

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tinjauan Umum Kota Malang

Secara umum Kota Malang berada di Jawa Timur terletak pada posisi 112.06 – 112.07 BT, 7.06 – 8.02 LS. Lokasinya berada di tengah – tengah wilayah Kabupaten Malang. Batas wilayahnya meliputi :

- Utara : Kecamatan Singosari dan Karangploso Kab. Malang
- Timur : Kecamatan Pakis dan Tumpang Kab. Malang
- Selatan : Kec, Tajinan dan Pakisaji Kab. Malang
- Barat : Kec Wagir dan Dau Kab. Malang

Kota Malang terbagi ke dalam lima kecamatan yaitu : Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing, dan Lowokwaru.

#### 4.1.1 Data Iklim Kota Malang

Berdasarkan data iklim yang diperoleh dari Badan Meterologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso data iklim Kota Malang mengenai kecepatan angin, temperatur udara, lembab nisbi setiap bulan selama satu tahun 2014 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Kecepatan angin (km/jam) selama satu tahun

Bulan	Kecepatan Angin (km/jam)	
	Maksimal	Rata-rata
Januari	34.2/270	7.7
Februari	36.0/270	7.6
Maret	28.8/45	5.2
April	28.8/45	4.9
Mei	27.0/45	5.6
Juni	30.6/45	6.7
Juli	34.2/45	6.8
Agustus	25.2/90	8.1
September	28.8/180	8.3
Oktober	39.6/45	7.7
November	39.6/45	5.4
Desember	15/90	2.1

Sumber : Badan Meterologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso (2014)

Tabel 4.2 temperatur udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) selama satu tahun

Bulan	Suhu/Temperatur $^{\circ}\text{C}$				
	Rata-rata	Maksimal	Minimal	Maksimal Absolut	Minimal Absolut
Januari	24.1	28.2	21.4	30.3	19.8
Februari	23.9	28.4	21.1	31.5	19.6
Maret	23.3	28.1	20.5	29.8	18.3
April	23.4	27.9	20.6	30.5	18.4
Mei	23.5	28.0	20.4	29.7	18.0
Juni	22.1	27.1	18.1	29.4	15.3
Juli	22.0	27.5	17.8	28.9	15.0
Agustus	21.8	27.6	17.0	29.9	14.8
September	22.8	28.9	18.9	30.8	16.3
Oktober	27.4	29.8	24.3	31.4	18.0
November	24.0	28.7	20.6	30.9	19.4
Desember	24.0	28.3	21.0	30.2	19.4

Sumber : Badan Meterologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso (2014)

Tabel 4.3 Lembab nisbi (%) selama satu tahun

Bulan	Kelembaban relatif		
	Rata-rata	Maksimal	Minimal
Januari	78	98	52
Februari	79	97	44
Maret	83	98	52
April	82	97	53
Mei	79	100	48
Juni	72	91	45
Juli	72	96	41
Agustus	69	88	38
September	70	93	38
Oktober	71	94	40
November	79	96	50
Desember	83	96	54

Sumber : Badan Meterologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso (2014)

Data kecepatan angin, temperatur dan kelembapan pada daerah Malang yang termasuk beriklim tropis dapat dimanfaatkan untuk optimalisasi penghawaan alami pada ruang kelas di gedung SMA Negeri 4 Malang. Dimana kecepatan angin rata-rata tiap bulannya berkisar 6 - 8 km/jam, temperatur udara berkisar antara 22,7  $^{\circ}\text{C}$  - 25,1  $^{\circ}\text{C}$ , kelembapan udara rata-

rata berkisar 75% - 80%. Sehingga pada kondisi suhu udara tinggi zona kenyamanan masih dapat diusahakan dengan sirkulasi angin yang melalui ruangan-ruangan dalam bangunan.

Data arah angin pada objek kajian di SMA Negeri 4 Malang didapat dari BMKG Karangploso Malang. tercatat arah angin di Kota Malang bergerak dari Tenggara menuju Barat Laut dengan rata-rata kecepatan 6 - 7 km/jam.

Udara berhembus dari tenggara, sehingga penempatan bukaan inlet sebisa mungkin berada di sisi tenggara ruangan. Hal ini bertujuan agar memudahkan udara untuk masuk ke dalam ruangan

#### **4.1.2 Tinjauan Khusus SMA Negeri 4 Malang**

SMA Negeri 4 Malang terletak di Jalan Tugu Utara No.1 Malang. Berdampingan dengan SMA Negeri 1, dan SMA Negeri 3 Malang. SMA Negeri 4 Malang mengalami beberapa kali pemugaran yang tujuannya agar mampu menampung lebih banyak siswa dan guru. Terdapat total 26 ruang kelas dan 5 laboratorium yang menampung  $\pm$  766 siswa, aktif digunakan Senin-Sabtu 7-8 jam sehari (website resmi SMA4).

Berdasarkan hasil survey lapangan pada tanggal 24-27 Desember 2014, ruang-ruang kelas di SMA Negeri 4 Malang dapat dikatakan tidak nyaman secara termal. Penggunaan kipas angin di setiap ruang kelas menjadi indikasi bahwa sirkulasi udara dalam ruangan tidak berjalan dengan semestinya. Hal tersebut diperkuat dengan hasil wawancara dan pembagian kuesioner pada sejumlah siswa yang dilakukan pada tanggal 2-7 Februari 2014. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa siswa di dalam ruang kelas merasa gerah, terutama pada jam 10-keatas, sehingga perlu untuk menggunakan penghawaan buatan mekanikal yaitu kipas angin.

### 4.1.3 Eksisting Lingkungan SMA Negeri 4 Malang



Gambar 4.1 Bangunan Sekitar Gedung SMA Negeri 4 Malang

Bangunan gedung SMA Negeri 4 Malang terletak di lingkungan Tugu Kota Malang, dikelilingi oleh beberapa bangunan diantaranya :

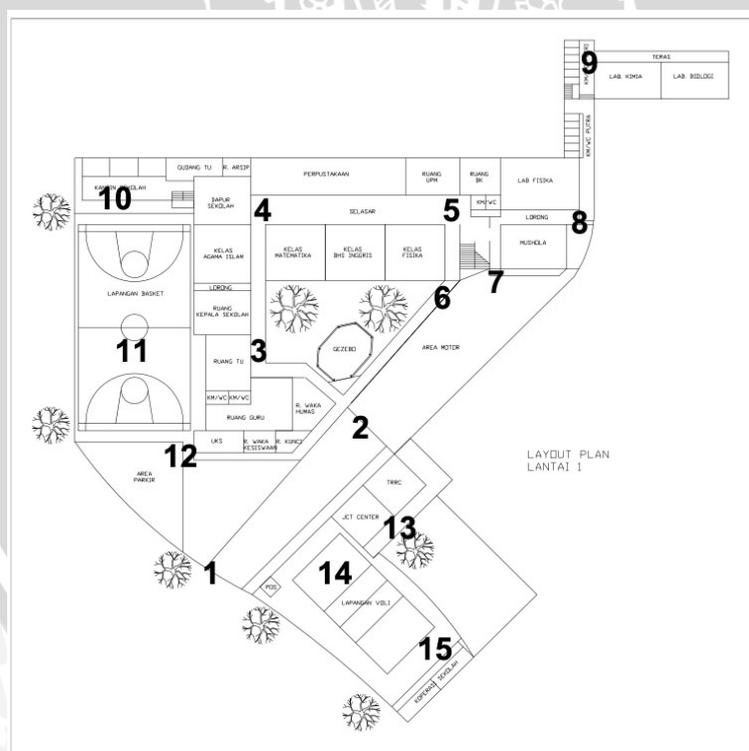
- Sebelah Utara : “Omah Mode”, yakni bangunan kolonial yang sekarang difungsikan sebagai took pakaian, dengan tinggi bangunan  $\pm 7$  m.
- Sebelah Timur : Bangunan sekolah, yakni SMA Negeri 1 Malang dengan ketinggian  $\pm 20$  m.
- Sebelah Selatan : Jalan raya yang berbatasan langsung alun – alun tugu Kota Malang
- Sebelah Barat : Pertigaan jalan raya yang berbatasan dengan gedung skodam, tinggi  $\pm 15$  meter

Dari data tersebut didapat bahwa yang memiliki pengaruh cukup banyak terhadap pergerakan pola angin terhadap gedung SMA Negeri 4 Malang adalah gedung SMA Negeri 1 yang berada di sebelah timur objek kajian. Sedangkan utara, barat, dan selatan tidak berpengaruh cukup banyak terhadap kondisi angin pada gedung SMA Negeri 4 Malang.

#### 4.2 Analisis Kondisi Eksisting SMA Negeri 4 Malang

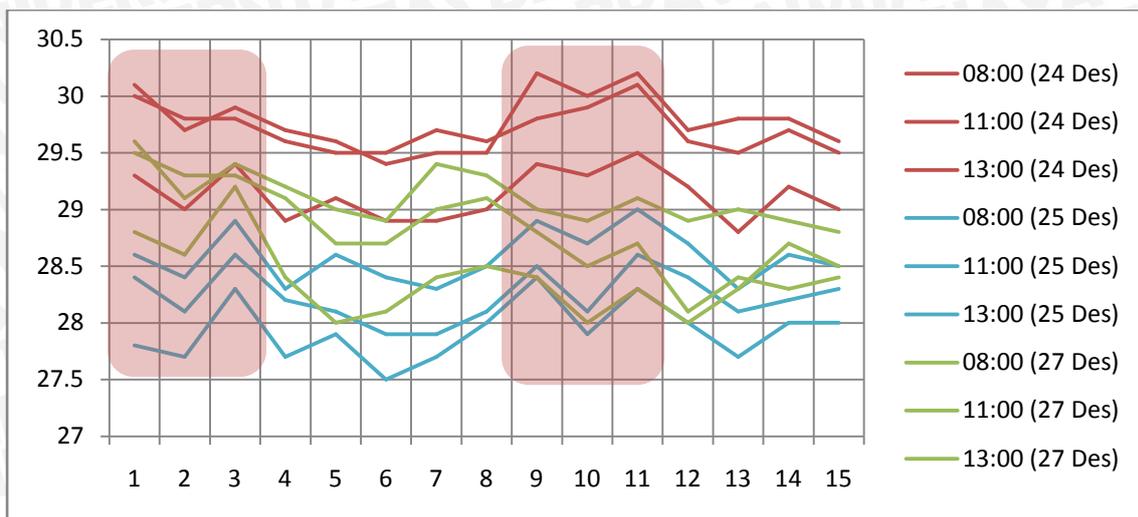
Pengukuran langsung dilakukan untuk mengetahui kecepatan angin yang ada di lapangan. Data yang diperlukan meliputi suhu, kelembaban, dan kecepatan angin pada tapak. Data – data yang diperoleh nantinya digunakan untuk bahan input simulasi software.

Pengukuran dilakukan selama 3 hari, yakni tanggal 24, 25, 27 bulan Desember 2014. dan dilakukan pada jam 08.00, 11.00, dan 13.30. Titik – titik pengukuran dilakukan di beberapa spot dalam tapak. Pengukuran dilakukan pada selasar dan lorong – lorong sekolah, serta ruang – ruang terbuka seperti lapangan dan roof garden. Berikut titik – titik pengukuran pada bangunan di lantai 1.

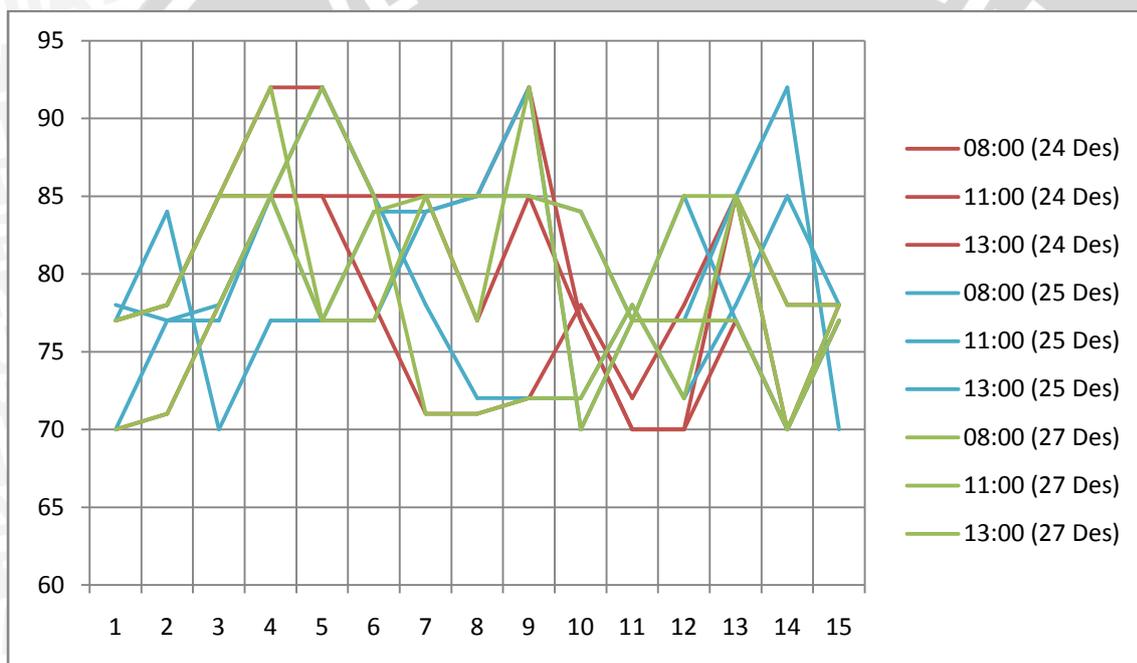


Gambar 4.2 Titik – titik pengukuran suhu, kelembaban dan kecepatan udara pada lantai 1

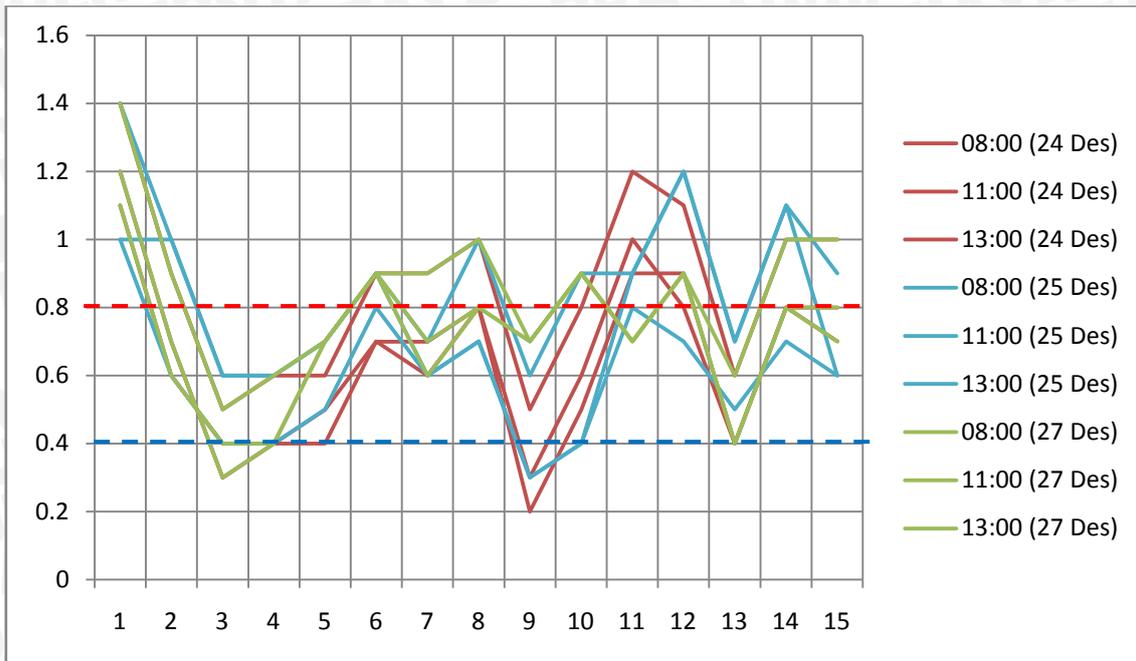
Berikut rekap diagram hasil observasi suhu, kelembaban dan kecepatan angin pada lantai 1 SMA Negeri 4 Malang tanggal 24, 25, dan 27 Desember 2014



Gambar 4.3 Grafik Suhu (000C) pada Titik – Titik Pengukuran



Gambar 4.4 Grafik Kelembaban Udara (%) pada Titik – Titik Pengukuran



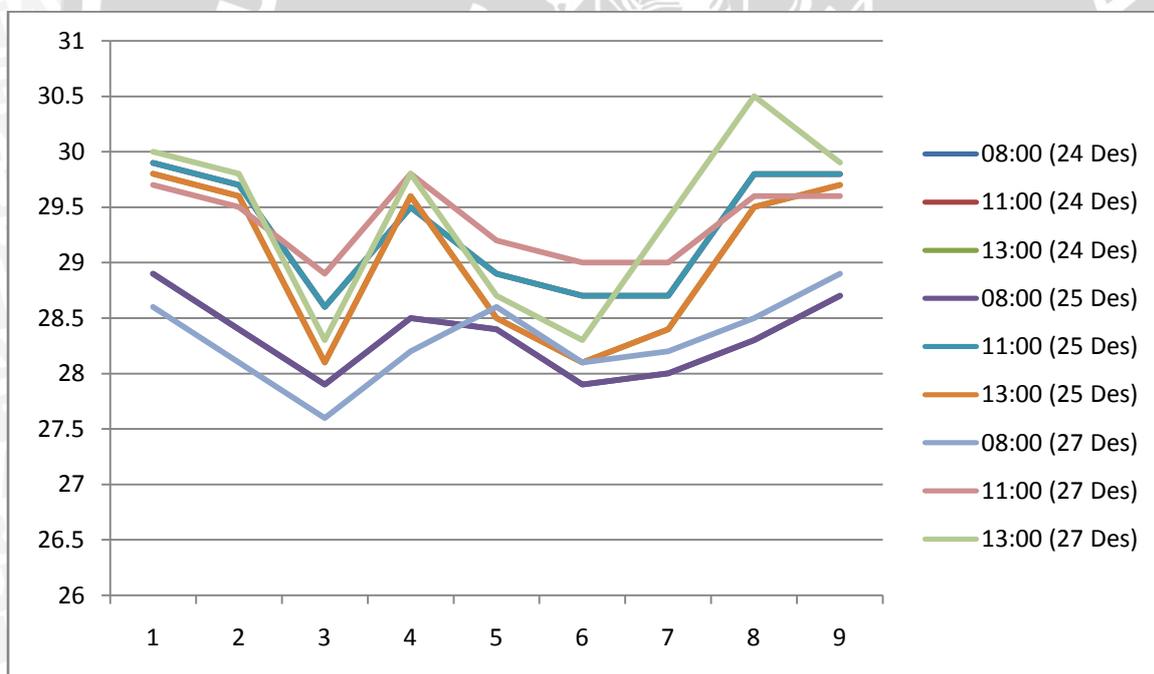
Gambar 4.5 Kecepatan Angin (m/s) pada Titik – Titik Pengukuran

Dari hasil pengukuran kecepatan angin pada lantai 1, angin yang bergerak paling kencang (0.8 m/s ke atas) berada pada titik 1, 6, 8, 10, 11, 12, dan 14. Angin yang berhembus kencang berada di area – area terbuka seperti lapangan dan lorong – lorong bangunan tanpa penutup atap. Sedangkan angin lemah (0.4 m/s ke bawah) berada di titik 3, 4 dan 13. Titik – titik tersebut berada di lorong – lorong kelas yang tertutup atap.

