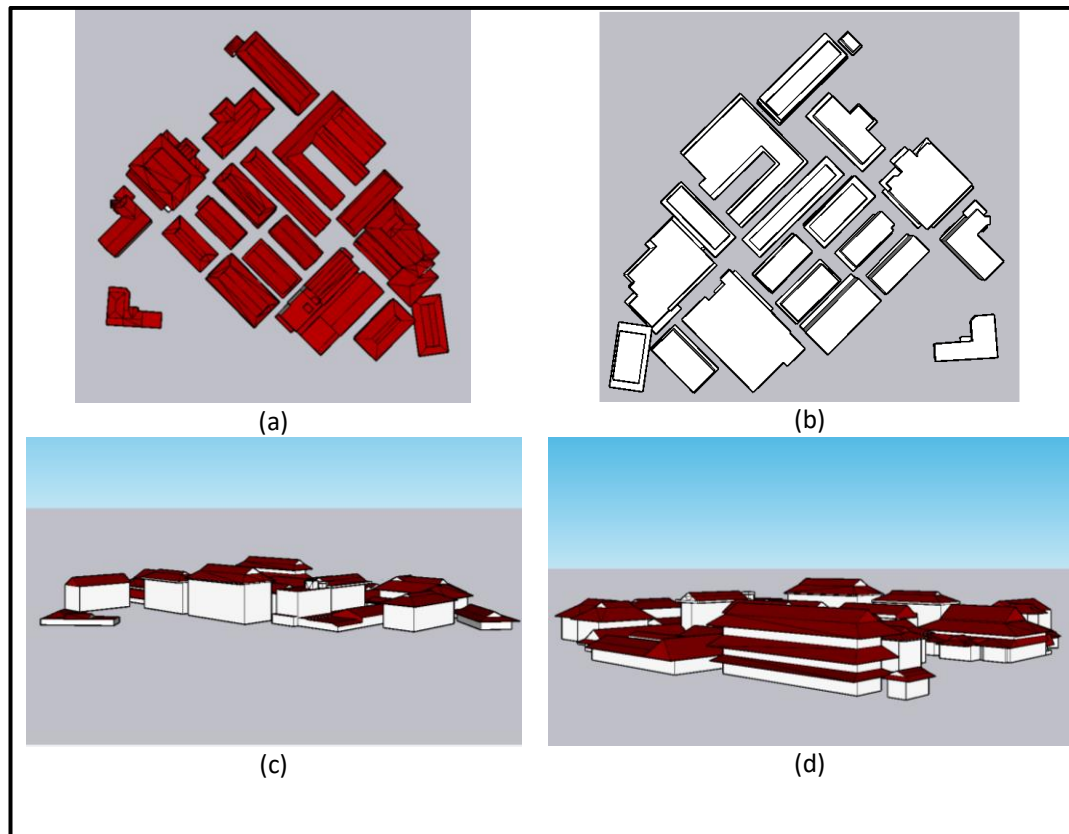
IV.2 Validasi Pemodelan 3D LoD 2 terhadap CityGML

Proses validasi pemodelan tiga dimensi pada LoD 2 terhadap CityGML menggunakan *plugins* Solid Inspector pada *software* Sketchup Pro2022. Validasi hasil pemodelan tiga dimensi ini dilakukan untuk melihat kepadatan terhadap model yang telah dibuat sehingga dapat dilakukan proses klasifikasi CityGML pada model dengan menggunakan *plugins* Geo-Res CityGML. Pada **Tabel 4.3** merupakan hasil dari validasi pemodelan tiga dimensi.