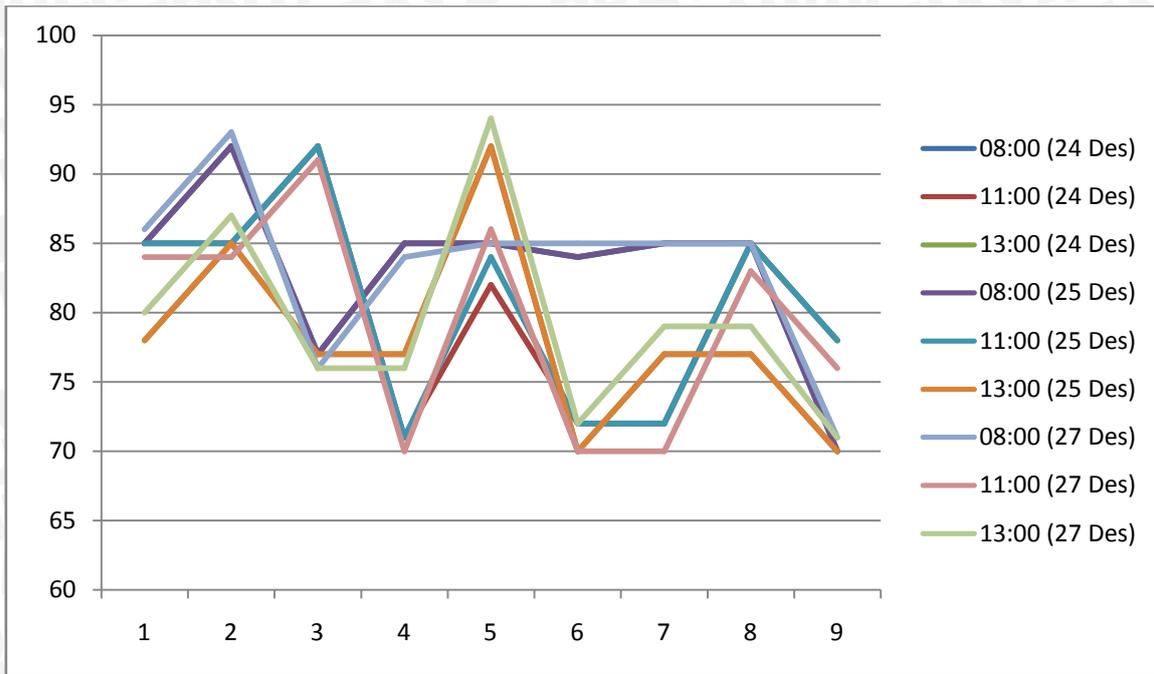
Ruang kelas yang berada di dekat titik 1, 6, 8, 10, 11, 12, dan 14 anginnya perlu direduksi sebelum masuk ke dalam ruang kelas. Pereduksian bisa memanfaatkan vegetasi atau menambahkan sirip pada bangunan.



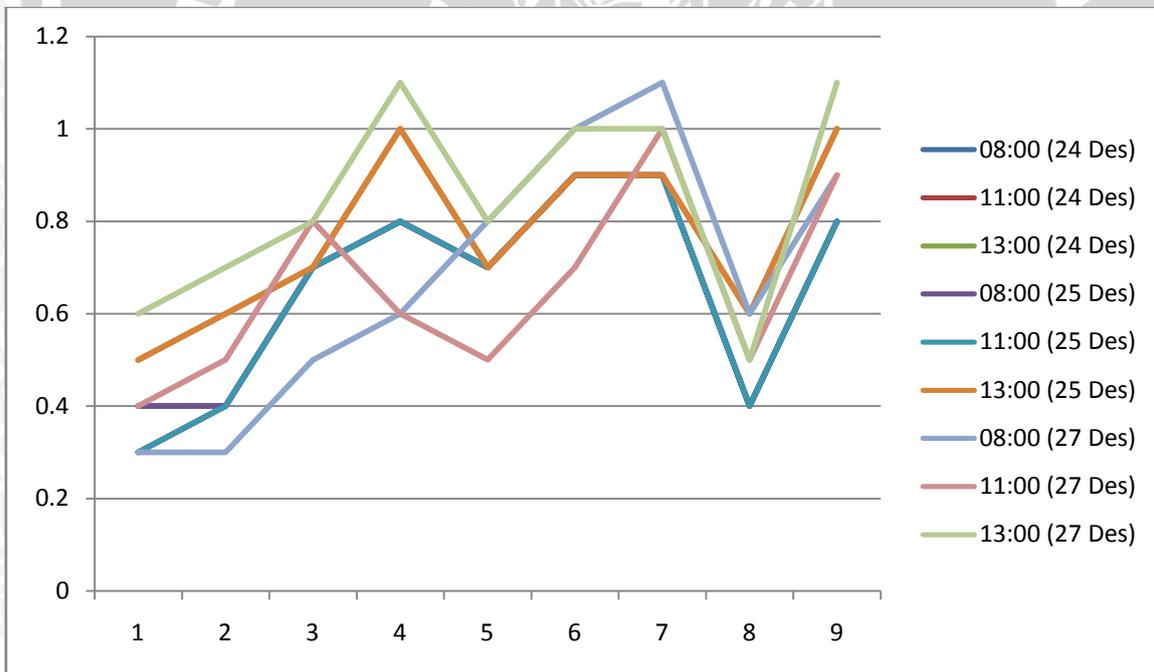
Gambar 4.6 Titik – titik pengukuran suhu, kelembaban dan kecepatan udara pada lantai 2



Gambar 4.3 Grafik Suhu (000C) pada Titik – Titik Pengukuran

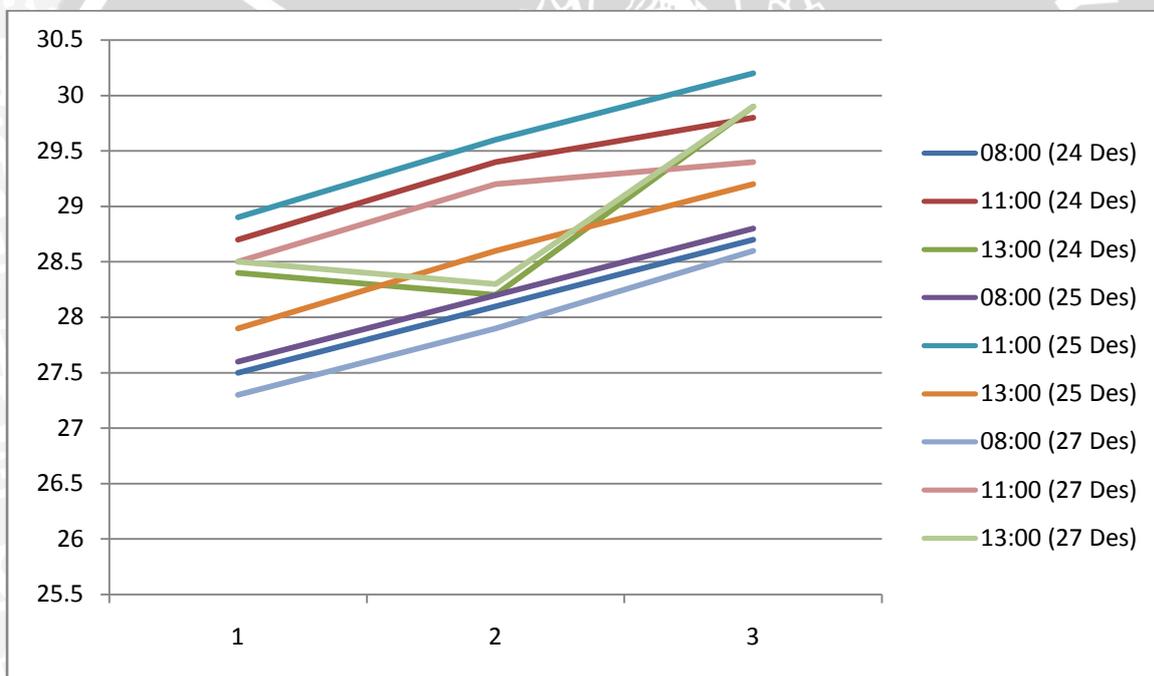
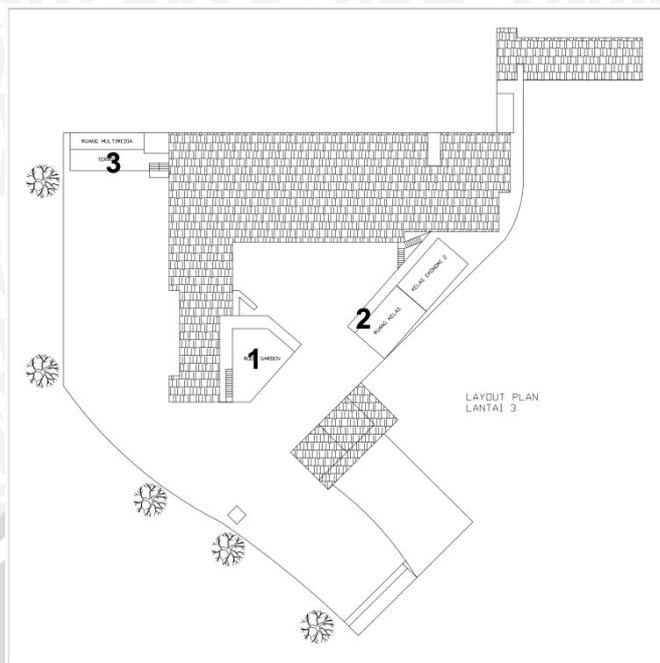


Gambar 4.4 Grafik Kelembaban Udara (%) pada Titik – Titik Pengukuran



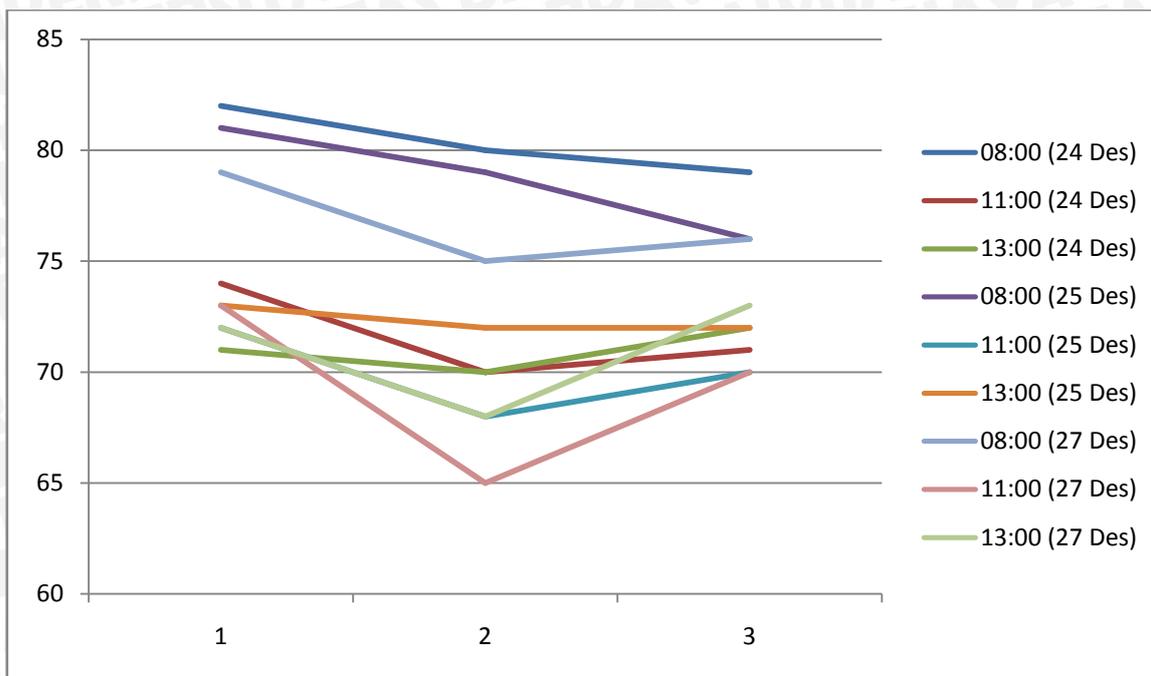
Gambar 4.5 Kecepatan Angin (m/s) pada Titik – Titik Pengukuran

Dari hasil pengukuran lantai 2, angin yang bergerak paling kencang (0.8 m/s ke atas) berada pada titik 4, 6, 7, dan 9. Angin yang berhembus kencang berada di area – area lorong – lorong bangunan tanpa penutup atap. Sedangkan angin lemah (0.4 m/s ke bawah) berada di titik 1, 2, dan 8. Titik – titik tersebut berada di lorong – lorong buntu yang tertutup atap.

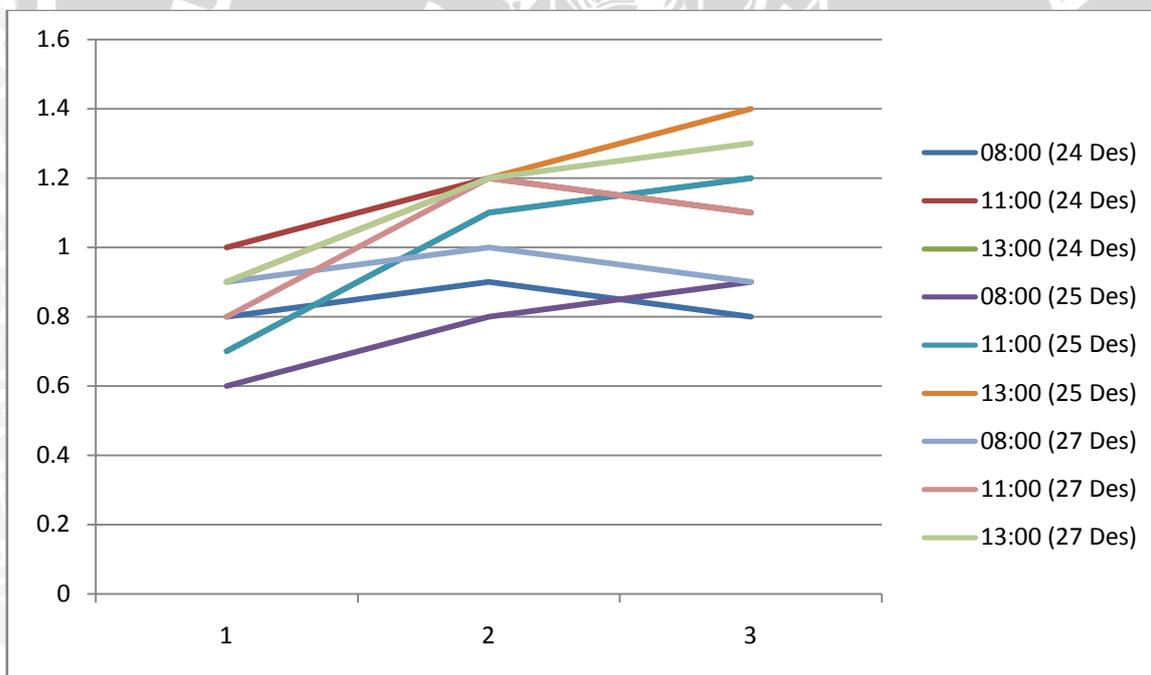


Gambar 4.3 Grafik Suhu (000C) pada Titik – Titik Pengukuran





Gambar 4.4 Grafik Kelembaban Udara (%) pada Titik – Titik Pengukuran

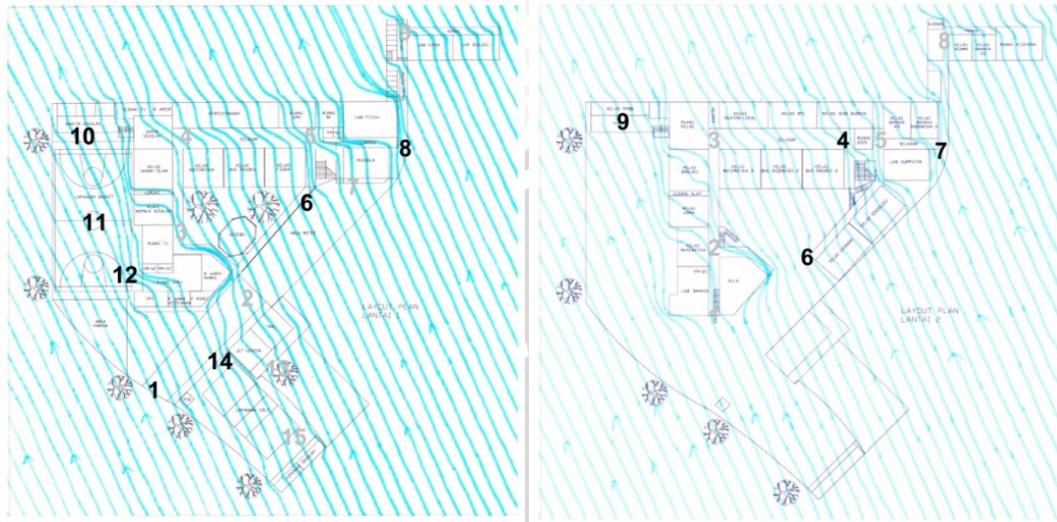


Gambar 4.5 Kecepatan Angin (m/s) pada Titik – Titik Pengukuran

Ruang – ruang kelas yang bukaan inletnya terkena angin – angin kencang perlu direduksi kecepatannya dengan merekayasa penempatan bukaan ventilasi dan pemilihan jenis ventilasi. Begitu juga ruang – ruang kelas yang terkena angin lemah, kecepatan angin yang memasuki ruangan perlu ditambah dengan memperbesar bukaan.

#### 4.2.1 Pola Pergerakan Angin

Dari data yang diperoleh dari BMKG Karangploso (2014) pada bulan Desember 2014, angin berhembus dari tenggara menuju barat laut dengan kecepatan rata – rata 2.1 m/s.



Gambar 4.7 Pola pergerakan angin pada gedung sekolah

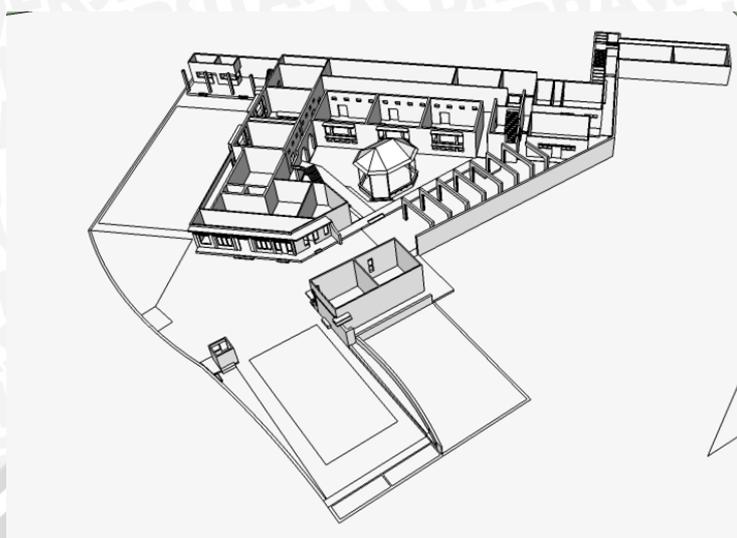
Angin berhembus mengenai sekolah, melewati atas bangunan dan lorong – lorong di sekolah, serta melewati jendela ventilasi pada tiap ruangan. Sehingga angin yang menerpa sekolah dapat dimanfaatkan untuk penghawaan alami ruang kelas.

Tidak semua angin yang melewati ruang kelas berasal dari tenggara, hal ini disebabkan oleh adanya lorong – lorong kelas yang membelokkan arah gerak angin. Sehingga pada eksperimen simulasi angin perlu diperhatikan arah dan kecepatan angin yang menerpa pada tiap – tiap ruang kelas.

#### 4.2.2 Kondisi per-Lantai pada Sekolah

SMA Negeri 4 Malang memiliki jumlah total 25 ruang kelas, dengan rincian 4 ruang kelas berada di lantai 1, 18 berada di lantai 2, dan sisanya berada di lantai 3. Memiliki karakteristik yang berbeda – beda, dan dapat digolongkan menjadi 13 tipe, yakni sebagai berikut.

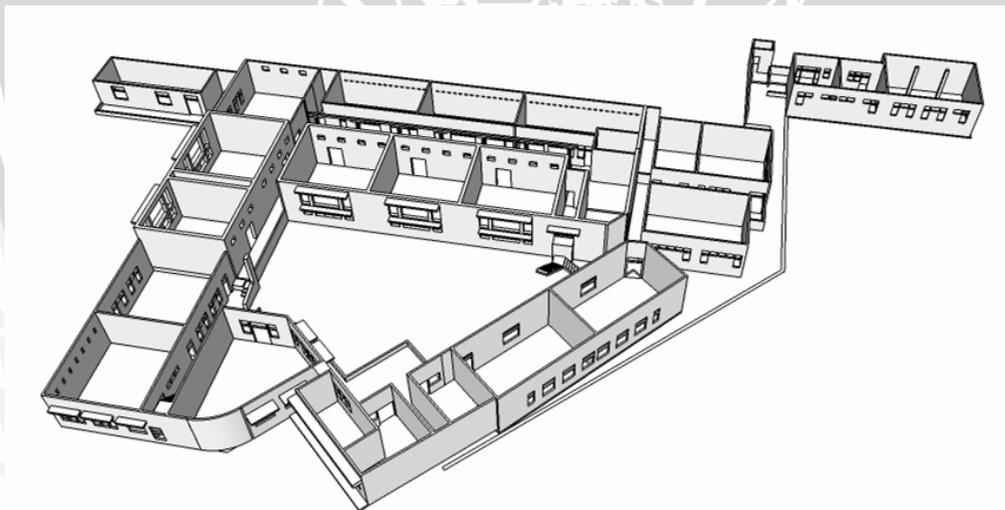
### a. Lantai 1



Gambar 4.8 Perspektif Lantai 1 Gedung SMA Negeri 4 Malang

Pada lantai 1 gedung SMAN 4 terdapat 4 ruang kelas yakni kelas agama Islam, matematika, bahasa Inggris 1, dan Fisika. 4 kelas tersebut memiliki karakteristik yang sama, sehingga dapat dikelompokkan menjadi 1 tipe.

### b. Lantai 2



Gambar 4.9 Perspektif Lantai 2 Gedung SMA Negeri 4 Malang

Pada lantai 2 gedung SMAN 4 terdapat 18 ruang kelas, yakni kelas PPKn, biologi, kimia, matematika 2, matematika 3, kelas muatan lokal, bahasa Indonesia, bahasa Indonesia 2, bahasa Inggris 2, seni budaya, kesenian, ruang IPA, IPS, bahasa XII, kelas

ekonomi, sosiologi, dan kelas agama. Terdapat 13 tipe ruang kelas dengan karakteristik yang berbeda.

### c. Lantai 3



Gambar 4.10 Perspektif Lantai 3 Gedung SMA Negeri 4 Malang

Pada lantai 3 terdapat 3 kelas, yakni kelas ekonomi, matematika, dan geografi. 3 ruang kelas ini dapat diklasifikasikan menjadi 3 tipe, seperti yang ada di lantai 1 dan 2.

#### 4.2.3 Vegetasi

Terdapat beberapa jenis vegetasi di lingkungan sekitar maupun di dalam sekolah. Beberapa diantaranya memiliki tajuk yang besar sehingga mempengaruhi laju angin terhadap bangunan.



Gambar 4.11 Foto vegetasi pepohonan dengan tajuk besar

Di luar depan sekolah, terdapat pohon trembesi dengan tajuk yang besar, memiliki diameter  $\pm 25$  meter. Hal ini berdampak pada berkurangnya kecepatan angin yang datang di gedung sekolah.

Kemudian terdapat pohon akasia dengan tajuk yang diameternya  $\pm 12$  meter. Hal ini menyebabkan terhalangnya angin datang dari sisi sebelah timur bangunan sekolah. Selain

itu juga terdapat beberapa pohon lain yang menghalangi bukaan – bukaan pada ruang kelas.



Gambar 4.12 Foto vegetasi perdu

Selain pohon bertajuk besar, terdapat juga tanaman – tanaman kecil sejenis perdu dan semak yang ditanam di lingkungan sekolah dan diletakkan dalam pot – pot. Berfungsi sebagai vegetasi penyejuk dan penambah estetika bangunan. Keberadaannya tidak begitu mempengaruhi kondisi/kecepatan angin yang berhembus di bangunan, sehingga pada proses simulasi dapat diabaikan.

#### 4.2.4 Pencahayaan Bangunan

Gedung SMA Negeri 4 Malang mengalami beberapa kali renovasi. Dimana bangunan baru “ditempelkan” pada bangunan lama (asli). Namun sayangnya renovasi tidak dilakukan secara terencana, sehingga berdampak juga pada pencahayaan ruangnya.



Gambar 4.13 Pencahayaan Buatan Ruangan

Sebagian kelas di lantai 1 tidak mendapatkan cahaya alami secara optimal seperti sebelumnya. Hal ini disebabkan bangunan baru menghalangi terang langit yang masuk ke

dalam ruangan. Sebagian kelas di lantai 2 juga mengalami hal serupa, cahaya alami sulit untuk masuk ke ruangan, sehingga selalu memerlukan pencahayaan buatan.

#### 4.2.5 Kebisingan Lingkungan

SMA Negeri 4 Malang berbatasan langsung dengan 2 (dua) jalan arteri, yaitu Jalan Suropati di sebelah barat, dan Jalan Tugu di sebelah Selatan.

Jalan Tugu memiliki tingkat kebisingan yang cukup tinggi, namun tidak berdampak banyak pada kenyamanan akustik ruang kelas. Hal ini disebabkan jarak ruang kelas terdekat dari jalan yakni  $\pm 30$  meter, cukup jauh sehingga tidak mempengaruhi kenyamanan akustik ruang. selain itu terdapat pohon trembesi di dekat jalan raya, sehingga kebisingan dari suara kendaraan bermotor dapat direduksi.



Gambar 4.14 Sumber Kebisingan Lingkungan

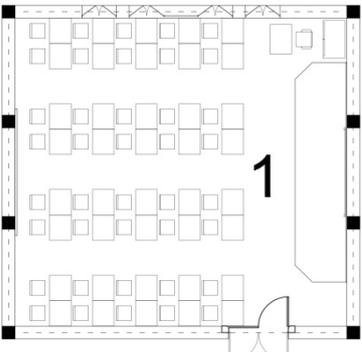
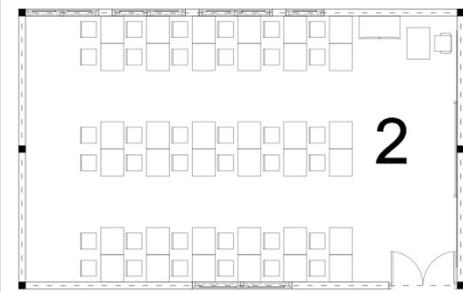
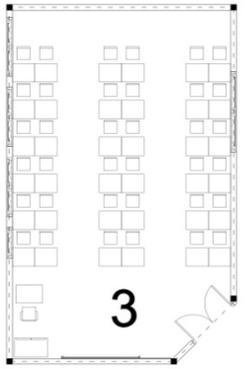
Kebisingan Jalan Suropati juga tidak berdampak banyak pada kenyamanan akustik ruang kelas. Hal ini disebabkan tidak banyak kendaraan yang melintas di Jalan Suropati, dan terdapat beberapa pohon palm putri, sehingga kebisingan dapat direduksi.

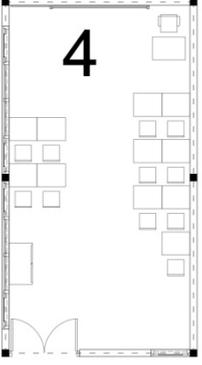
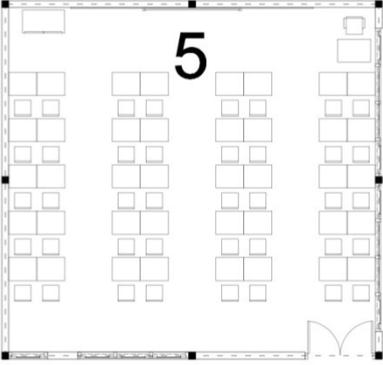
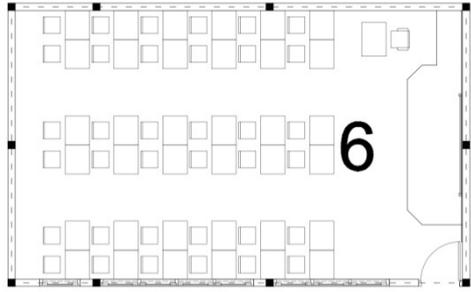
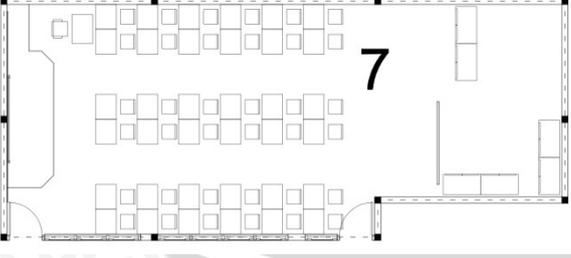
#### 4.3 Analisis Objek Kajian (Ruang Kelas)

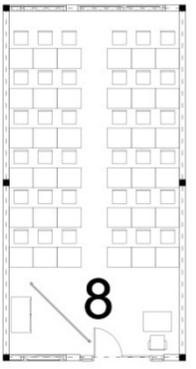
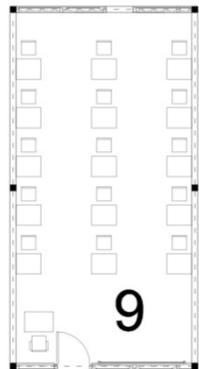
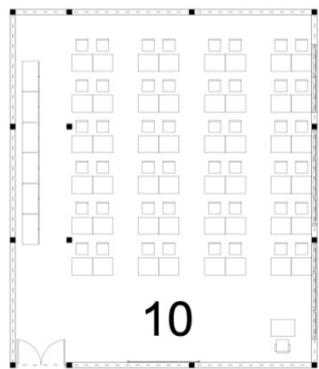
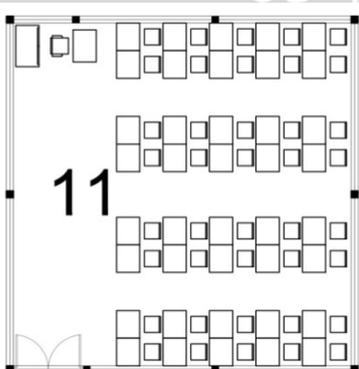
Kondisi kelas yang beragam diperlukan juga perlakuan yang berbeda dalam memberikan rekomendasi perancangan yang sesuai dengan standar dan teori – teori yang telah dikemukakan sebelumnya. Untuk itu diperlukan analisis kondisi/keadaan asli dari eksisting tiap – tiap ruang kelas.

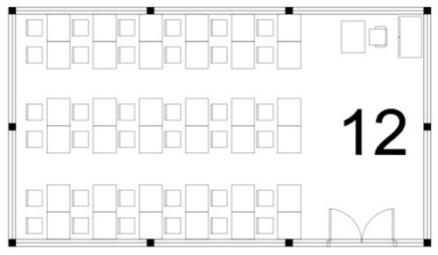
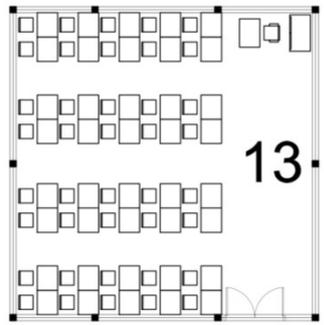
Dari total 26 ruang kelas dapat dikelompokkan menjadi beberapa tipe dengan karakteristik yang berbeda. Berikut penjelasan dari tiap tipe ruang kelas di SMA Negeri 4 Malang.

Tabel 4.6 Perbandingan Luas, Luas Bukan Eksisting, dan SNI

Tipe	Denah	Luas (m <sup>2</sup> )	Bukaan (m <sup>2</sup> )		Keterangan
			Eksistg.	SNI	
1		60.8	13.66	6.08	memenuhi
2		57.6	9.09	5.76	memenuhi
3		56.32	9.77	5.63	memenuhi

Type	Denah	Luas (m <sup>2</sup> )	Bukaan (m <sup>2</sup> )		Keterangan
			Eksistg.	SNI	
4		30.4	6.72	3.04	memenuhi
5		60.8	11.26	6.08	memenuhi
6		53.01	8.29	5.3	memenuhi
7		72.9	9.63	7.29	memenuhi

Type	Denah	Luas (m <sup>2</sup> )	Bukaan (m <sup>2</sup> )		Keterangan
			Eksistg.	SNI	
8		38.72	3.6	3.87	Tidak memenuhi
9		38.72	3.77	3.87	Tidak memenuhi
10		91.52	5.73	9.15	Tidak memenuhi
11		56.24	1.53	5.62	Tidak memenuhi

Tipe	Denah	Luas (m <sup>2</sup> )	Bukaan (m <sup>2</sup> )		Keterangan
			Eksistg.	SNI	
12		45.9	4.27	4.59	Tidak memenuhi
13		56.24	2.18	5.62	Tidak memenuhi

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa 7 tipe ruang kelas sudah memenuhi luas bukaan minimal SNI, yakni tipe 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Sedangkan ruang yang bukaannya hampir memenuhi standar minimal SNI yaitu tipe 8, 9, dan 12. Dan sisanya, tipe yang tidak memenuhi standar SNI, yaitu tipe 10, 11, dan 13.

Ruang yang luas bukaannya sudah memenuhi standar minimal SNI akan dioptimalkan kecepatan dan persebarannya dalam ruang dengan merekayasa penempatan dan pemilihan tipe jendela. Sedangkan yang tidak memenuhi diperlukan penambahan bukaan, setidaknya sampai memenuhi standar minimal SNI.

#### 4.3.1 Ruang Kelas Tipe 1

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 1

Ruang kelas tipe 1 memiliki Luas 60.8 m<sup>2</sup>, dengan panjang 8 meter dan lebar 7.6 meter, serta memiliki ketinggian 5.5 meter, berkapasitas maksimal 40 siswa dan 1 guru. Tipe ruangan ini diaplikasikan pada ruang lantai 1 yakni ruang kelas agama Islam, matematika, bhs Inggris, dan kelas fisika. Sedangkan pada lantai 2 yakni, ruang kelas biologi, kimia, matematika 2, bhs Indonesia 2, dan bhs Inggris 2.

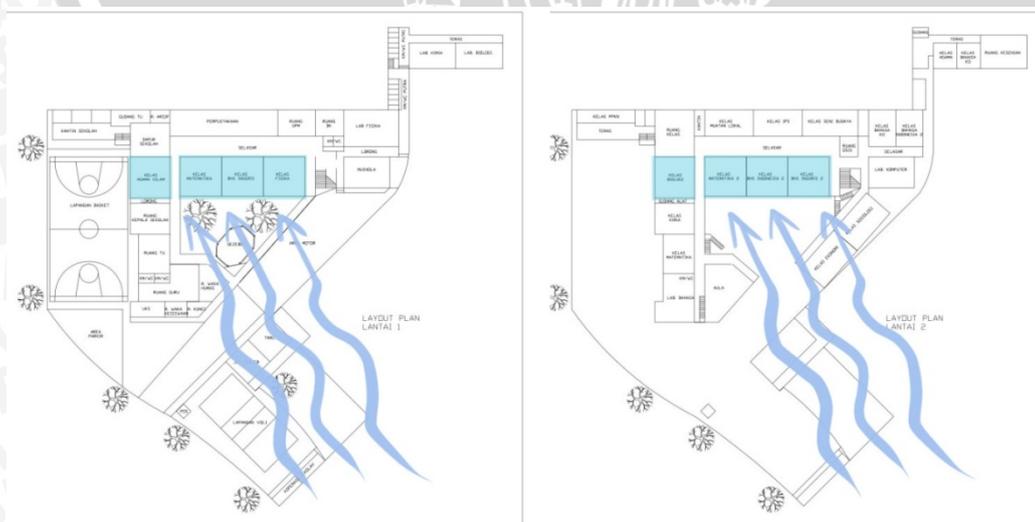


Gambar 4.15 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 1

Ruangan ini menggunakan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang yang bukaannya berada pada sisi yang saling berhadapan. Menggunakan beberapa jenis ventilasi, yakni ventilasi tipe fixed dan center pivot (vertikal) sebagai penangkap udara segar. Serta pintu dan jendela jalousie sebagai bukaan untuk membuang udara panas. Selain itu terdapat sirip berupa shading device di dekat bukaan inlet pada luar ruangan. Sehingga mempengaruhi arah datang angin, terutama secara vertikal.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 1

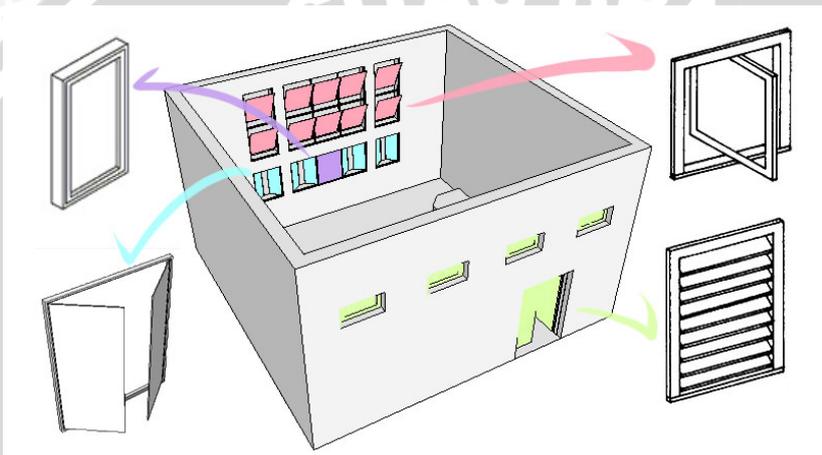
Terdapat total 8 kelas tipe 1, 4 ruang di lantai 1, dan 4 ruang di lantai 2 (Gambar 4.16). Bentuk geometrinya berupa balok dengan luas lantai  $60.8 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 5.5 meter. Pada area depan terdapat kenaikan lantai setinggi 18 cm dengan luas  $6.08 \text{ m}^2$ .



Gambar 4.16 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 1 Terhadap Arah Angin Datang

Tipe ini menggunakan sistem ventilasi silang sebagai penghawaan alami. Angin yang menerpa tidak tegak lurus dengan bidang, tapi membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bukaan inlet.

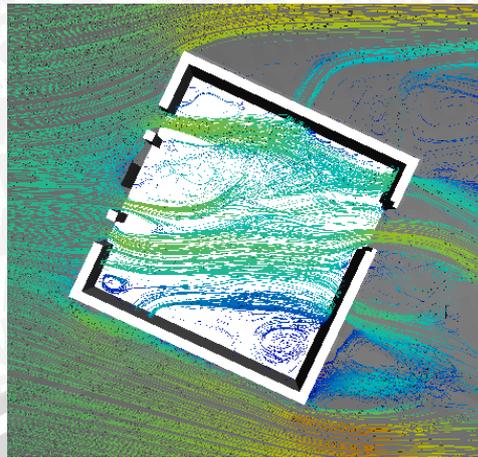
Jendela tipe center pivot (vertikal) ditempatkan sedemikian rupa sebagai bukaan inlet dengan tujuan untuk menangkap angin dari luar. Terdapat 10 jendela yang diletakkan pada ketinggian 2.5 – 4.5 meter dihitung dari permukaan lantai. Masing – masing jendela memiliki luas bukaan  $0.8 \text{ m}^2$ . Perputaran daun jendela terbatas, disebabkan terhalang oleh teralis di luar ruangan, sehingga pengendalian arah angin juga terbatas.