Tabel 4. 3 Validasi terhadap kesolidan bangunan

No	Nama bangunan	Visualisasi	Keterangan
1	Pos Satpam		Solid
2	LPMB		Solid
3	Rektorat		Solid
4	Teknik Sipil		Solid
5	SIM		Solid
6	Teknik Sipil 2		Solid
7	Aula ITN Malang		Solid
8	Pascasarjana		Solid
9	Perpustakaan Pascasarjana		Solid

No	Nama bangunan	Visualisasi	Keterangan
10	Teknik PWK		Solid
11	Teknik PWK 2		Solid
12	Teknik Lingkungan		Solid
13	Laboratorium Hidrolika		Solid
14	Pusat Karir		Solid
15	Laboratorium Kimia		Solid
16	Arsitek		Solid
17	Teknik Geodesi		Solid
18	Perpustakaan		Solid
19	Kantin FTSP		Solid



Gambar 4. 1 Tampilan visualisasi pemodelan 3D, (a) Tampak atas, (b) Tampak bawah, (c) Tampak depan, dan (d) Tampak belakang.

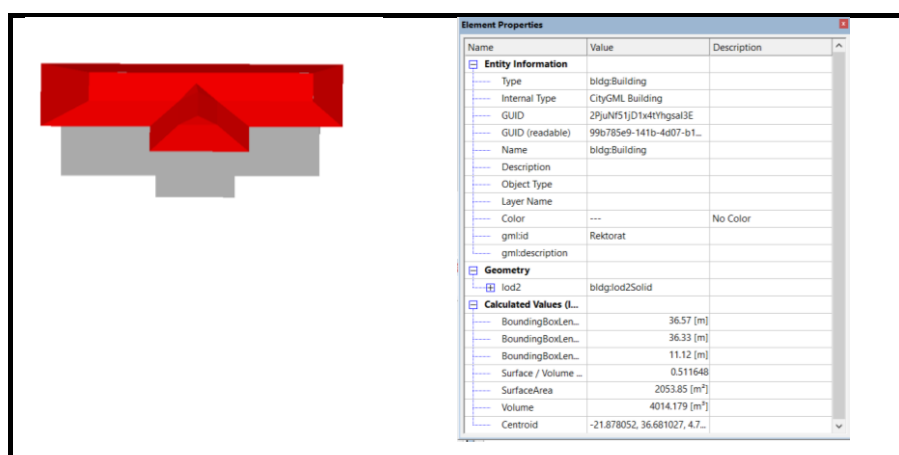
IV.3 Hasil visualisasi pemodelan bangunan 3D Citygml dalam LOD 2

Proses pembuatan script CityGML didapatkan dari proses pengklasifikasian jenis LoD, *Ground surfaces*, *Wall surfaces*, dan *Roof surfaces* dengan menggunakan Geo-res CityGML. Pada **Tabel 4.3** menunjukkan komponen hasil dari script CityGML serta pada **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3** merupakan contoh hasil dari visualisasi CityGML serta informasi yang terdapat pada bangunan

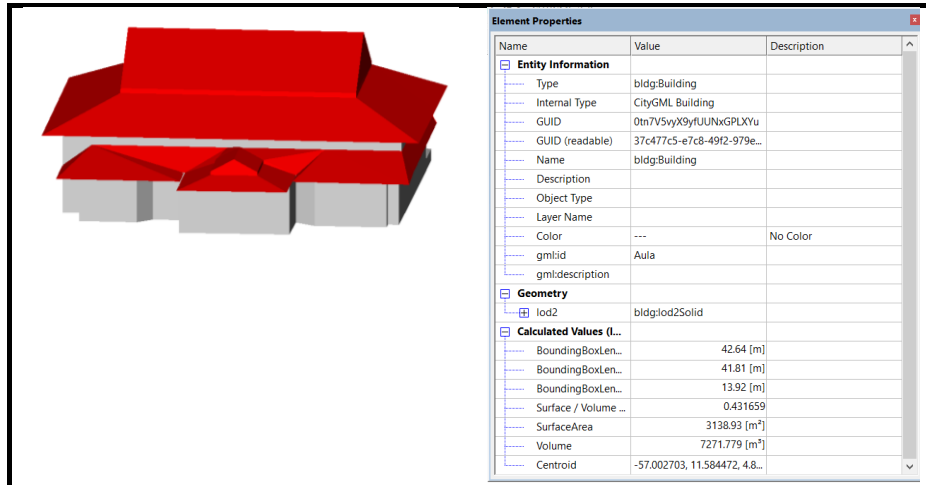
Tabel 4. 4 Komponen script CityGML

No	Kode	Keterangan
1	<bldg:boundedBy>	Merupakan koding untuk memulai dan mengakhiri dalam satu id.
2	<bldg:Building gml:id="Rektorat">	Merupakan koding yang menunjukkan id pada bangunan.