Gambar 4.17 Jenis – jenis Bukaan yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 1

Pada bukaan inlet ketinggian 1 – 2 meter terdapat dua jenis jendela, yaitu tipe fixed dan double casement. Terdapat 4 buah jendela tipe double casement yang masing – masing luasnya  $0.8 \text{ m}^2$ . Jendela tidak dapat terbuka secara penuh, sehingga tidak mampu menangkap angin secara maksimal. Sedangkan jendela tipe fixed dengan luas bidang  $0.8 \text{ m}^2$  hanya digunakan untuk menangkap cahaya, angin tidak dapat masuk.

Pada sisi bidang lain terdapat bukaan outlet untuk keluarnya angin dari dalam ruangan. Terdapat 4 jendela jalousie dengan ukuran  $0.75 \times 0.3$  meter, diletakkan 3.2 meter dari permukaan lantai. Selain itu juga ada pintu jalousie dengan ukuran bukaan  $2 \times (0.5 \times 1.5)$  meter, keduanya selalu ditutup saat kegiatan belajar mengajar berlangsung.

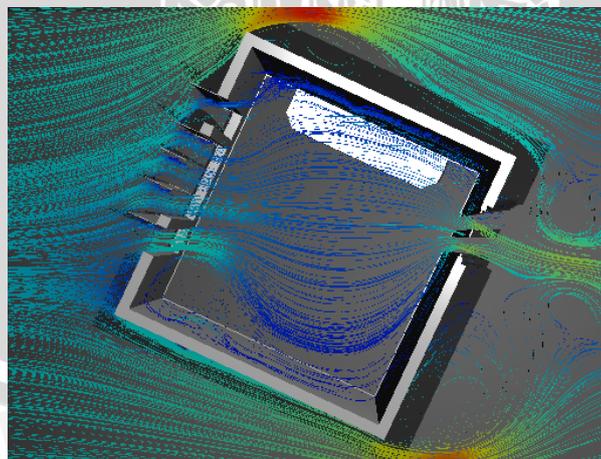
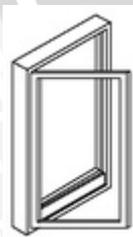


Gambar 4.18 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 1 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 1 menunjukkan pola pergerakan angin yang kurang merata, yakni  $\pm 55\%$  dari luas lantai ruangan (kiri). Selain itu kecepatan udara di dalam ruangan yang berkisar antara 0 – 0.5 m/s, sedikit lebih tinggi apabila dibandingkan dengan standar SNI yang maksimalnya hanya diijinkan 0.25 m/s. Sehingga perlu dilakukan rekomendasi tahap 1, yakni dengan mengganti tipe jendela.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 1

Rekomendasi tahap 1 berupa penggantian jenis jendela pada ruangan. Pola persebaran udara pada ruang kelas tipe 1 tidak merata. Oleh karena itu angin dari luar perlu diarahkan sedemikian rupa untuk pemeratakan persebaran udara.



Gambar 4.19 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 1 Rekomendasi (tahap 1)

Jendela tipe single casement cukup efektif digunakan untuk pemeratakan sekaligus mengarahkan udara di dalam ruangan. Persebaran udara yang awalnya hanya 55% dapat dioptimalkan menjadi  $\pm 76\%$ . Selain itu kecepatan udara yang awalnya 0.5 m/s dapat

diturunkan hingga 0.15 m/s. Dengan ini ruang tipe 1 sudah memenuhi standar, dan tidak perlu dilakukan rekomendasi tahap 2.

#### 4.3.2 Ruang Kelas Tipe 2

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 2

Ruang kelas tipe 2 memiliki luas 57.6 m<sup>2</sup>, dengan panjang 9.6 meter, lebar 6 meter dan tinggi langit – langit 4 meter. Memiliki kapasitas maksimal 36 siswa dan 1 guru. Tipe ini digunakan di dua kelas yakni ruang kelas ekonomi (lantai 2), dan kelas geografi (lantai 3).

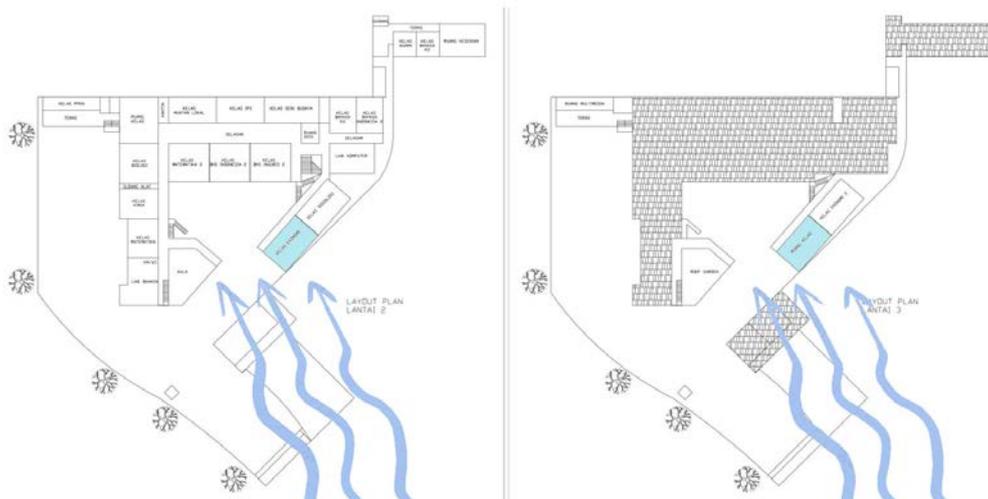


Gambar 4.20 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 2

Ruangan ini menggunakan penghawaan dengan sistem ventilasi silang, dimana bukaan inlet dan outlet-nya berada pada sisi yang saling berhadapan. Menggunakan jenis ventilasi dengan tipe awning, fixed (80%), dan casement.

##### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 2

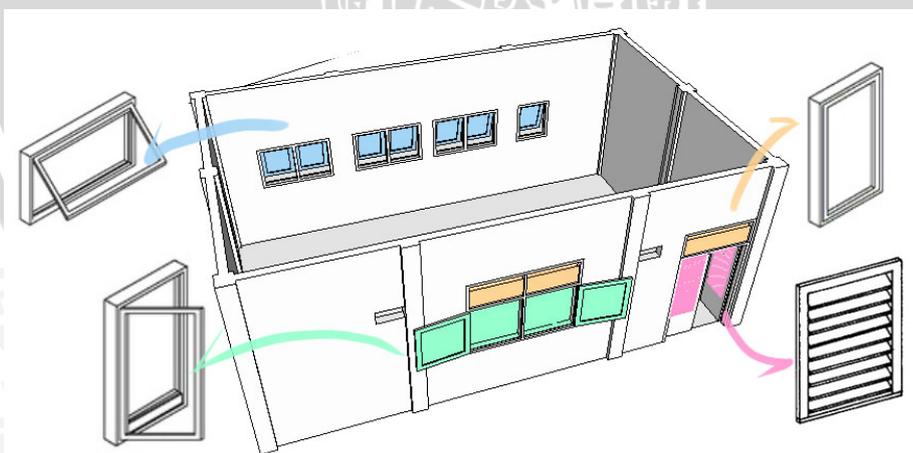
Terdapat 2 ruang kelas bertipe 2, yakni terletak pada lantai 2 dan 3 (Gambar 4.21). Memiliki bentuk geometri berupa balok dengan luas lantai 57.6 m<sup>2</sup> dengan ketinggian plafon 4 meter.



Gambar 4.21 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 2 Terhadap Arah Angin Datang

Tipe ini memanfaatkan penghawaan alami dengan menggunakan sistem ventilasi silang. Angin yang menerpa membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bukaan inlet, sehingga tidak menerpa langsung secara tegak lurus pada bidang ruangan.

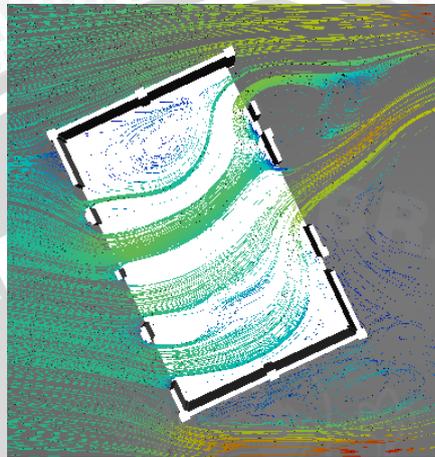
Bukaan inlet menggunakan jenis jendela dengan bukaan bawah atau disebut tipe awning. Terdapat 7 buah bukaan tipe awning dengan luas masing – masing bukaan 0.62 m<sup>2</sup>, pada ruangan tipe ini diletakkan pada ketinggian 1.5 – 2.5 meter dari muka lantai. Bukaan jenis ini mampu membelokkan angin yang berlebih, sehingga cocok untuk mengurangi kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan.



Gambar 4.22 Jenis – jenis Bukaan yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 2

Pada sisi outlet terdapat jendela fixed (80%), terdapat tiga bukaan yang difungsikan untuk pencahayaan dan penghawaan alami yang mana luas bukaannya 0.13 m<sup>2</sup> dan diletakkan 1.2 meter dari langit – langit.

Terdapat 2 buah jendela tipe casement dan pintu jalousie. Jendela casement memiliki luas bukaan 1 m<sup>2</sup> dan diletakkan pada ketinggian 1.15 meter dari permukaan lantai. Sedangkan pintu jalousie memiliki bukaan yang dengan ukuran 2x(0.5 x 1.5) meter. Selain itu juga terdapat lubang ventilasi sederhana dengan luas bukaan 0.125 m<sup>2</sup>, dan diletakkan di kedua sisi jendela casement dengan ketinggian 2.45 meter.



Gambar 4.23 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 2 Eksisting

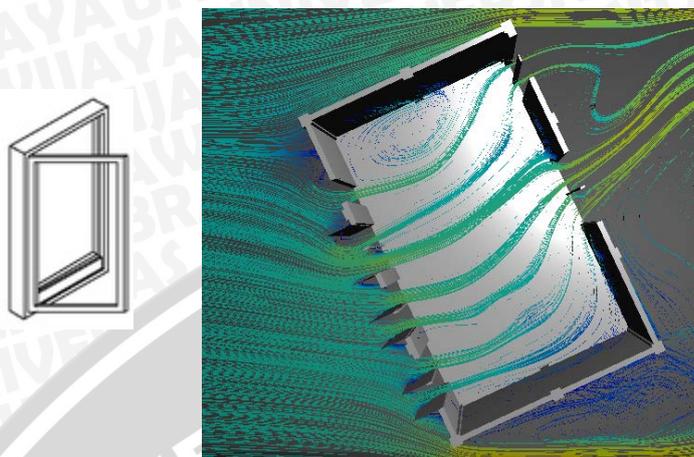
Hasil simulasi pada eksisting bangunan tipe 2 menunjukkan pola pergerakan angin yang cukup baik. Angin tersebar merata, yakni 63.6% dari luas lantai. Kecepatan udara di dalam ruangan yang berkisar antara 0 – 0.6 m/s, cukup tinggi apabila dibandingkan dengan standar SNI yang maksimalnya hanya 0.25 m/s, jadi kecepatan angin yang masuk perlu direduksi. Sehingga perlu dilakukan rekomendasi tahap 1, yakni dengan mengganti tipe jendela

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 2

Angin yang menerpa ruang kelas tipe 2 membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang inlet, sehingga tipe ventilasi silang yang sesuai adalah yang saling lurus berhadapan. Penempatan tersebut bertujuan untuk memaksimalkan persebaran aliran udara ke seisi ruangan. Selain itu, pengurangan jumlah bukaan pada inlet dan penambahan bukaan pada outlet juga diperlukan untuk menambah kecepatan angin di dalam ruangan.

Pemilihan jenis bukaan ditujukan untuk mengatur kecepatan dan pola udara yang keluar – masuk pada ruangan agar sirkulasi udara dapat berjalan secara optimal. Jenis bukaan yang dipilih menyesuaikan kondisi angin dan lokasi ruangan dalam satu sekolah.

Tujuannya untuk mengatur jalannya angin, tanpa mengubah kondisi bangunan secara mayor.



Gambar 4.24 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 2 Rekomendasi (tahap 1)

Jenis bukaan inlet pada eksisting menggunakan tipe awning, dimana hanya dapat dibuka sebesar 15 derajat. Untuk mengoptimalkan penangkap angin, jenis jendela perlu diganti menggunakan jenis jendela bertipe casement yang dibuka sebesar 90 derajat.

Hasil dari simulasi menunjukkan perubahan, yakni persebaran udara yang awalnya hanya 55% dapat dioptimalkan menjadi  $\pm 76\%$ . Selain itu kecepatan udara yang awalnya 0.5 m/s dapat diturunkan hingga 0.15 m/s. Dengan ini ruang tipe 1 sudah memenuhi standar, dan tidak perlu dilakukan rekomendasi tahap 2.

#### 4.3.3 Ruang Kelas Tipe 3

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 3

Ruang kelas tipe 3 memiliki kemiripan dengan tipe 2, perbedaannya terletak pada sudut ruangan yang terdapat pemangkasan ruangan. Memiliki luas 56.32 m<sup>2</sup>, panjang 9.6 meter, lebar 6 meter, tinggi 4 meter, dan pemangkasan diagonal pada sudut ruangan seluas 1.28 m<sup>2</sup>. Mampu memuat 36 siswa dan 1 guru. Tipe ini digunakan di dua ruang kelas, yakni ruang kelas sosiologi (lantai 2) dan kelas ekonomi 2 (lantai 3).



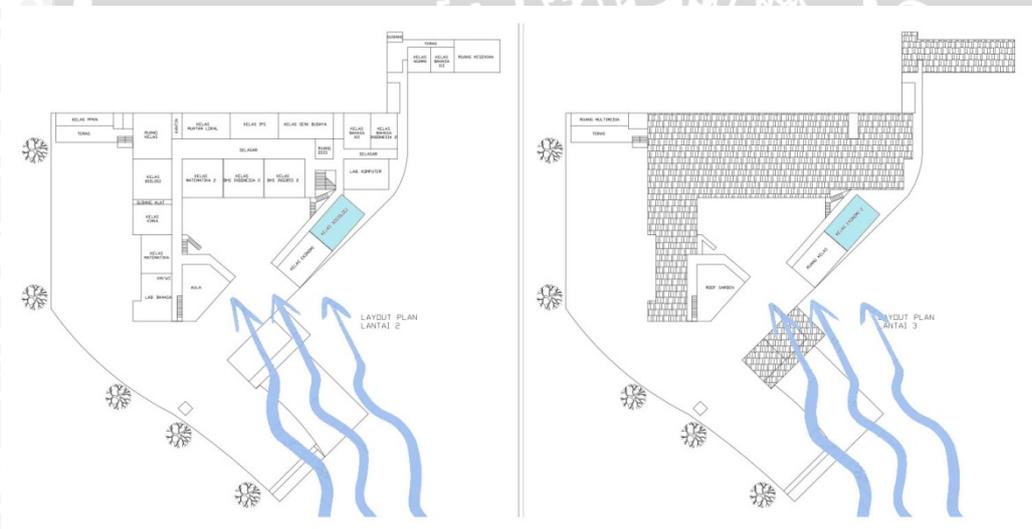


Gambar 4.25 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 3

Ruangan ini menggunakan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang. Bukaan inlet dan outlet berada pada sisi yang saling berhadapan. Jenis jendela yang digunakan yakni tipe awning, fixed (80%), dan casement, serta menggunakan pintu jalousie.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 3

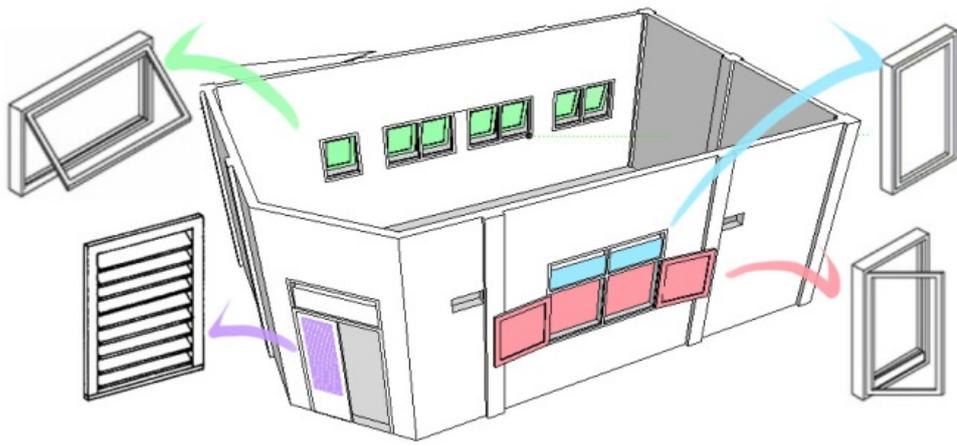
Terdapat 2 ruang kelas tipe 3 yang terletak di lantai 2 dan 3 (Gambar 4.??). Memiliki bentuk geometri berupa balok dengan luas lantai  $56.32 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 4 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.26 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 3 Terhadap Arah Angin Datang

Ruang tipe 3 menggunakan sistem ventilasi silang untuk penghawaan alami. Angin yang mengenai bangunan membentuk sudut  $+25$  derajat dari bidang, sehingga tidak menerpa langsung secara tegak lurus pada bukaan inlet.

Bukaan inlet ruangan menggunakan tipe jendela tipe awning. Terdapat 7 bukaan dengan luas masing – masing bukaan  $0.62 \text{ m}^2$  yang ditempatkan  $1.5 - 2.5$  meter dari muka lantai. Bukaan jenis ini mampu membelokkan angin yang berlebih, sehingga cukup baik untuk mengurangi kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan.

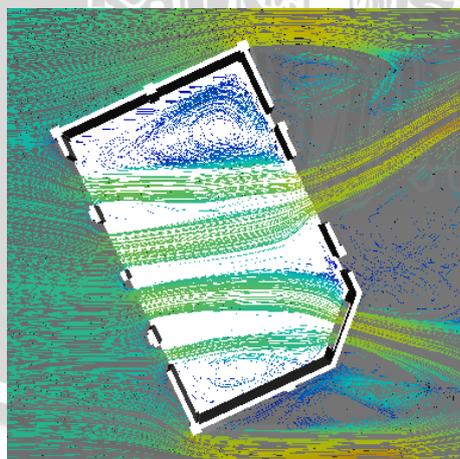


Gambar 4.26 Jenis – jenis Bukaannya Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 3

Pada sisi yang berhadapan terdapat jendela fixed (80%), terdapat dua bukaan yang difungsikan untuk pencahayaan dan penghawaan alami yang luas bukaannya  $0.13 \text{ m}^2$  dan diletakkan  $1.2$  meter dari langit – langit.

Di bawah jendela fixed terdapat jendela casement yang memiliki luas bukaan  $1 \text{ m}^2$  diposisikan pada ketinggian  $1.15$  meter dari muka lantai. Selain itu terdapat  $2$  lubang ventilasi sederhana dengan luas bukaan masing – masing  $0.12 \text{ m}^2$ .

Pada sudut ruangan terdapat pintu masuk ruangan yang menggunakan tipe jalousie dengan luas area bukaan  $1.52 \text{ m}^2$ . Dan di atasnya terdapat jendela tipe fixed (80%) dengan luas bukaan  $0.18 \text{ m}^2$ .