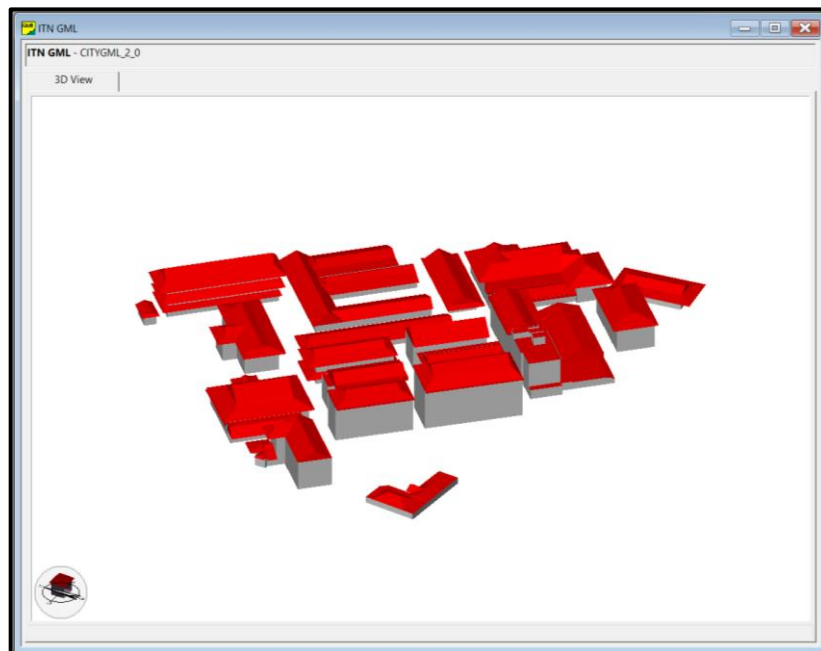
No	Kode	Keterangan
3	<bldg:WallSurface gml:id="UUID_WallSurface_44_648162_422511">	Merupakan coding yang menunjukkan id pada <i>wall surface</i> .
4	<bldg:GroundSurface gml:id="UUID_GroundSurface_1761_751991_351106">	Merupakan coding yang menunjukkan id pada <i>Ground surface</i> .
5	<bldg:RoofSurface gml:id="UUID_RoofSurface_144_118511_398176">	Merupakan coding yang menunjukkan id pada <i>Roof surface</i> .
6	<bldg:lod2Solid>	Merupakan coding yang menunjukkan bahwa bangunan tersebut jenis lod2 solid.
7	<gml:Solid>	Menunjukkan bahwa bangunan tersebut solid.
8	<gml:CompositeSurface>	Menunjukkan komposit yang terdapat pada bangunan.
9	</gml:Polygon>	Menunjukkan bahwa bangunan berbentuk polygon.