Gambar 4.27 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 3 Eksisting

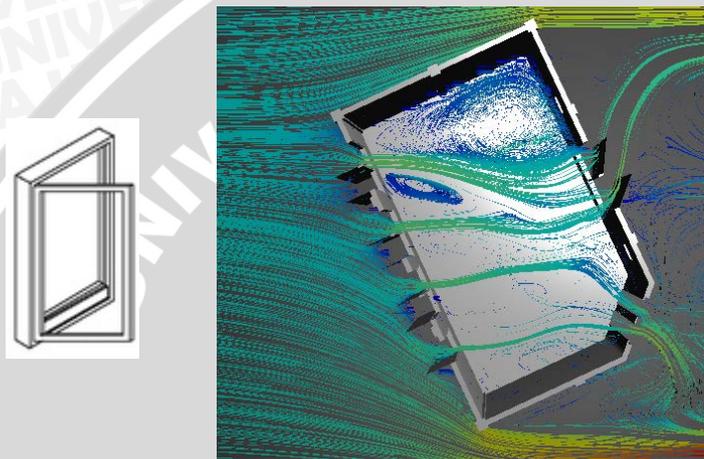
Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 3 menunjukkan pola pergerakan angin kurang merata, yakni  $\pm 50\%$  dari luas lantai ruangan. Di beberapa sudut

ruangan kecepatan angin masih 0 m/s, sehingga penempatan jendela perlu diatur lagi agar persebaran udara dalam ruang lebih optimal.

Selain itu kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.7 m/s, cukup tinggi apabila dibandingkan dengan standar SNI yang maksimalnya hanya diijinkan 0.25 m/s.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 3

Rekomendasi pada ruang kelas tipe 3 yakni melalui penggantian tipe jendela. Menggunakan jendela tipe casement, digunakan untuk menangkap dan mengarahkan udara di dalam ruangan.



Gambar 4.28 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 3

Aliran udara yang awalnya memiliki kecepatan 0.7 m/s dapat direduksi menjadi 0.3 m/s. Namun persebaran udaranya menjadi kurang merata, hanya  $\pm 35\%$  dimana pada awalnya mencapai 50%. Sehingga perlu diberikan rekomendasi tahap ke-dua.

#### 4.3.4 Ruang Kelas Tipe 4

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 4

Ruang kelas tipe 4 memiliki luas  $30.4 \text{ m}^2$ , dengan panjang 7.6 meter, lebar 4 meter dan tinggi langit – langit 3.5 meter, menampung 11 siswa dan 1 guru. Tipe ini hanya ada 1 di sekolah ini, yaitu pada ruang kelas bahasa di lantai 2.



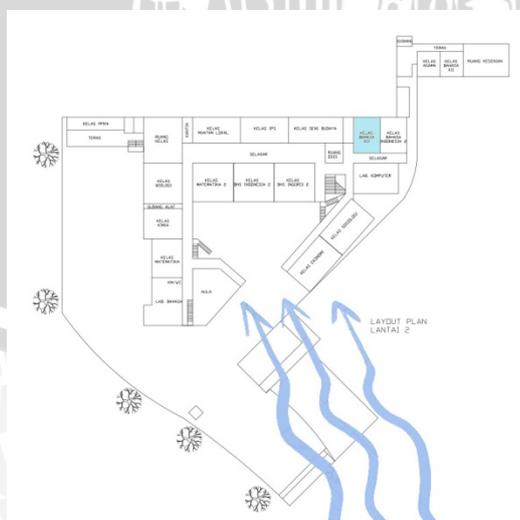
Gambar 4.29 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 4

Ruangan ini menggunakan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang. Bukaannya inlet dan outletnya berada pada sisi yang bersebelahan. Jenis jendela yang digunakan adalah fixed, fixed (50%), dan awning, serta menggunakan pintu tipe jalousie.

Ruang kelas tipe 4 ini ukurannya relatif sempit jika dibandingkan dengan kelas lainnya. Ruang kelas ini juga berada di area yang cukup tersembunyi, sehingga cukup sulit untuk mendapatkan udara segar untuk penghawaan alami ruangan.

#### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 4

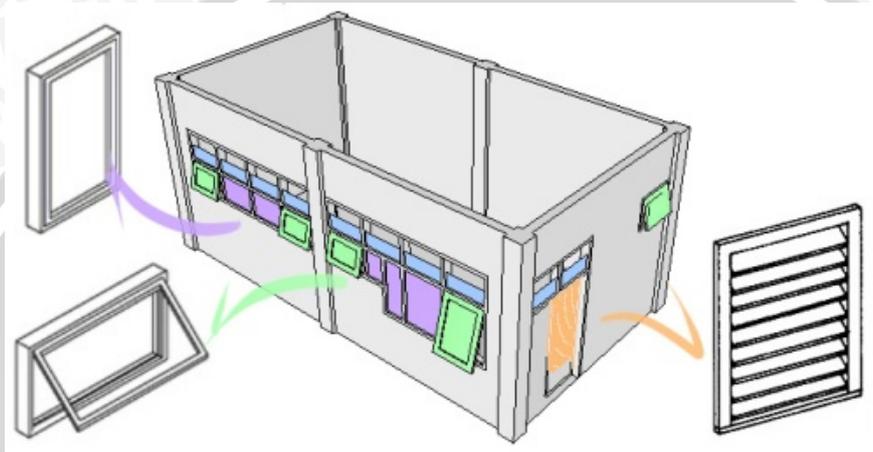
Terdapat 1 ruang kelas tipe 4 yang terletak di lantai 2 (Gambar 4.30). Memiliki bentuk geometri berupa balok dengan luas lantai  $30.4 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.30 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 4 Terhadap Arah Angin Datang

Ruang tipe 4 menggunakan sistem ventilasi silang untuk penghawaan alami. Angin yang mengenai bangunan membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, sehingga tidak menerpa langsung secara tegak lurus pada bidang.

Bukaan inlet ruangan menggunakan tipe jendela tipe awning, fixed (50%), dan pintu jalousie. Terdapat 1 bukaan dengan luas 0.36 m<sup>2</sup> yang ditempatkan 2.12 – 2.6 meter dari muka lantai. Terdapat pula 2 bukaan tipe fixed (50%) dengan ketinggian yang sama, masing masing luas bukaannya 0.17 m<sup>2</sup>. Lalu terdapat pintu masuk ruangan yang menggunakan tipe jalousie dengan luas area bukaan 1.52 m<sup>2</sup>.

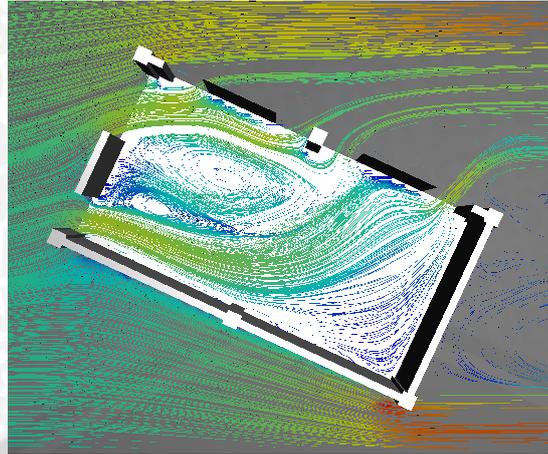


Gambar 4.31 Jenis – jenis Bukaan yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 4

Pada sisi di sebelahnya terdapat jendela awning, fixed, dan fixed (50%). Terdapat 3 jendela tipe awning dengan luas bukaannya 0.35 m<sup>2</sup>, yang ditempatkan pada ketinggian antara 1.56 – 2.06 meter dari permukaan lantai.

Ada juga jendela awning dengan luas bukaan yang berbeda, yakni 0.71 m<sup>2</sup>, diletakkan 1.06 – 2.06 meter dari permukaan lantai. Di atasnya terdapat 8 jendela tipe fixed (50%) dengan luas masing – masing bukaan 0.18 m<sup>2</sup>, berada pada ketinggian 2.12 – 2.62 meter dari permukaan lantai.

Selain itu, juga terdapat jendela tipe fixed, namun hanya digunakan sebagai pencahayaan alami, sehingga udara tidak dapat mengalir melewatinya.



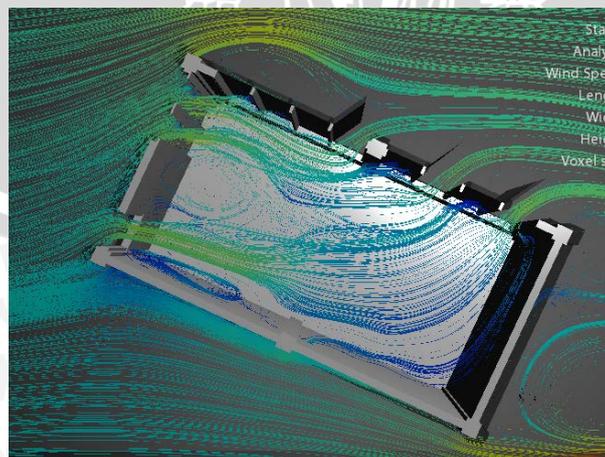
Gambar 4.32 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 4 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 4 menunjukkan pola pergerakan angin yang tidak merata, persebarannya hanya  $\pm 47\%$  dari luas lantai ruangan. Ditambah lagi di beberapa sudut ruangan kecepatan angin masih 0 m/s. Sehingga tata letak bukaan perlu diatur lagi agar udara dapat tersebar lebih merata.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.6 m/s, jadi sudah memenuhi standar SNI yaitu antara 0.15 – 0.25 m/s.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 4

Pemberian rekomendasi tahap 1 (satu) pada ruang kelas tipe 4 yakni dengan cara mengubah tipe jendela. Mengganti tipe awning menjadi tipe casement pada bukaan inlet. Dan mengganti tipe fixed dan awning pada outlet dengan menggunakan tipe casement. Selain itu, mengubah jendela tipe awning menjadi tipe fixed yang berada di dekat pintu jalusi.



Gambar 4.33 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 4

Hasil simulasi menunjukkan persebaran udara meningkat, dimana persebaran awalnya 47% menjadi 68%, sehingga sudah memenuhi SNI.

#### 4.3.5 Ruang Kelas Tipe 5

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 5

Ruang kelas tipe 5 memiliki luas  $60.8 \text{ m}^2$ , dengan panjang 8 meter, lebar 7.6 meter, dan ketinggian plafon terhadap lantai 3.75 meter, dapat menampung 40 siswa dan 1 guru. Tipe ini hanya terdapat 1 di sekolah ini, yakni pada ruang bhs Indonesia di lantai 2.

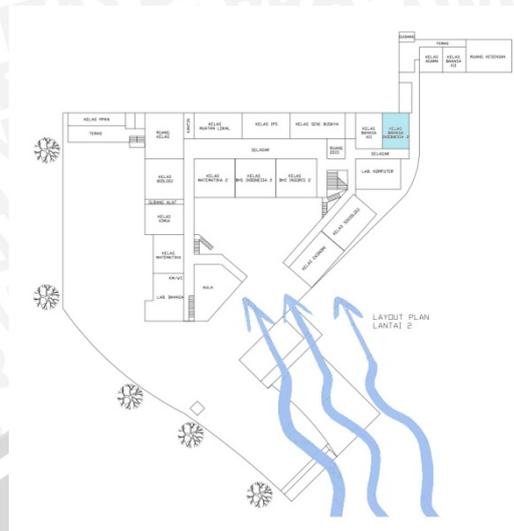


Gambar 4.34 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 5

Ruang kelas tipe 5 ini menggunakan sistem penghawaan alami yaitu sistem ventilasi silang dengan bukaan inlet dan outlet berada pada sisi yang tegak bersebelahan. Jenis ventilasi yang digunakan adalah awning, fixed, fixed (50%), dan pintu jalousie. Ruangan ini berada di dekat lorong angin, dimana angin di sekitar ruangan berhembus lebih kencang dibandingkan dengan sekitarnya.

##### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 5

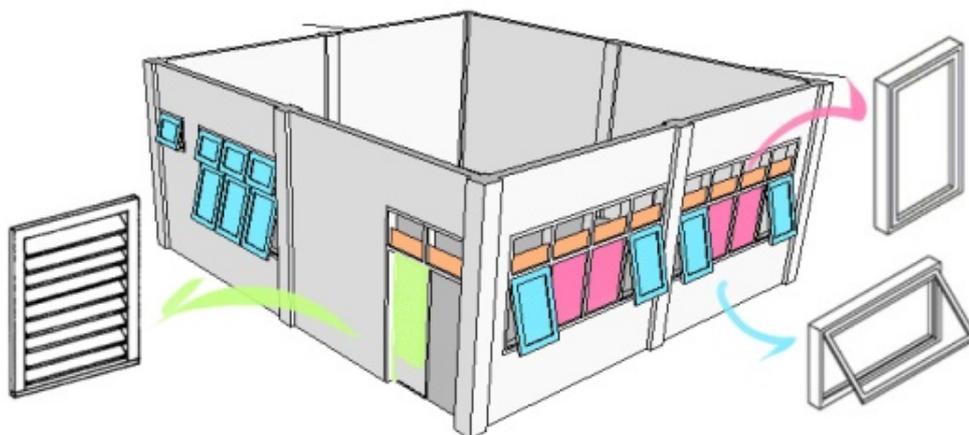
Terdapat 1 ruang kelas tipe 5, terletak di lantai 2 (Gambar 4.??). Memiliki bentuk geometri berupa balok dengan luas lantai  $60.8 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.35 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 5 Terhadap Arah Angin Datang

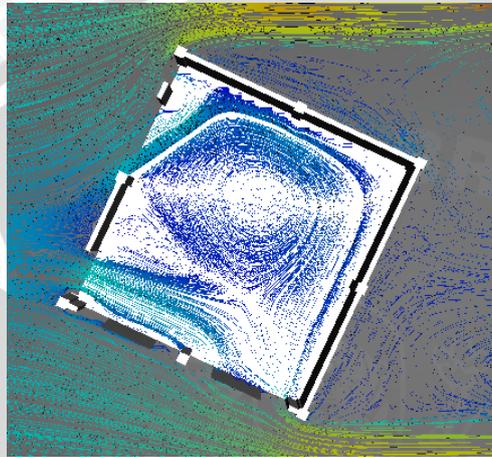
Ruang tipe 5 menggunakan penghawaan alami dengan bantuan sistem ventilasi silang yang mana sisi inlet dan outletnya berada pada sisi yang bersebelahan. Angin yang menerpa bangunan membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, sehingga tidak menerpa langsung secara tegak lurus pada bidang.

Bukaan inlet ruangan menggunakan tipe jendela tipe awning, fixed (50%), dan pintu jalousie. Terdapat 3 buah jendela bertipe awning dengan luas masing – masing bukaan 0.71 m<sup>2</sup>, ditempatkan pada ketinggian 1.06 – 2.06 meter dari permukaan lantai. Di atasnya terdapat 4 jendela awning dengan dimensi yang lebih kecil, masing – masing memiliki luas bukaan 0.35 m<sup>2</sup>. Terdapat juga bukaan berupa pintu jalousie (double) yang masing – masing luas bukaannya 1.52 m<sup>2</sup>. Di atasnya terdapat 2 buah jendela fixed (50%) yang memiliki luas bukaan 0.17 m<sup>2</sup>.



Gambar 4.36 Jenis – jenis Bukaan yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 5

Pada sisi outlet terdapat jendela awning, fixed, dan fixed (50%). Terdapat 4 jendela tipe awning yang masing – masing luas bukaannya 0.74 m<sup>2</sup>, yang ditempatkan pada ketinggian antara 1.06 – 2.06 meter dari permukaan lantai. Terdapat juga 4 buah jendela tipe fixed yang hanya berfungsi sebagai pencahayaan alami ruangan. Di atasnya terdapat 8 buah jendela tipe fixed (50%), masing – masingnya memiliki lubang bukaan yang luasnya 0.18 m<sup>2</sup>.



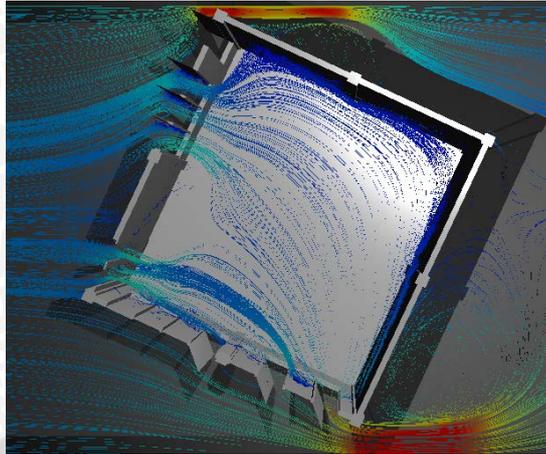
Gambar 4.37 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 5 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 5 menunjukkan pola pergerakan angin yang kurang merata, yakni 52.7% dari luas lantai ruangan. Terdapat turbulensi yang cukup besar di tengah ruangan, oleh karena itu pergerakan angin perlu di sebar ke tengah.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.25 m/s, relatif lebih tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis jendela perlu diperhatikan lagi agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 5

Ruang kelas tipe 5 memiliki masalah dengan persebaran udara, dimana awalnya terdapat turbulensi angin yang cukup besar di dalam ruangan. selain itu kecepatan angin yang cukup tinggi yaitu 0.8 m/s. Rekomendasi pertama yang diberikan yaitu dengan mengganti tipe jendela.



Gambar 4.38 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 5

Tipe jendela yang awalnya tipe awning dan tipe fixed, diubah menjadi tipe single casement, tujuannya untuk mengarahkan angin ke tengah ruangan agar tidak terjadi turbulensi. Hasil simulasi menunjukkan persebaran yang merata, yakni 72% dengan kecepatan rata – rata angin 0.2 m/s, sehingga sudah memenuhi SNI.

#### 4.3.6 Ruang Kelas Tipe 6

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 6

Ruang kelas tipe 6 luasnya 53.01 m<sup>2</sup>, yang memiliki panjang 5.7 meter, lebar 9.3 meter, dan tinggi 3.5 meter, yang dapat menampung 36 siswa dan 1 orang guru. Terdapat 2 ruang kelas dengan tipe seperti ini, yakni pada ruang kelas IPS dan kelas muatan lokal, dimana keduanya berada di lantai 2.



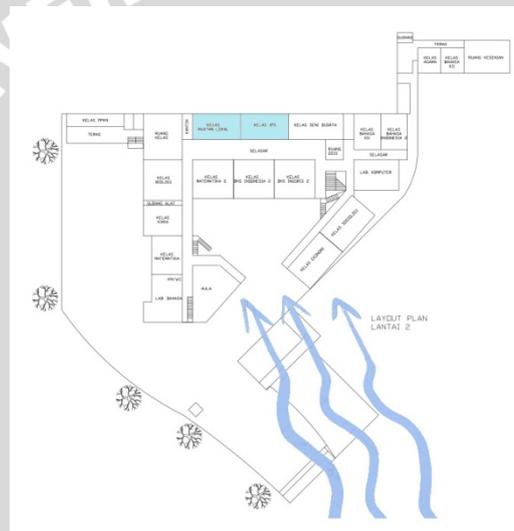
Gambar 4.39 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 6

Ruangan ini menggunakan penghawaan alami dengan sistem *cross ventilation*, bukaan inlet dan outletnya berada pada sisi yang berhadapan. Jenis ventilasi yang digunakan adalah tipe fixed (50%) dan tipe awning.