Gambar 4. 2 visualisasi CityGML pada gedung Rektorat



Gambar 4. 3 visualisasi CityGML pada gedung Aula

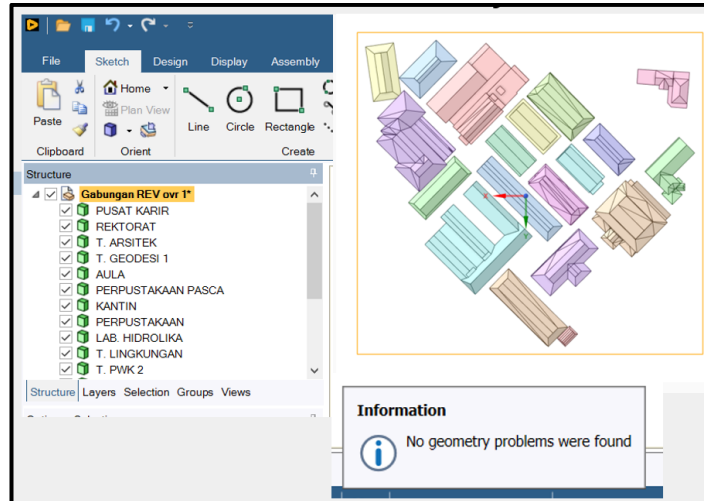


Gambar 4. 4 Visualisasi pemodelan 3D CityGML LOD 2 di FZKViewer

IV.4 Hasil simulasi aliran udara CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

a. Pre-pesesor

- Geometri



Gambar 4. 5 Cek Geometri

- Perhitungan domain pada geometri

$$H_{Max} = 22.4 \text{ m}$$

$$lu = 5 \times H_{max} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$lu = 5 \times 22.4$$

$$lu = 112 \text{ m}$$

$$ld = 5 \times H_{max} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$ld = 5 \times 22.4$$

$$ld = 112 \text{ m}$$

$$L = 15 \times H_{max} \dots \dots \dots (4.3)$$

$$L = 15 \times 22.4$$

$$L = 336 \text{ m}$$

Tinggi domain

$$h = 6 \times H_{max} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$h = 6 \times 22.4$$

$$h = 134.4 \text{ m}$$

Keterangan :

H_{Max} = Ketinggian Gedung paling tinggi

lu = Inlet

ld = kanan dan kiri bangunan

L = outlet

h = Ketinggian domain

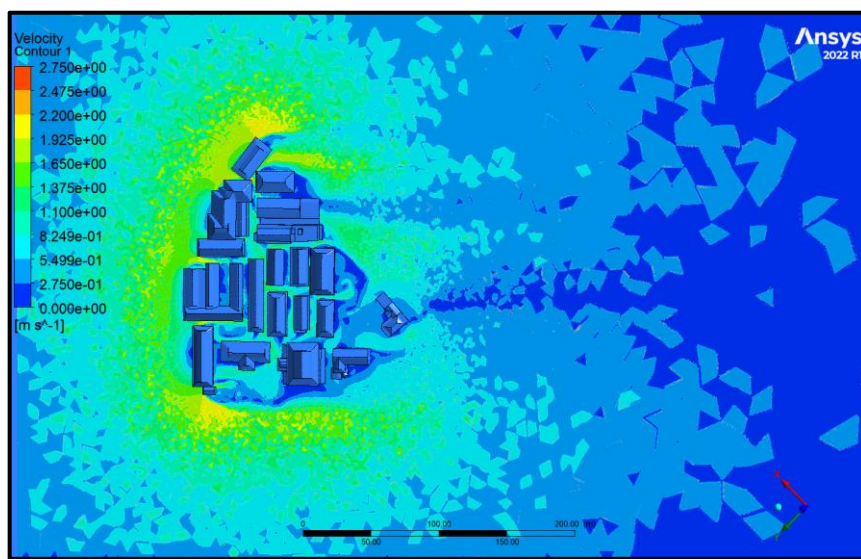
b. Prosesor

Pada tahap prosesor dilakukan proses meshing, tahap proses meshing didapatkan ukuran mesh yang digunakan yaitu :

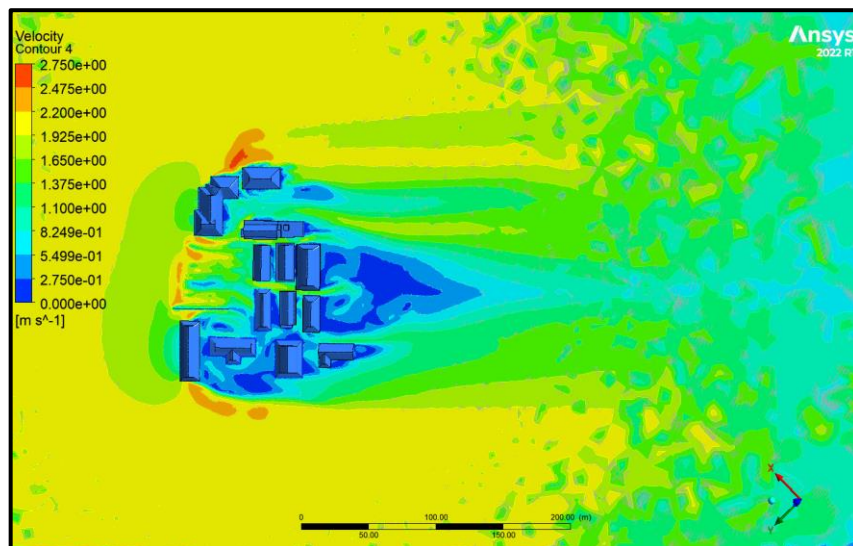
Tabel 4. 5 ukuran mesh pada model simulasi