Berdasarkan rekap kuesioner dan hasil wawancara, menunjukkan bahwa kelas dengan tipe ini adalah yang suhu ruangnya paling tidak nyaman, yakni terlalu panas, sehingga kualitas penghawaan alaminya paling perlu untuk ditingkatkan.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 6

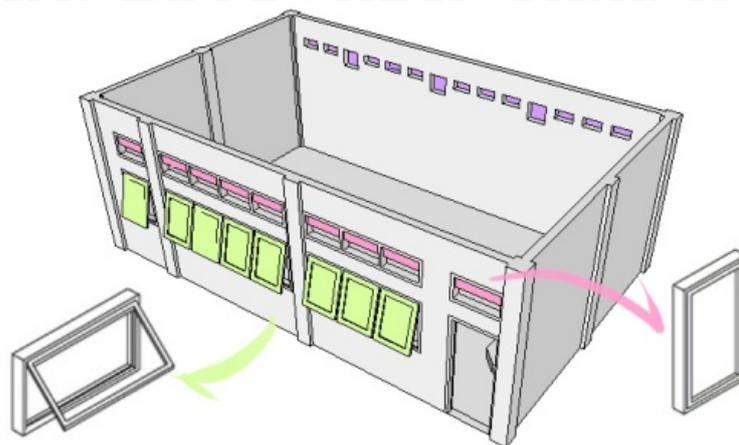
Terdapat 2 ruang kelas tipe 6, keduanya berada di lantai 2 (Gambar 4.??). Bentuk geometrinya berupa balok dengan luas lantai 53.01 m<sup>2</sup> dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari muka lantai.



Gambar 4.40 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 6 Terhadap Arah Angin Datang

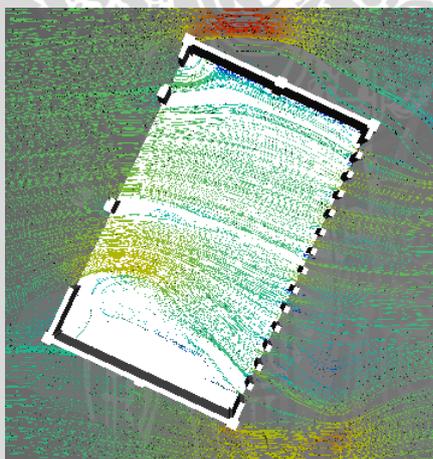
Ruang tipe 6 menggunakan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang yang mana sisi inlet dan outletnya berada pada sisi yang berhadapan. Angin yang menerpa bangunan membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, sehingga tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

Bukaan inlet ruangan menggunakan tipe jendela tipe awning dan tipe fixed (50%). Terdapat 8 buah jendela tipe awning yang masing – masing luas bukaannya 0.67 m<sup>2</sup>, ditempatkan pada ketinggian 1.12 – 2.06 meter dari permukaan lantai. Di atasnya terdapat 8 jendela fixed (50%) masing – masing memiliki luas bukaan 0.14 m<sup>2</sup>. Terdapat juga satu bukaan tipe fixed (50%) dengan luas berbeda, yakni 0.16 m<sup>2</sup> yang ditempatkan tepat di atas pintu masuk ruangan.



Gambar 4.41 Jenis – jenis Bukaannya yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 6

Bukaan outlet berada pada sisi yang berhadapan dengan sisi inlet. Bukaan outlet hanya berupa lubang ventilasi sederhana yang ditempatkan pada ketinggian 2.6 – 3 meter dari permukaan lantai. Terdapat total 14 lubang ventilasi, 11 diantaranya memiliki luas bukaan sebesar 0.08 m<sup>2</sup>. Dan sisanya memiliki luas 0.16 m<sup>2</sup>.

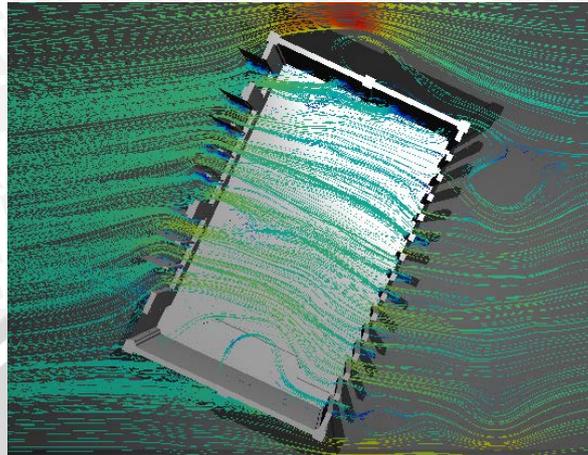


Gambar 4.42 Simulasi Pola Angin Terhadap Ruang Tipe 6 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 6 menunjukkan pola pergerakan angin yang merata, yakni  $\pm 79\%$  dari luas lantai ruangan. Namun kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.7 m/s, relatif lebih tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis jendela inlet harus bisa mereduksi udara yang masuk agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 6

Ruang kelas tipe 6 memiliki masalah pada kecepatan angin yang terlalu tinggi yakni 0.7 m/s, sehingga perlu dikurangi.



Gambar 4.43 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 6

Penggantian tipe jendela awning menjadi tipe casement sehingga memungkinkan kecepatan udara berkurang. Kcepatan udara yang awalnya 0.7 m/s menjadi 0.4 m/s.

#### 4.3.7 Ruang Kelas Tipe 7

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 7

Ruang kelas tipe 7 memiliki luas 72.9 m<sup>2</sup>, tingginya 3.5 meter, dengan panjang 9 meter, dan lebar 5.7 meter, dan terdapat penambahan luas di area belakang dengan panjang 4.8 meter dan lebar 4.5 meter. Kelas ini memiliki kapasitas 36 siswa dan 1 guru. Tipe ruangan ini hanya digunakan pada 1 kelas yaitu kelas seni budaya, yang terdapat di lantai 2.

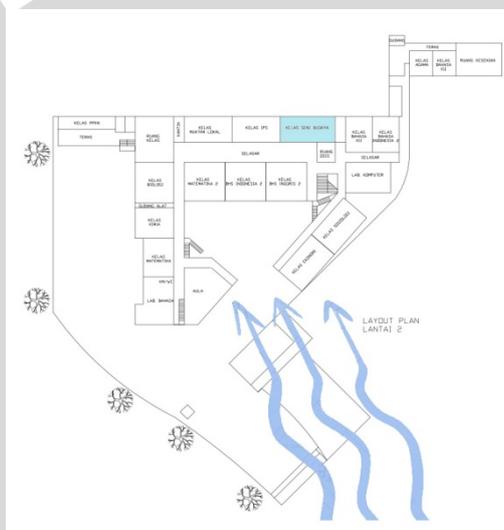


Gambar 4.44 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 7

Ruang kelas tipe 7 menggunakan sistem ventilasi silang untuk penghawaan alami ruangan. Terdapat bukaan pada 3 sisi, sehingga memungkinkan fleksibilitas udara untuk keluar masuk lewat sisi manapun. Jenis jendela yang digunakan adalah tipe fixed (50%), dan tipe awning.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 7

Terdapat 1 ruang kelas tipe 7, yang letaknya berada di lantai 2 (Gambar 4.??). Memiliki bentuk geometri berupa balok dan terdapat tambahan area di belakang ruangan, yang mana luas lantai totalnya  $72.9 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari permukaan lantai.

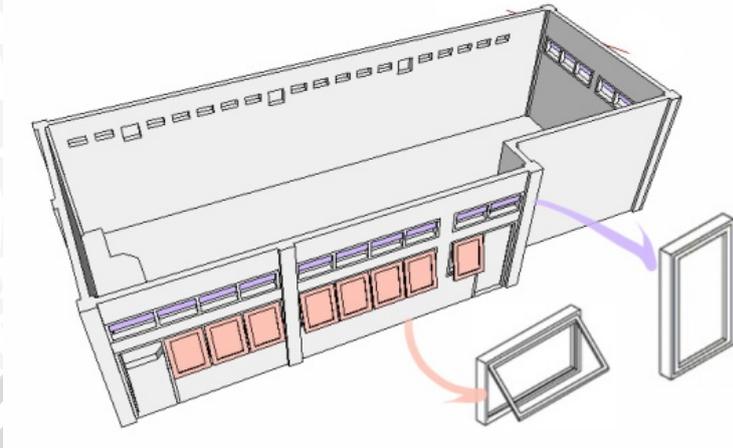


Gambar 4.45 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 7 Terhadap Arah Angin Datang

Ruang tipe 7 memanfaatkan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang dengan tipe bukaan inlet – outletnya saling berhadapan. Angin yang menerpa bangunan membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, sehingga tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

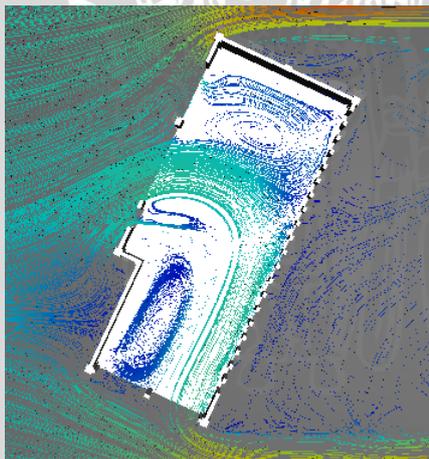
Bukaan inlet ruangan menggunakan tipe jendela tipe awning dan tipe fixed (50%). Terdapat 8 buah jendela tipe awning yang masing – masing luas bukaannya  $0.67 \text{ m}^2$ , ditempatkan pada ketinggian 1.12 – 2.06 meter dari permukaan lantai. Di atasnya terdapat 8 jendela tipe fixed (50%) masing – masing memiliki luas bukaan  $0.14 \text{ m}^2$ . Terdapat juga 2 bukaan tipe fixed (50%) dengan luas berbeda, yakni  $0.15 \text{ m}^2$  yang ditempatkan tepat di atas pintu masuk ruangan.

Terdapat juga 6 bukaan inlet di sisi belakang ruang. Bukaan berupa tipe fixed (50%) dengan luas bukaan 0.12 m<sup>2</sup> yang ditempatkan pada ketinggian 2.29 – 2.69 dari permukaan lantai.



Gambar 4.46 Jenis – jenis Bukaan yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 7

Bukaan outlet berada pada sisi yang berhadapan dengan sisi inlet. Bukaan outlet hanya berupa lubang ventilasi sederhana yang ditempatkan pada ketinggian 2.6 – 3 meter dari permukaan lantai. Terdapat 17 bukaan yang luasnya sebesar 0.08 m<sup>2</sup>. Dan terdapat 3 bukaan lain yang memiliki luas 0.16 m<sup>2</sup>.



Gambar 4.47 Simulasi Pola Angin dalam Ruang Tipe 7 Eksisting

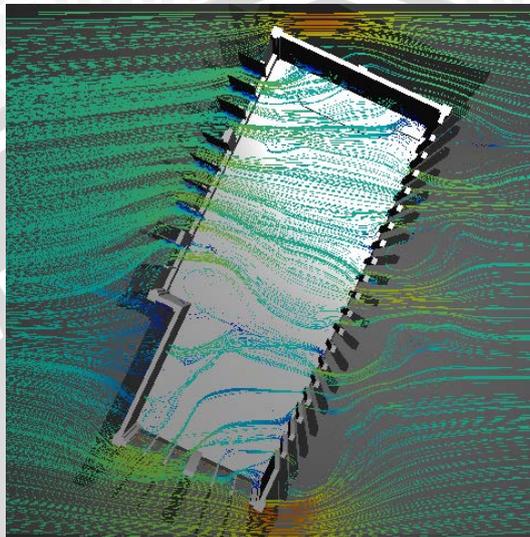
Hasil simulasi yang diterapkan pada ruang kelas tipe 7 menunjukkan pola pergerakan angin yang kurang merata, yakni  $\pm 57\%$  dari luas lantai ruangan. Sehingga tata letak bukaan perlu diatur lagi agar udara dapat tersebar lebih merata.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.7 m/s, relatif lebih tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis

jendela inlet harus bisa mereduksi udara yang masuk agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 7

Permasalahan pada ruang kelas tipe 7 adalah persebaran udaranya tidak merata. Oleh karena itu solusi tahap 1 yang dilakukan adalah mengganti tipe jendela ruangan.



Gambar 4.48 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 7

Tipe jendela yang awalnya tipe awning diubah menjadi tipe casement dengan bukaan sebesar 90 derajat. Hasil simulasi menunjukkan persebaran udara dalam ruangan menjadi lebih merata, yakni 63% dari luas lantai. Dengan ini ruang kelas tipe 7 sudah memenuhi standar SNI.

#### 4.3.8 Ruang Kelas Tipe 8

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 8

Ruang kelas tipe 8 memiliki luas 38.72 m<sup>2</sup>, dengan panjang 8.8 meter, lebar 4.4 meter, dan ketinggian plafon terhadap lantai 3.5 meter, dapat menampung 36 siswa dan 1 guru. Tipe ini hanya terdapat 1 di sekolah ini, yakni pada ruang kelas agama (lantai 2).



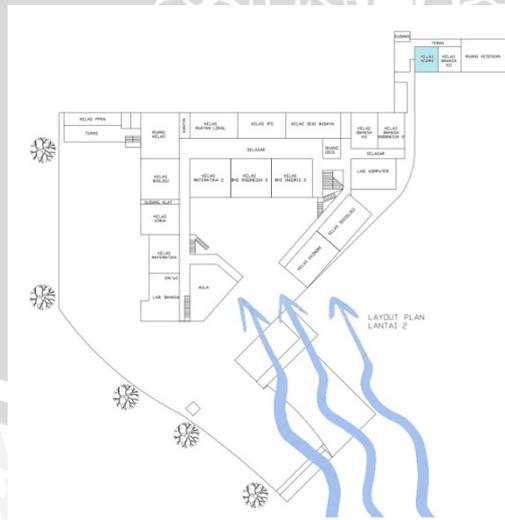
Gambar 4.49 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 8

Ruangan ini menggunakan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang. Bukan inlet dan outletnya berada pada sisi yang berhadapan. Jenis jendela yang digunakan adalah fixed, fixed (80%), awning, dan jalousie.

Ruang kelas tipe 8 memiliki ukuran yang relatif sempit, mengingat siswa yang ditampung cukup banyak. Apabila kegiatan belajar mengajar berlangsung suhu ruangan cukup panas, sehingga kurang nyaman untuk digunakan.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 8

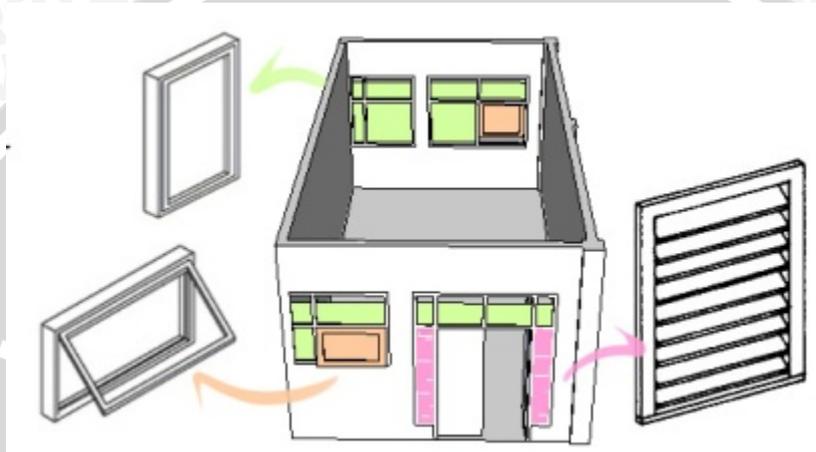
Terdapat 1 ruang kelas tipe 8, yang letaknya berada di lantai 2 (Gambar 4.??). Memiliki bentuk geometri berupa balok yang luas lantainya hanya 38.72 m<sup>2</sup> dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.50 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 8 Terhadap Arah Angin Datang

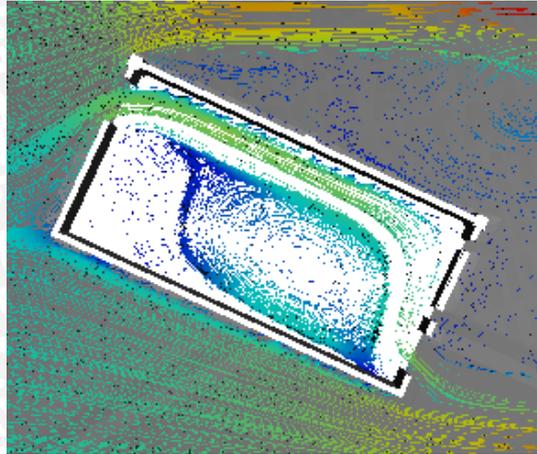
Ruang tipe 8 menggunakan sistem ventilasi silang untuk memanfaatkan penghawaan alami. Angin yang menerpa membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, sehingga tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

Bukaan inlet ruangan menggunakan tipe jendela tipe awning, tipe fixed, dan tipe fixed (80%). Terdapat 1 buah jendela tipe awning yang luas bukaannya 1 m<sup>2</sup>, ditempatkan pada ketinggian 1.10 – 2.10 meter dari permukaan lantai. Di atasnya terdapat 3 jendela tipe fixed (80%) masing – masing memiliki luas bukaan 0.1 m<sup>2</sup>. Terdapat juga 2 jendela tipe fixed yang digunakan hanya sebagai pencahayaan alami ruangan.



Gambar 4.51 Jenis – jenis Bukaan yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 8

Bukaan outlet berada pada sisi yang berhadapan dengan sisi inlet. Terdapat jendela tipe awning, fixed, fixed (80%), dan jendela jalousie. Jendela tipe awning sebagai outlet memiliki luas bukaan 0.6 m<sup>2</sup>, yang ditempatkan pada ketinggian antara 1.5 – 2.1 meter dari muka lantai. Di atasnya terdapat 6 jendela tipe fixed (80%) dengan luas yang berbeda – beda yakni : 2 buah di atas pintu dengan luas 0.06 m<sup>2</sup>, 3 buah dengan luas 0.02, dan 1 buah dengan luas bukaan 0.1 m<sup>2</sup>. Terdapat juga jendela di sisi – sisi pintu yang masing – masing luas bukaannya 0.42 m<sup>2</sup>, ditempatkan pada ketinggian 0.36 – 2.1 meter dari permukaan lantai.



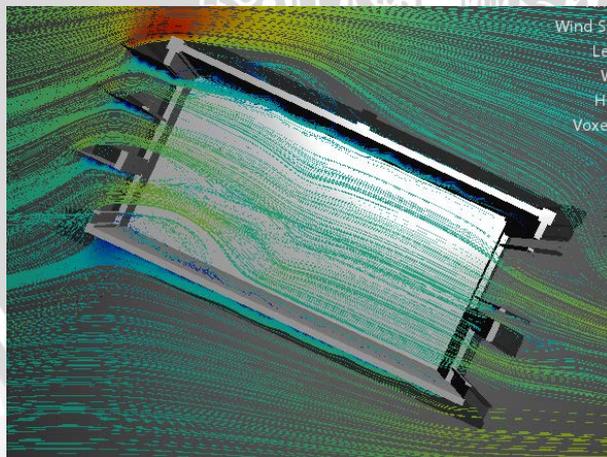
Gambar 4.52 Simulasi Pola Angin dalam Ruang Tipe 8 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 8 menunjukkan pola pergerakan angin yang tidak merata, persebarannya hanya  $\pm 34\%$  dari luas lantai ruangan. Sehingga tata letak bukaan perlu diatur lagi agar udara dapat tersebar lebih merata.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.2 m/s, jadi sudah memenuhi standar SNI yaitu antara 0.15 – 0.25 m/s.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 8

Ruang kelas tipe 8 memiliki masalah persebaran udara, dimana kondisi eksisting persebaran udaranya hanya  $\pm 34\%$  dari luas lantai. Rekomendasi tahap satu dengan mengganti tipe jendela.



Gambar 4.53 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 8

Mengganti jendela tipe fixed menjadi tipe casement, sehingga inlet dapat menangkap lebih banyak angin. Hasil simulasi menunjukkan persebaran udara yang lebih merata yakni

89% dari luas lantai. Namun kecepatan udaranya masih cukup tinggi, yakni 0.4 m/s. Sehingga diperlukan rekomendasi tahap 2.

#### 4.3.9 Ruang Kelas Tipe 9

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 9

Ruang tipe 9 memiliki luas 38.72 m<sup>2</sup>, dengan panjang 8.8 meter dan lebar 4.4 meter, serta ketinggiannya 3.5 meter. Ruangan ini menampung 15 siswa dan 1 guru. Tipe ini hanya terdapat 1 yakni ruang kelas bahasa.