Keterangan	Ukuran
Ukuran mesh all domain	10 m
Ukuran mesh pada gedung	0.85m

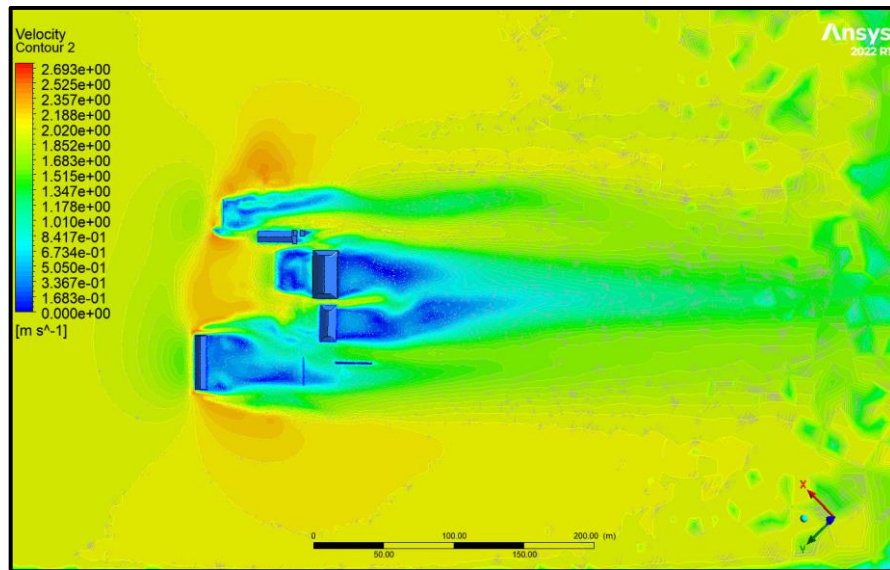
c. Pos prosesor



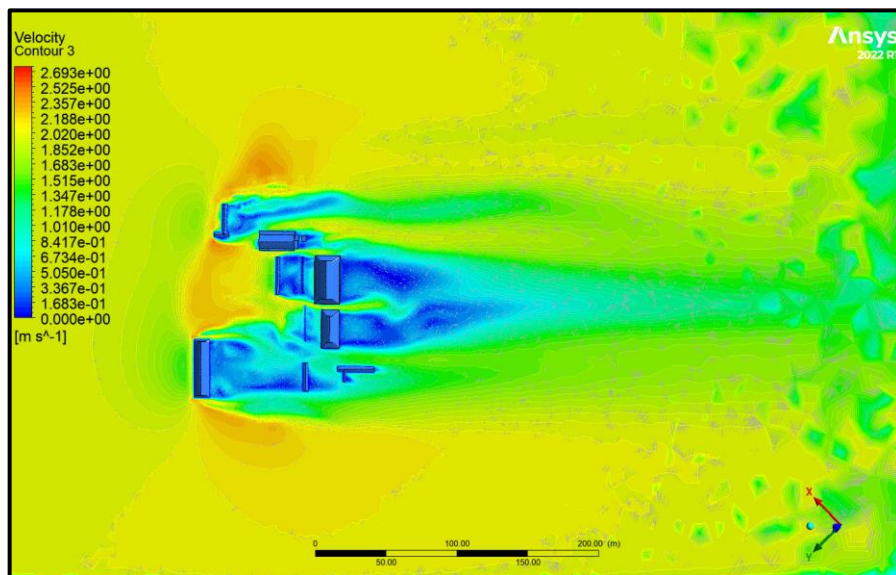
Gambar 4. 6 Hasil simulasi CFD pada ketinggian 1.5 m.



Gambar 4. 7 Hasil simulasi CFD pada ketinggian 8 m.



Gambar 4. 8 Hasil simulasi CFD pada ketinggian 13 m.



Gambar 4. 9 Hasil simulasi CFD pada ketinggian 11.8 m.

Dari gambar diatas menunjukkan hasil pemodelan simulasi aliran udara bahwa kecepatan angin saat mulai mendekati bangunan akan mengalami kenaikan kecepatan dan saat angin setelah melewati bangunan mengalami penurunan kecepatan .

IV.5 Hasil *Root Mean Square Error (RMSE)*

Adapun hasil perhitungan dari nilai RMSE sebagai berikut :

- Hasil saat angin berada didepan gedung

Tabel 4. 6 Hasil perhitungan nilai RMSE

Nama Gedung	Kecepatan Angin Maksimal (m/s)		ketinggian (m)	Error	Square of Error
	Observasi	Simulasi			
Kantin	1.6	0.59	1.5	1.01	1.0201
Perpustakaan A	1.1	0.6	1.5	0.5	0.25
Perpustakaan B	1.8	0.54	1.5	1.26	1.5876
Perpustakaan C	0.5	0.56	1.5	-0.06	0.0036
Aula A	0.5	0.6	1.5	-0.1	0.01
Aula B	0.7	0.84	1.5	-0.14	0.0196
Pos Satpam A	1.1	0.914	1.5	0.186	0.034596
Pos Satpam A1	1.3	1.4	1.5	-0.1	0.01
Rektorat	0.6	0.31	1.5	0.29	0.0841
Sipil A	1.1	1.13	1.5	-0.03	0.0009
Sipil B	1.4	1.4	1.5	0	0
Sipil C	0.2	0.3	1.5	-0.1	0.01
Sipil 2	1.1	0.34	1.5	0.76	0.5776
Lpmb A	1.2	0.79	10	0.41	0.1681
Lpmb A1	1.4	0.82	10	0.58	0.3364
Lab KIMIA	0.8	0.35	1.5	0.45	0.2025
Pusat Karir	0.8	0.59	1.5	0.21	0.0441
Lp2k	1.2	0.6	1.5	0.6	0.36
Geodesi A	1.4	0.2	11.8	1.2	1.44
Geodesi B	1.5	0.2	11.8	1.3	1.69
Lingkungan A	1.3	0.3	11.8	1	1
Lingkungan B	1	0.2	13	0.8	0.64
Lingkungan C	0.9	0.3	13	0.6	0.36
Pascasarjana A	0.8	0.92	1.5	-0.12	0.0144
Sim	1.2	0.65	1.5	0.55	0.3025
Perpustakaan Pascaarjana	0.9	0.1	8	0.8	0.64
Arsitek	1.2	0.2	14	1	1
Total					11.806096
RMSE					0.661258508