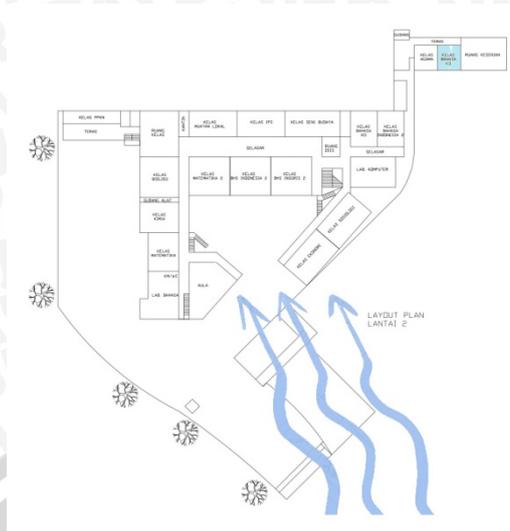
Gambar 4.54 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 9

Ruangan ini menggunakan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang. Bukaan inlet dan outletnya saling berhadapan. Jenis – jenis jendela yang digunakan yaitu tipe awning, fixed, dan fixed (80%).

Ruang kelas tipe ini mirip dengan tipe 8, perbedaannya terletak pada jenis bukaan dan penempatannya, selain itu siswa yang ditampung lebih sedikit daripada tipe 8, sehingga ruangnya relatif lebih nyaman.

##### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 9

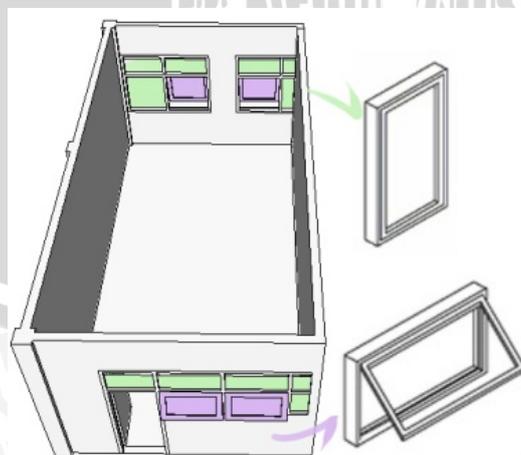
Terdapat 1 ruang kelas tipe 9, yang letaknya berada di lantai 2 (Gambar 4.??). Memiliki bentuk sama persis dengan ruang tipe 9, dimana memiliki bentuk geometri berupa balok yang luas lantainya hanya 38.72 m<sup>2</sup> dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.55 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 9 Terhadap Arah Angin Datang

Ruang tipe 9 memanfaatkan penghawaan alami bangunan dengan menggunakan sistem ventilasi silang. Angin yang menerpa membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, dan tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

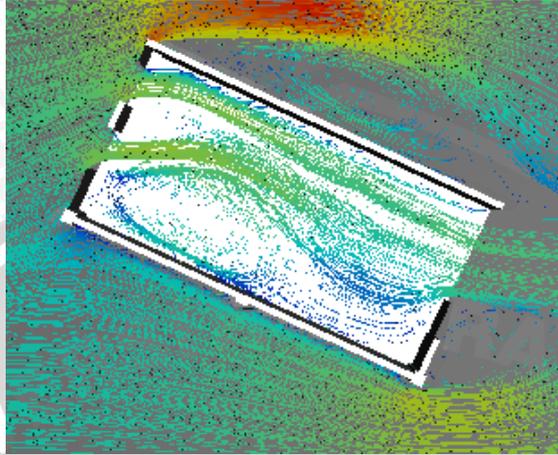
Bukaan inlet ruangan menggunakan tipe jendela tipe awning, tipe fixed, dan tipe fixed (80%). Terdapat 2 buah jendela tipe awning yang masing – masing luas bukaannya 1 m<sup>2</sup>, ditempatkan pada ketinggian 1.10 – 2.10 meter dari permukaan lantai. Di atasnya terdapat 3 jendela tipe fixed (80%) masing – masing memiliki luas bukaan 0.1 m<sup>2</sup>. Terdapat juga 2 jendela tipe fixed yang mana udara tidak dapat masuk dan digunakan hanya sebagai pencahayaan alami ruangan.



Gambar 4.56 Jenis – jenis Bukaan yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 9

Bukaan outlet berada pada sisi yang berhadapan dengan sisi inlet. Terdapat jendela tipe awning, fixed, dan fixed (80%). Terdapat 2 jendela tipe awning sebagai outlet

memiliki luas bukaan 0.6 m<sup>2</sup>, yang ditempatkan pada ketinggian antara 1.5 – 2.1 meter dari muka lantai. Di atasnya terdapat 3 jendela tipe fixed (80%) dengan luas yang berbeda – beda yakni : 2 buah di atas jendela awning dengan luas 0.1 m<sup>2</sup>, dan 1 buah di atas pintu dengan luas bukaan 0.08 m<sup>2</sup>.



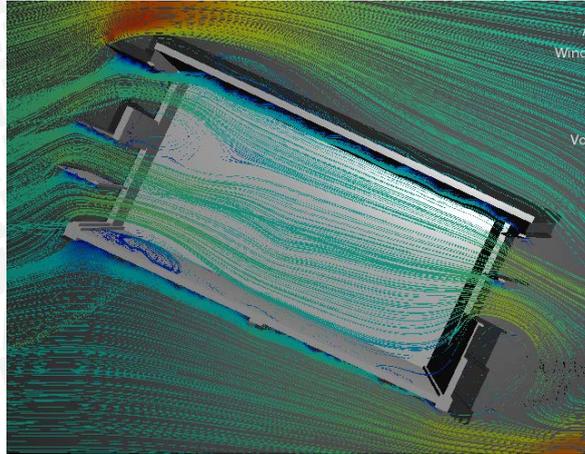
Gambar 4.57 Simulasi Pola Angin dalam Ruang Tipe 9 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 9 menunjukkan pola pergerakan angin yang cukup merata, persebarannya  $\pm 66\%$  dari luas lantai ruangan. Sehingga persebaran anginnya sudah memenuhi standar.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.6 m/s, relatif lebih tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis jendela inlet harus bisa mereduksi udara yang masuk agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 9

Permasalahan ruang kelas tipe 9 terletak pada kecepatan udara yang terlalu tinggi, yakni mencapai 0.6 m/s sehingga perlu direduksi. Rekomendasi tahap 1 yakni mengganti tipe jendela.



Gambar 4.58 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 9

Jendela tipe fixed diubah menjadi tipe casement, sehingga dapat menangkap udara lebih banyak. Persebaran udara menjadi lebih merata, dari yang awalnya 66% menjadi 87%. Namun kecepatan anginnya masih terlalu tinggi, yakni mencapai 0.7 m/s. sehingga diperlukan rekomendasi tahap ke-dua.

#### 4.3.10 Ruang Kelas Tipe 10

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 10

Tipe 10 memiliki ruangan seluas 91.52 m<sup>2</sup>, dengan panjang 10.4 meter, lebar 8.8 meter, dan memiliki ketinggian 3.5 meter. Ruangan ini dapat menampung hingga 48 siswa dan 1 orang guru. Tipe ini digunakan pada ruang kelas kesenian (lantai 2).



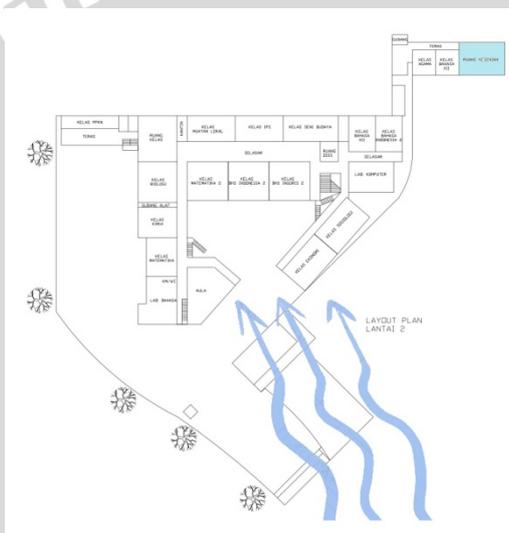
Gambar 4.59 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 10

Ruangan ini menggunakan penghawaan alami dengan sistem *cross ventilation*. Bukaan inlet dan outlet berada pada sisi yang berseberangan. Jenis ventilasi yang digunakan antara lain awning, fixed, dan fixed (80%).

Ruang kelas tipe 10 berada pada ujung bangunan SMA Negeri 4 Malang. Di dalam ruangan ini terdapat 2 buah kolom yang letaknya di tengah – tengah ruangan, sehingga pergerakan udara di dalam ruangan akan terpengaruh, meskipun dampaknya kecil.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 10

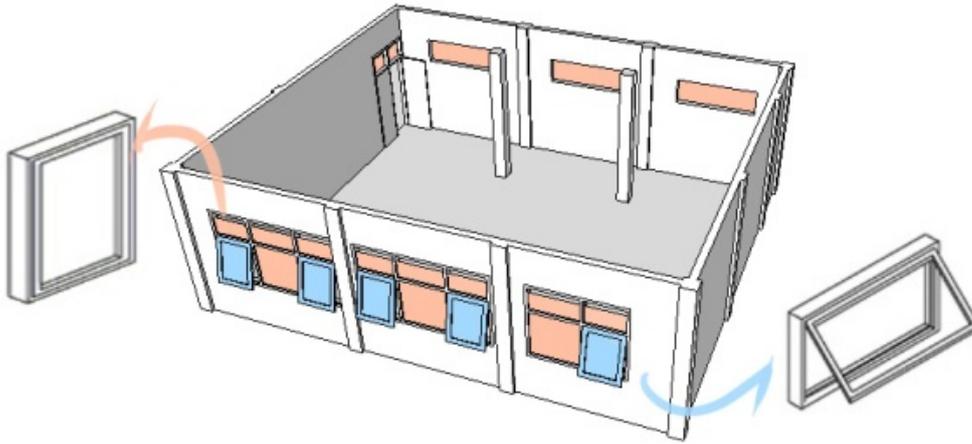
Terdapat 1 ruang kelas tipe 10, yang letaknya berada di lantai 2, di ujung bangunan sekolah (Gambar 4.??). Memiliki bentuk geometri berupa balok yang luas lantainya 91.52 m<sup>2</sup> dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari muka lantai.



Gambar 4.60 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 10 Terhadap Arah Angin Datang

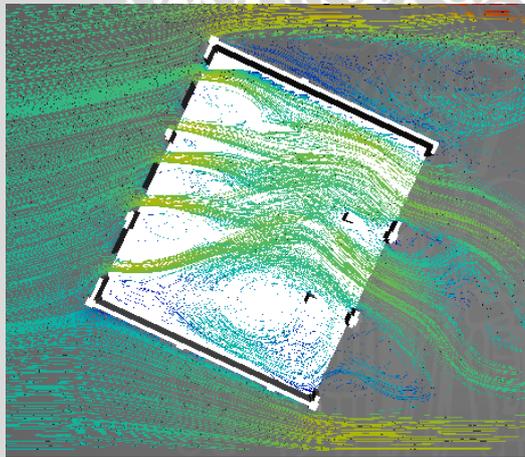
Ruang tipe 10 memanfaatkan penghawaan alami bangunan dengan menggunakan sistem *cross ventilation*. Angin yang menerpa membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, yang artinya tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

Bukaan inlet ruangan menggunakan jendela tipe awning, tipe fixed, dan tipe fixed (80%). Terdapat 5 jendela tipe awning yang masing – masing luas bukaannya 0.8 m<sup>2</sup>, berada di ketinggian 1.10 – 2.10 meter dari permukaan lantai. Di atasnya terdapat 8 jendela tipe fixed (80%), 5 diantaranya memiliki luas bukaan sebesar 0.08 m<sup>2</sup>, dan 3 lainnya memiliki luas bukaan sebesar 0.1 m<sup>2</sup>. Terdapat juga 3 jendela tipe fixed yang mana udara tidak dapat masuk dan hanya digunakan sebagai pencahayaan alami ruangan.



Gambar 4.61 Jenis – jenis Bukaannya yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 10

Bukaan outlet berada pada sisi yang berhadapan dengan sisi inlet. Terdapat 1 jenis jendela, yaitu tipe fixed (50%). Terdapat total 9 jendela tipe fixed (50%), yang masing – masing memiliki luas bukaan 0.12 m<sup>2</sup>, yang ditempatkan pada ketinggian antara 2.29 – 2.69 meter dari muka lantai. Selain itu, terdapat juga 2 jendela tipe fixed (80%) dengan luas masing – masing 0.06 m<sup>2</sup>, ditempatkan di atas pintu masuk ruangan.



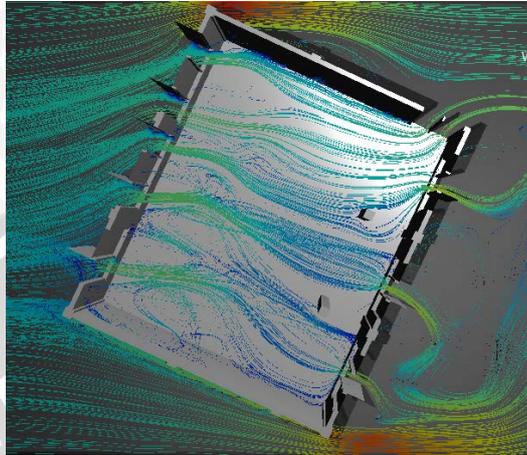
Gambar 4.62 Simulasi Pola Angin dalam Ruang Tipe 10 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 10 menunjukkan pola pergerakan angin yang kurang merata, persebaran udaranya  $\pm 59\%$  dari luas lantai ruangan. Sehingga tata letak bukaan perlu diatur lagi agar udara dapat tersebar lebih merata.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.7 m/s, relatif lebih tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis jendela inlet harus bisa mereduksi udara yang masuk agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 10

Permasalahan yang ditemukan pada ruang kelas tipe 10 yaitu persebaran anginnya kurang merata, dan kecepatan anginnya masih terlampaui tinggi di atas SNI. Rekomendasi tahap 1 yaitu dengan mengganti tipe jendela.



Gambar 4.63 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 10

Penggantian jendela tipe fixed dan awning menjadi tipe casement berdampak pada persebaran udara. Udara tersebar lebih merata, yakni mencapai 66% dari luas lantai ruangan. Kecepatan udara juga tereduksi, dari 0.7 m/s menjadi 0.3 m/s. Kondisi ruang kelas tipe 10 sekarang sudah mendekati SNI.

#### 4.3.11 Ruang Kelas Tipe 11

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 11

Ruang tipe 11 memiliki luas 56.24 m<sup>2</sup> dengan panjangnya 7.6 meter, lebar 7.4 meter, dan tinggi 3.75 meter. Ruang ini memiliki kapasitas 40 siswa dan 1 guru. Digunakan pada 1 ruang kelas, yaitu ruang IPA yang terletak di lantai 2.



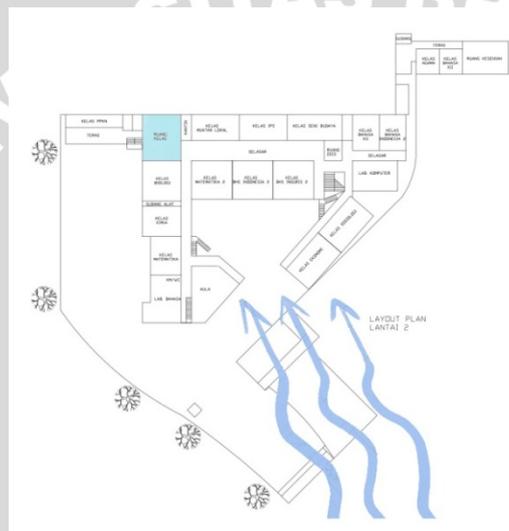
Gambar 4.64 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 11

Ruangan ini memanfaatkan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang, menggunakan dua sisi bukaan yang bersebelahan. Jendela yang digunakan yaitu jendela fixed (50%) dan jendela fixed (80%).

Terdapat cantilever di dalam ruangan, sehingga pola pergerakan angin dalam ruang menjadi terpengaruh.

## B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 11

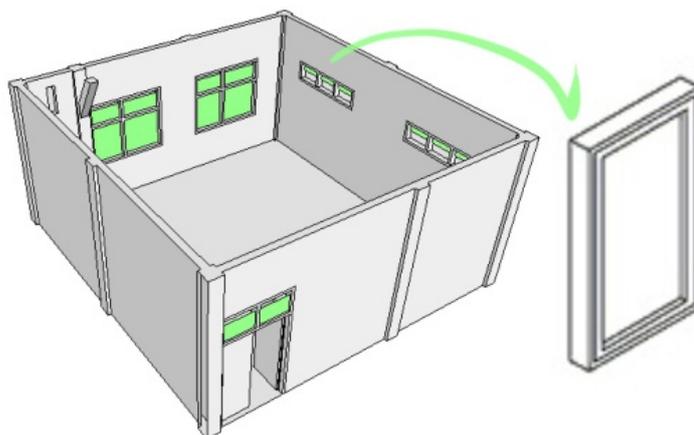
Ruang tipe 11 berada di lantai 2 (Gambar 4.??), dan hanya ada 1 di bangunan sekolah ini. Memiliki bentuk geometri berupa balok yang luas lantainya  $56.24 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 3.75 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.65 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 11 Terhadap Arah Angin Datang

Ruang tipe 11 menggunakan sistem ventilasi silang untuk memanfaatkan udara luar sebagai penghawaan alami ruangan. Angin yang menerpa membentuk sudut  $\pm 65$  derajat dari bidang bukaan inlet, yang artinya tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

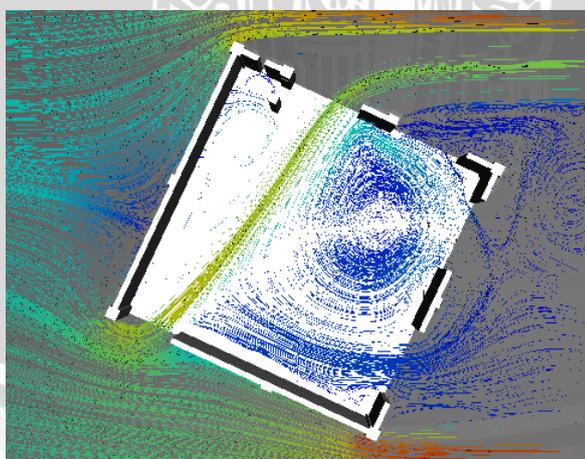
Bukaan inlet ruangan menggunakan jendela tipe fixed (80%), relatif kecil untuk sebuah ruangan dengan luas lantai  $56.24 \text{ m}^2$ . Terdapat 2 jendela dengan luas bukaan  $0.07 \text{ m}^2$ , yang letaknya berada tepat di atas pintu masuk ruangan, ditempatkan pada ketinggian 2.16 - 2.66 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.66 Jenis – jenis Bukaannya yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 11

Bukaan outletnya berada pada dua sisi, yakni di depan dan di samping bidang dinding dari bukaan inlet. Pada sisi outlet yang berhadapan dengan bukaan inlet terdapat beberapa tipe bukaan, yakni jendela tipe fixed, fixed (80%), dan lubang ventilasi sederhana. Terdapat 4 buah jendela tipe fixed (80%) yang ditempatkan pada ketinggian antara 2.16 – 2.66 meter dari muka lantai, 2 diantaranya memiliki luas bukaan sebesar 0.1 m<sup>2</sup>, dan 2 lainnya memiliki luas bukaan sebesar 0.08 m<sup>2</sup>. Sedangkan lubang ventilasi sederhana berada di sudut ruangan dengan luas bukaan 0.14 m<sup>2</sup>.

Sedangkan outlet pada sisi yang lain terdapat 1 jenis jendela, yaitu jendela fixed (50%). Terdapat total 6 jendela yang masing – masingnya memiliki luas bukaan 0.12 m<sup>2</sup>, dan ditempatkan pada ketinggian 2.29 – 2.69 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.67 Simulasi Pola Angin dalam Ruang Tipe 11 Eksisting

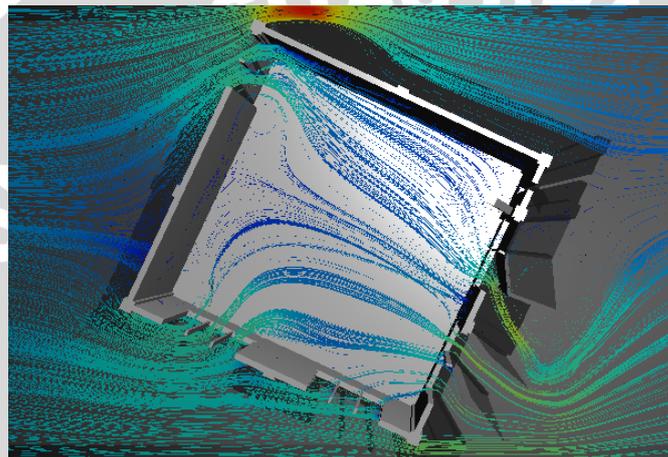
Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 11 menunjukkan pola pergerakan angin tidak merata, persebaran udara hanya  $\pm 26\%$  dari luas lantai ruangan.

Selain itu terdapat turbulensi angin yang cukup besar di dalam ruangan. Sehingga tata letak bukaan perlu diatur lagi agar udara dapat tersebar lebih merata.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 1.1 m/s, cukup tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis jendela inlet harus bisa mereduksi udara yang masuk agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 11

Permasalahan yang ditemukan pada ruang kelas tipe 11 adalah persebaran udara yang tidak merata, yakni hanya 26%. Solusi tahap 1 adalah dengan cara mengganti tipe jendela.



Gambar 4.68 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 12

Jendela yang berada di sisi inlet diubah seluruhnya menjadi tipe csement. Sehingga dapat menangkap lebih banyak udara. Kemudian dibelokkan sedemikian rupa agar udara dapat memenuhi ruangan. Persebaran udara yang sebelumnya hanya 26% mengalami peningkatan menjadi 62%. Dan kecepatan udaranya tereduksi menjadi  $\pm 0.2$  m/s. sehingga ruang tipe 11 sudah memenuhi standar SNI.

#### 4.3.12 Ruang Kelas Tipe 12

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 12

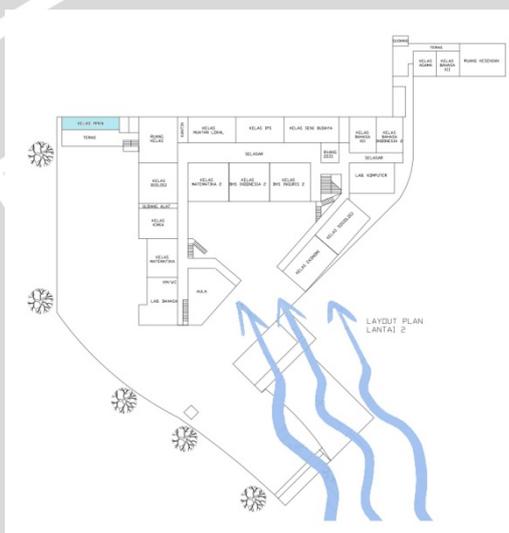
Ruangan tipe 12 memiliki luas 45.9 m<sup>2</sup>, dengan panjang x lebar = 9 x 5.1 m. tinggi plafon 3.5 meter terhitung dari muka lantai. Ruangan ini memiliki kapasitas 36 siswa dan 1 guru. Digunakan untuk ruang PPKn yang terletak di lantai 2.

Menggunakan penghawaan alami dengan bantuan sistem ventilasi silang (outlet dan inlet pada sisi yang berhadapan). Jendela yang digunakan yaitu tipe awning dan fixed

(80%). Di depan ruangan ini terdapat lapangan basket, dan langsung berbatasan dengan jalan raya, hal ini menyebabkan kecepatan angin yang menerpa bangunan relatif tinggi, sehingga diperlukan perlakuan – perlakuan khusus untuk mengatasi permasalahan tersebut.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 12

Terdapat 1 ruang kelas tipe 12, yang letaknya berada di lantai 2 (Gambar 4.??). Memiliki bentuk geometri berupa balok yang luas lantainya  $45.9 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 3.5 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.69 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 12 Terhadap Arah Angin Datang

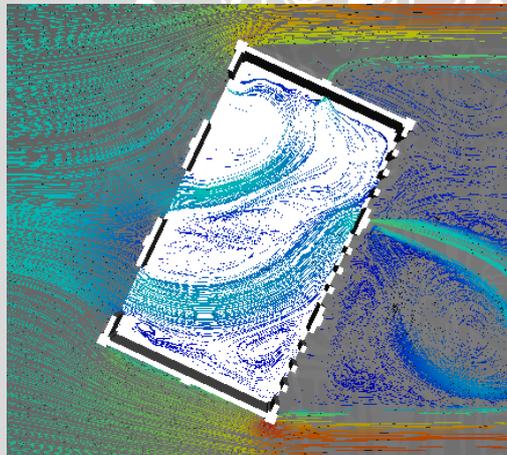
Ruang tipe 12 menggunakan sistem ventilasi silang untuk memanfaatkan udara luar sebagai penghawaan alami ruangan. Angin yang menerpa membentuk sudut  $\pm 25$  derajat dari bidang bukaan inlet, yang artinya tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

Bukaan inlet ruangan menggunakan jendela tipe awning dan tipe fixed (80%). Terdapat 4 buah jendela tipe awning yang masing – masing luas bukaannya  $0.67 \text{ m}^2$ , ditempatkan pada ketinggian 1 – 2 meter dari permukaan lantai. Terdapat pula 6 jendela tipe fixed (80%), 4 diantaranya memiliki luas  $0.07 \text{ m}^2$  berada pada ketinggian 2.06 – 2.56 meter dari muka lantai, terletak tepat di atas jendela tipe awning. 2 jendela tipe fixed (80%) yang lainnya memiliki luas bukaan yang berbeda yaitu  $0.06 \text{ m}^2$ , berada di atas pintu masuk ruangan.



Gambar 4.70 Jenis – jenis Bukaannya yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 12

Bukaan outlet berada pada sisi yang berseberangan dengan bukaan inlet. Terdapat 12 bukaan outlet yang tipenya berupa lubang ventilasi sederhana dengan luas bukaan masing – masing 0.08 m<sup>2</sup>, ditempatkan pada ketinggian 2.8 – 3 meter dari permukaan lantai.



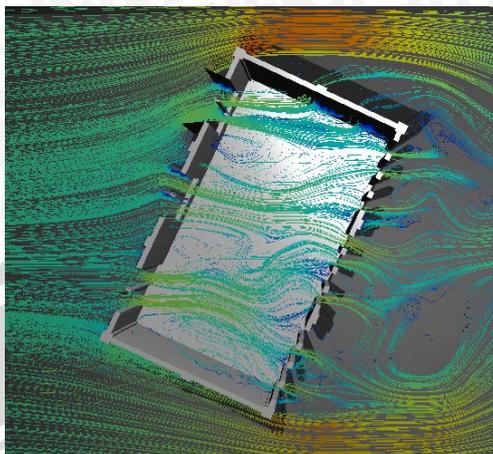
Gambar 4.71 Simulasi Pola Angin dalam Ruang Tipe 12 Eksisting

Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 12 menunjukkan pola pergerakan angin yang kurang merata, persebaran udara hanya  $\pm 50\%$  dari luas lantai ruangan. Sehingga tata letak bukaan perlu diatur lagi agar udara dapat tersebar lebih merata.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.6 m/s, lebih tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis jendela inlet harus bisa mereduksi udara yang masuk agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 12

Ruang kelas tipe 12 memiliki permasalahan persebaran udara yang kurang merata. Dan kecepatannya masih melebihi standar SNI. Rekomendasi pertama yang diberikan adalah dengan mengganti tipe jendela.



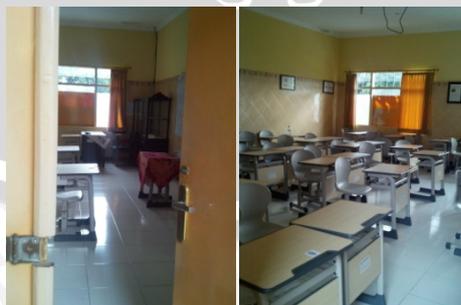
Gambar 4.72 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 12

Jendela – jendela yang berada di bidang inlet diubah menjadi tipe casement, kemudian diarahkan sedemikian rupa agar persebaran udaranya lebih merata. Dari yang sebelumnya 50% meningkat menjadi 73%. Namun kecepatan udaranya juga bertambah menjadi 0.7 m/s. sehingga diperlukan rekomendasi tahap kedua.

#### 4.3.13 Ruang Kelas Tipe 13

##### A. Gambaran Umum Ruang Kelas Tipe 13

Ruang tipe 13 luasnya 56.24 m<sup>2</sup>, panjangnya 7.6 meter, lebarnya 7.4 meter, dan tingginya 3.5 meter. Ruangan ini menampung 40 siswa dan 1 orang guru, digunakan pada kelas matematika 2 di lantai 2.



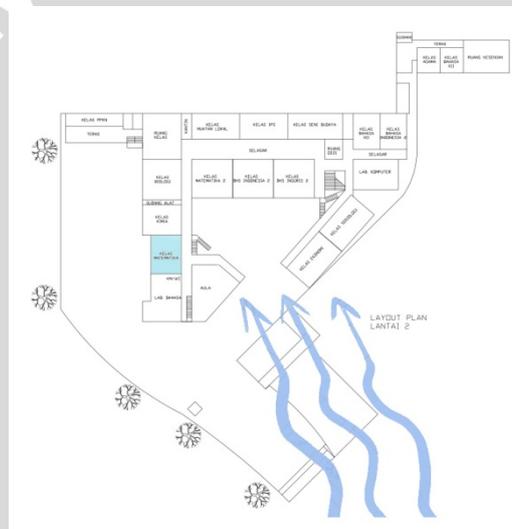
Gambar 4.73 Kondisi Suasana Ruang Kelas Tipe 13

Penghawaan ruangan memanfaatkan penghawaan alami dengan sistem ventilasi silang yang bukaan inlet dan outletnya berada pada sisi yang saling berhadapan. Jenis ventilasi yang digunakan yakni tipe fixed, fixed (80%), dan fixed (50%).

Luas bukaan harus memenuhi standar minimal SNI, untuk bangunan sekolah masuk pada kategori bangunan kelas 5, bersama dengan gedung perkantoran dan tata usaha, atau sejenisnya. Dimana luas bukaan minimal yaitu 10% dari luas permukaan lantai. Berikut tabel perbandingan luas lantai, luas bukaan eksisting, dan luas bukaan menurut SNI.

### B. Analisis Kondisi Eksisting dan Angin dalam Ruang Tipe 13

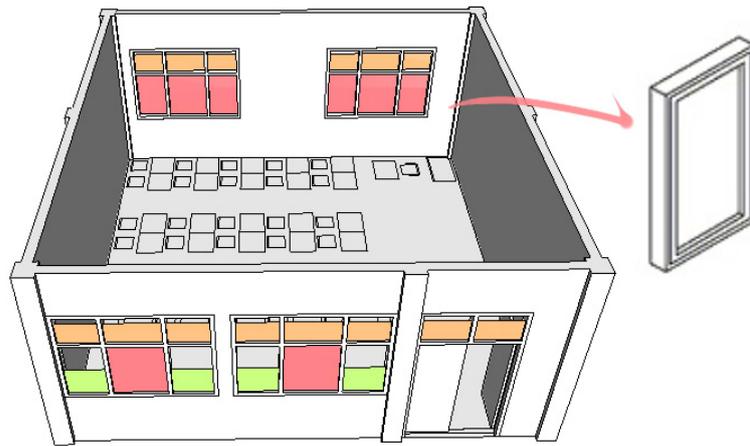
Terdapat 1 ruang kelas tipe 13, yang letaknya berada di lantai 2 (Gambar 4.??). Memiliki bentuk geometri berupa balok yang luas lantainya  $56.24 \text{ m}^2$  dengan ketinggian plafon 3.75 meter dari permukaan lantai.



Gambar 4.74 Posisi Kedudukan Ruang Tipe 13 Terhadap Arah Angin Datang

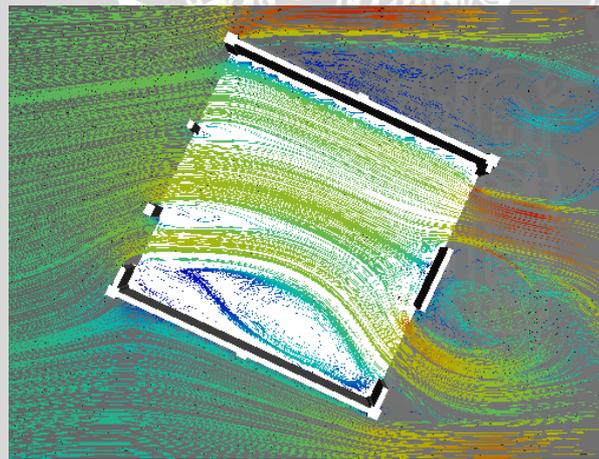
Ruang tipe 13 menggunakan sistem ventilasi silang untuk memanfaatkan udara luar sebagai penghawaan alami ruangan. Angin yang menerpa membentuk sudut  $\pm 65$  derajat dari bidang bukaan inlet, yang artinya tidak menerpa langsung secara tegak lurus bidang.

Bukaan inlet ruangan menggunakan jendela tipe fixed, fixed (50%), dan tipe fixed (80%) Terdapat 4 buah jendela tipe fixed (50%) yang masing – masing bukaannya seluas  $0.3 \text{ m}^2$ , ditempatkan pada ketinggian  $1.10 - 2.10$  meter dari permukaan lantai. Terdapat juga 8 jendela tipe fixed (80%) yang memiliki luas bukaan yang berbeda. 2 diantaranya memiliki luas bukaan masing – masing  $0.1 \text{ m}^2$ . 4 jendela yang lain memiliki luas bukaan masing – masing sebesar  $0.06 \text{ m}^2$ . Dan 2 sisanya berada tepat di atas pintu masuk yang masing – masing luas bukaannya sebesar  $0.3 \text{ m}^2$ .



Gambar 4.75 Jenis – jenis Bukaannya yang Digunakan pada Ruang Kelas Tipe 13

Bukaan outlet menggunakan jendela tipe fixed dan tipe fixed (80%). Terdapat 6 jendela tipe fixed (80%) dengan luas bukaan yang berbeda – beda. 2 diantaranya memiliki luas bukaan masing – masing sebesar 0.1 m<sup>2</sup>. 4 sisanya memiliki masing – masing bukaan sebesar 0.06 m<sup>2</sup>. Semuanya ditempatkan pada ketinggian 2.16 – 2.66 meter dari permukaan lantai. Sedangkan jendela tipe fixed hanya digunakan sebagai pencahayaan alami ruangan, sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk mengalirkan udara.



Gambar 4.76 Simulasi Pola Angin dalam Ruang Tipe 13 Eksisting

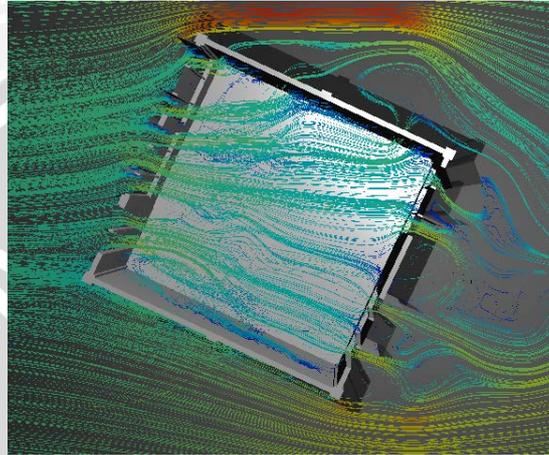
Hasil simulasi yang diterapkan pada objek kajian ruang kelas tipe 13 menunjukkan pola pergerakan angin kurang merata, persebaran udaranya  $\pm 73\%$  dari luas lantai ruangan. Sehingga tata letak bukaan perlu diatur lagi agar udara dapat tersebar lebih merata.

Kecepatan udara di dalam ruangan berkisar antara 0 – 0.6 m/s, lebih tinggi bila dibandingkan standar SNI yang berkisar antara 0.15 – 0.25 m/s. Sehingga pemilihan jenis

jendela inlet harus bisa mereduksi udara yang masuk agar memenuhi standar kecepatan angin SNI.

### C. Rekomendasi Rancangan Ventilasi pada Ruang Tipe 13

Ruang kelas tipe 13 memiliki masalah utama pada kecepatan udaranya. Dimana hasil simulasi eksisting menunjukkan kecepatannya melebihi SNI yaitu 0.6 m/s.



Gambar 4.77 Rekomendasi pemilihan jenis jendela pada ruang tipe 13

Tipe jendela diubah menjadi tipe single casement, agar udara yang ditangkap oleh bukaan inlet lebih banyak. Persebaran udara meningkat, dari 73% menjadi 80%. Sedangkan kecepatan udaranya juga berkurang, dari 0.6 m/s menjadi 0.25 m/s. Sehingga ruang kelas tipe 13 sudah memenuhi standar an tidak perlu diberikan rekomendasi tahap 2.

Tabel 4.7 Rekap hasil rekomendasi bukaan

Ruang Kelas	Eksisting		Tahap 1		Tahap 2		Tahap 3		Ket.
	V (m/s)	%	V (m/s)	%	V (m/s)	%	V (m/s)	%	
Tipe 1	0.5	55	0.2	82.3	-	-	-	-	
Tipe 2	0.6	63.6	0.2	65.3	-	-	-	-	
Tipe 3	0.7	50	0.2	61	-	-	-	-	
Tipe 4	0.6	47	0.2	70	-	-	-	-	
Tipe 5	0.25	52.7	0.2	92	-	-	-	-	
Tipe 6	0.7	79	0.25	85	-	-	-	-	
Tipe 7	0.7	57	0.6	87	0.2	82	-	-	
Tipe 8	0.2	34	0.5	82	0.2	79	-	-	
Tipe 9	0.6	66	0.6	89.8	0.25	88	-	-	
Tipe 10	0.7	59	0.25	67.8	-	-	-	-	
Tipe 11	1.1	26	0.25	69	-	-	-	-	
Tipe 12	0.6	50	0.7	74	0.15	74	-	-	
Tipe 13	0.6	73	0.15	94	-	-	-	-	

Dari hasil sintesis data diperoleh bahwa penghawaan alami ruangan tidak optimal. Ruang kelas tipe 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, dan 13 rata – rata kecepatan melebihi titik optimal, sehingga perlu untuk direduksi. Dan untuk persebaran udara di dalam ruangan, tipe 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, dan 12 masih di bawah titik optimal.

Rekomendasi tahap 1, yakni dengan mengganti jenis bukaan jendela tipe awning, menjadi tipe casement, dapat menyelesaikan permasalahan persebaran udara pada semua tipe. Untuk kecepatan angin, tipe 7, 8, 9 dan 12 masih terlalu tinggi dan belum mencapai titik optimal. Sehingga perlu dilakukan rekomendasi tahap 2.

Rekomendasi tahap 2, yakni dengan mengubah luas bukaan, dapat mengubah kecepatan angin hingga mencapai titik optimal. Persebaran udara juga mengalami perubahan, tetapi masih berada di titik optimal. Sehingga rekomendasi tahap 3 tidak perlu untuk dilakukan.