- Hasil saat angin berada belakang gedung

Tabel 4. 7 Hasil perhitungan nilai RMSE

Nama Gedung	Kecepatan Angin Maksimal (m/s)		ketinggian (m)	Error	Square of Error
	Observasi	Simulasi			
Kantin	1.5	0.4	1.5	1.1	1.21
Perpustakaan A1	0.6	0.3	1.5	0.3	0.09
Perpustakaan B1	1.5	0.553	1.5	0.947	0.896809
Perpustakaan C1	1.3	0.3	1.5	1	1
Aula A1	1	0.3	1.5	0.7	0.49
Aula B1	0.4	0.54	1.5	-0.14	0.0196
Pos Satpam B1	0.6	0.34	1.5	0.26	0.0676
Pos Satpam B	0.8	0.69	1.5	0.11	0.0121
Rektorat	1.4	0.84	1.5	0.56	0.3136
Sipil A1	0.2	0.4	1.5	-0.2	0.04
Sipil B2	0.8	0.65	1.5	0.15	0.0225
Sipil C1	0.5	0.5	1.5	0	0
SIPIL 2a	0.8	0.2	1.5	0.6	0.36
Lpmb B	0.5	0.32	10	0.18	0.0324
Lpmb B1	0.8	0.45	10	0.35	0.1225
Lab KIMIA	0.8	0.5	1.5	0.3	0.09
Pusat Karir	0.4	0.36	1.5	0.04	0.0016
Lp2k	0.7	0.3	1.5	0.4	0.16
Geodesi A	1.1	0.04	11.8	1.06	1.1236
Geodesi B1	1.4	0.1	11.8	1.3	1.69
Lingkungan A1	1.1	0.2	11.8	0.9	0.81
Lingkungan B1	1.2	0.8	13	0.4	0.16
C1	1.1	0.9	13	0.2	0.04
Pascasarjana A1	0.6	0.82	1.5	-0.22	0.0484
Sim	0.9	0.5	1.5	0.4	0.16
Perpustakaan Pascasarjana	1	0.2	8	0.8	0.64
Arsitek	1.1	0.3	14	0.8	0.64
Total					10.24071
RMSE					0.615862

Tabel 4. 8 Jarak alat saat observasi

No	Nama Gedung	Jarak Alat (m)
1	Kantin A-B	8.19
2	Perpustakaan A-A1	11.25
3	Perpustakaan B-B1	28.52
4	Perpustakaan C-C1	27.95
5	Aula A-A1	27.8
6	Aula B-B1	27.9
7	Pos Satpam A-B	11.08
8	Pos Satpam A1-B1	11.08
9	Rektorat A-B	34.87
10	Sipil A-A1	44.41
11	Sipil B-B1	28.66
12	Sipil C-C1	11.8
13	Sipil 2a-B	10.15
14	Lpmb A-B	15.83
15	Lpmb A1-B1	15.83
16	Lab KIMIA A-B	33.14
17	Pusat Karir A-B	27.39
18	Lp2k A-B	32.86
19	Geodesi A-A1	12.81
20	Geodesi B-B1	12.91
21	Lingkungan A-A1	44.87
22	Lingkungan B-B1	16.45
23	Lingkungan C-C1	18.1
24	Pascasarjana A-B	12.81
25	Sim A-B	11.03
26	Perpustakaan Pascaarjana A-B	11
27	Arsitek A-B	17.18

perhitungan RMSE dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi aliran udara CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan data observasi lapangan yang diambil menggunakan alat Hand Anemometer Digital. Dari hasil perbandingan yang dilakukan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil dari simulasi aliran udara CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada bangunan yaitu:

1. Ketinggian bangunan saat pengambilan data kecepatan angin maksimal dengan menggunakan hand anemometer digital sangat mempengaruhi nilai kecepatan yang dihasilkan

2. Ketinggian *plane* yang dibuat pada simulasi sangat mempengaruhi nilai kecepatan angin yang didapatkan.
3. Semakin rapat suatu bangunan maka angin yang melewati semakin menurun.
4. Angin yang melewati sebelum dan sesudah gedung memiliki nilai kecepatan yang berbeda.