

**MODIFIKASI ELEMEN BUKAAN UNTUK MENINGKATKAN  
KENYAMANAN TERMAL DI RUANG KELAS TA-MI SUNAN  
KALIJAGA MALANG**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RENDY EKO SETYAWAN  
NIM. 145060501111042**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2019**

repository.ub.ac.id

**LEMBAR PENGESAHAN**

**MODIFIKASI ELEMEN BUKAAN UNTUK MENINGKATKAN  
KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG KELAS DI TA-MI SUNAN  
KALIJAGA MALANG**

**SKRIPSI**

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RENDY EKO SETYAWAN**  
**NIM. 145060501111042**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 18 Desember 2019

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur



Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.  
NIP. 49650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing

Andika Citraningrum, ST, MT, MSc.  
NIP. 201201 870425 2 001

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIBSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan Saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran Saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, Saya bersedia Skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Desember 2019



Rendy Eko Setyawan  
145060501111042

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



**SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 878 /UN10.F07.15/PP/2019

Sertifikat ini diberikan kepada :

**RENDY EKO SETYAWAN**

Dengan Judul Skripsi :

**MODIFIKASI ELEMEN BUKAAN UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG  
 KELAS DI TA-MI SUNAN KALIJAGA MALANG**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 23 Desember 2019



Ketua Program Studi S1 Arsitektur

ARSITEKTUR, Ir. Herry Santosa, ST., MT  
 NIP. 19730525 200003 1 004

Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St., Ph.D  
 NIP. 19650218 199002 1 001

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia  
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486  
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : [arsftub@ub.ac.id](mailto:arsftub@ub.ac.id)



LEMBAR HASIL  
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI

Nama : Rendy Eko Setyawan  
NIM : 145060501111042  
Judul Skripsi : Modifikasi Elemen Bukaan untuk Meningkatkan Kenyamanan Termal di Ruang Kelas Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang  
Dosen Pembimbing : Andika Citraningrum, ST, MT, MSc.  
Periode Skripsi : Semester Genap/Ganjil 2019/2020  
Alamat Email : [rendyeko21@gmail.com](mailto:rendyeko21@gmail.com)

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
24 Desember 2019	1	17%	
	2		
	3		

Malang, 27 Desember 2019

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

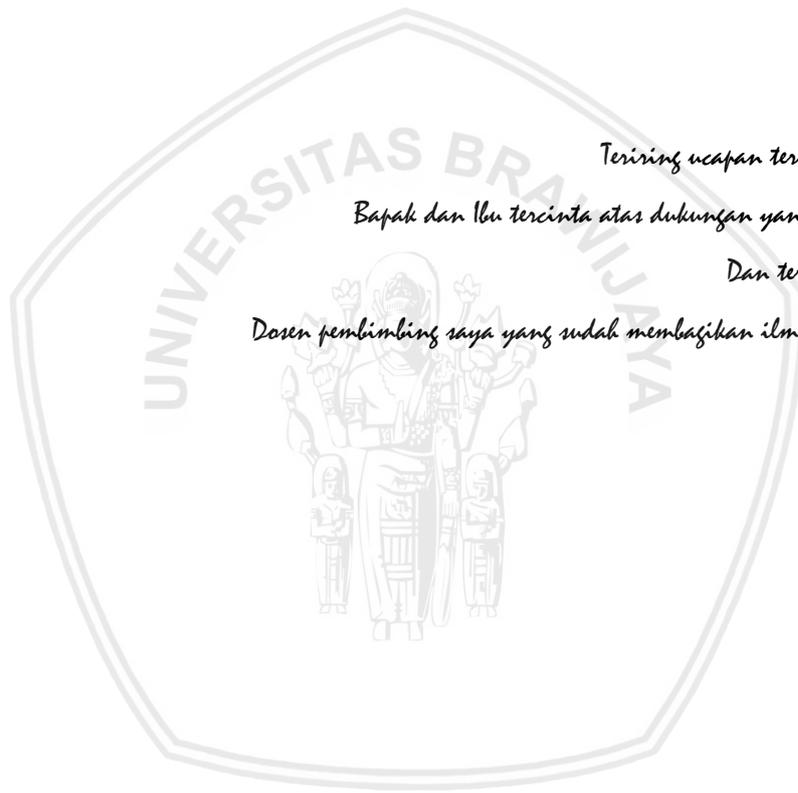
Kepala Laboratorium  
Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Andika Citraningrum, ST, MT, MSc  
NIP. 201201 870425 2 001

Wasiska Iyati, ST, MT  
NIP.19870504 201903 2 014

Keterangan:

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas dan Sertifikat Bebas Plagiasi



*Teriring ucapan terima kasih kepada,  
Bapak dan Ibu tercinta atas dukungan yang selalu diberikan  
Dan terima kasih kepada  
Dosen pembimbing saya yang sudah membagikan ilmunya kepada saya*

## RINGKASAN

**Rendy Eko Setyawaan**, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2019, *Modifikasi Elemen Bukaannya Untuk Meningkatkan Kenyamanan Termal di Ruang Kelas Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang*, Dosen Pembimbing: Andika Citraningrum, ST, MT, MSc.

Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang merupakan fasilitas pendidikan berupa bangunan dengan fungsi serupa dengan Taman Kanak-kanak dan Sekolah Dasar. Ta-Mi Sunan Kalijaga berada di lingkungan padat dengan area perluasan yang minim. Kondisi bukaan pada ruang kelas Ta-Mi Sunan Kalijaga juga masih minim, sehingga membuat suhu di dalam ruangan lebih tinggi dari suhu di luar ruangan. Oleh karena itu diperlukan modifikasi bukaan di ruang kelas untuk menurunkan suhu di dalam ruang kelas.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan eksperimental dengan software Autodesk Ecotect Analysis 2011. Data primer berupa data pengukuran suhu, kelembapan udara, kecepatan angin dan pengukuran fisik bangunan dengan survey secara langsung. Kemudian data ini dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Setelah dianalisis diketahui bahwa suhu di dalam ruang kelas lebih tinggi dari suhu nyaman Kota Malang. Suhu rata-rata di dalam ruang kelas adalah  $32,5^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu nyaman Kota Malang sebesar  $27,5^{\circ}\text{C}$ . Tahap berikutnya adalah modifikasi elemen bukaan pada ruang kelas untuk menurunkan suhu di dalam ruang kelas agar nyaman bagi siswa untuk belajar.

Modifikasi bukaan yang berhasil menurunkan suhu di dalam ruangan adalah modifikasi dimensi bukaan, posisi bukaan, tipe bukaan, ventilasi dan penambahan shading device. Suhu di dalam ruangan setelah modifikasi turun dari  $32,5^{\circ}\text{C}$  menjadi  $28,4^{\circ}\text{C}$ . Dengan penurunan suhu ini modifikasi elemen bukaan dapat menunjang masuknya penghawaan alami untuk meningkatkan kenyamanan termal di dalam ruang kelas.

Kata Kunci: elemen bukaan, kenyamanan termal, modifikasi.

## SUMMARY

**Rendy Eko Setyawan**, Department of Architecture, Faculty of Engineering Brawijaya University, December 2019, *Modification of Opening Elements to Improve Thermal Comfort in Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang Classroom*, Academic Supervisor: Andika Citraningrum, ST, MT, MSc.

*Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang is an educational facility in the form of buildings with functions similar to kindergartens and elementary schools. Ta-Mi Sunan Kalijaga is in a crowded environment with minimal expansion area. The condition of the openings in the Ta-Mi Sunan Kalijaga classroom is also still minimal, thus making the temperature inside the room higher than the temperature outside the room. Therefore it is necessary to modify openings in the classroom to reduce the temperature in the classroom.*

*This research uses quantitative and experimental methods with Autodesk Ecotect Analysis 2011 software. Primary data in the form of temperature, air humidity, wind speed and physical measurements of buildings by direct survey. Then this data is analyzed using quantitative and qualitative descriptive methods. After analyzing it is known that the temperature in the classroom is higher than the comfortable temperature in Malang. The average temperature in the classroom is 32.5 ° C, while the comfortable temperature in Malang is 27.5 ° C. The next stage is the modification of the opening element in the classroom to reduce the temperature in the classroom so that it is comfortable for students to learn.*

*Modification of openings that succeed in lowering the temperature in the room is a modification of the opening dimensions, opening position, opening type, ventilation and the addition of shading devices. The temperature in the room after modification dropped from 32.5 ° C to 28.4 ° C. With this temperature reduction the modification of the opening element can support the entry of natural air to increase thermal comfort in the classroom.*

*Keywords: opening elements, thermal comfort, modification*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga laporan skripsi yang berjudul “Modifikasi Elemen Bukaannya Untuk Meningkatkan Kenyamanan Termal di Ruang Kelas Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang” dapat terselesaikan tepat waktu.

Proses penyelesaian laporan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan dan dukungannya dari awal penyusunan. Untuk itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya,
2. Nabi Muhammad SAW. Rahmat bagi seluruh alam semesta,
3. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungannya, sehingga laporan skripsi ini dapat selesai tepat waktu,
4. Ibu Andika Citraningrum, ST, MT, MSc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan positif dalam proses penyusunan laporan skripsi hingga selesai,
5. Bapak Agung Murti Nugroho, ST, MT, Ph.D dan Bapak Ir. Heru Sufianto, M.Arch, ST, Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan,
6. Ibu Wasiska Iyati, ST, MT selaku Kepala Laboratorium Dokumentasi dan Tugas Akhir
7. Serta pihak lain yang telah membantu proses penyelesaian laporan skripsi.

Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dengan segala keterbatasan kemampuan dalam penyelesaian. Kritik dan saran dari semua pihak yang membangun diharapkan untuk langkah perbaikan di masa mendatang.

Malang, 18 Desember 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Identifikasi Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Rumusan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Batasan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Tujuan penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Manfaat penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.7 Sistematika penulisan .....</b>	<b>4</b>
<b>1.8 Kerangka pemikiran.....</b>	<b>5</b>
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Ta – Mi.....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Definisi Ta (Tarbiyatul Athfal) – Mi (Madrasah Ibtidaiyah) .....	7
2.1.2 Fasilitas Belajar di Ta - Mi .....	7
2.1.3 Pengguna Ruang pada Ta – Mi.....	8
<b>2.2 Kenyaman Termal .....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Kenyamanan Suhu .....	9
2.2.2 Kenyamanan Ventilasi.....	10
2.2.3 Aliran angin .....	11
<b>2.3 Iklim Tropis .....</b>	<b>13</b>
2.3.1 Iklim Tropis Lembab .....	13
2.3.2 Karakteristik Iklim Tropis Lembab .....	14
<b>2.4 Elemen Bukaan ( Jendela ).....</b>	<b>15</b>
<b>2.5 Elemen Bukaan ( Ventilasi ).....</b>	<b>17</b>
2.5.1 Perancangan Sistem Ventilasi Alami.....	18
2.5.2 Ventilasi Gaya Angin .....	18
2.5.3 Penempatan yang diinginkan .....	18
<b>2.6 Metode Simulasi .....</b>	<b>19</b>
2.6.1 Software Ecotect.....	19
<b>2.8 Tinjauan Terdahulu .....</b>	<b>20</b>
<b>2.9 Kerangka Berpikir.....</b>	<b>21</b>
<b>BAB III.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Metode dan Tahapan Penelitian.....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Metode Penelitian.....	23



3.1.2	Tahapan Penelitian .....	23
<b>3.2</b>	<b>Lokus dan Fokus Penelitian .....</b>	<b>24</b>
3.2.1	Lokus Penelitian.....	24
3.2.2	Fokus Penelitian.....	26
<b>3.3</b>	<b>Populasi dan Sampel .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Variabel Penelitian .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Metode dan Teknik Pengumpulan Data .....</b>	<b>28</b>
3.5.1	Pengumpulan Data Primer .....	28
3.5.2	Pengumpulan Data Sekunder .....	28
<b>3.6</b>	<b>Metode Analisis Data dan Sintesis .....</b>	<b>29</b>
3.6.1	Metode Analisis Data.....	29
3.6.2	Metode Sintesis .....	29
<b>3.7</b>	<b>Waktu Penelitian.....</b>	<b>29</b>
<b>3.8</b>	<b>Instrumen Penelitian .....</b>	<b>30</b>
<b>3.9</b>	<b>Kerangka Metode Penelitian.....</b>	<b>31</b>
<b>BAB IV</b>	<b>.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Identifikasi Objek .....</b>	<b>33</b>
4.1.1	Kondisi Geografis Kota Malang.....	33
4.1.2	Kondisi Iklim Kota Malang.....	34
4.1.3	Kondisi Tapak TA – MI Sunan Kalijaga Malang.....	34
4.1.4	Kondisi Bangunan Ta – Mi Sunan Kalijaga Malang.....	36
<b>4.2</b>	<b>Analisis Suhu Kota Malang.....</b>	<b>37</b>
4.2.1	Suhu Netral Kota Malang.....	37
4.2.2	Analisis Arah Angin.....	39
<b>4.3</b>	<b>Analisis Visual .....</b>	<b>40</b>
4.3.1	Analisis Pembayangan Bangunan .....	40
4.3.2	Analisis Elemen Bukaannya .....	50
<b>4.4</b>	<b>Analisis Data Pengukuran.....</b>	<b>54</b>
4.4.1	Data Pengukuran .....	54
4.4.2	Analisis Pengukuran.....	57
<b>4.5</b>	<b>Analisis Simulasi .....</b>	<b>64</b>
4.5.1	Perbandingan hasil simulasi dengan data pengukuran .....	66
<b>4.6</b>	<b>Alternatif Rekomendasi Desain .....</b>	<b>68</b>
4.6.1	Alternatif Desain Jendela .....	68
4.6.2	Alternatif Desain Ventilasi.....	76
4.6.3	Alternatif Desain <i>Shading Device</i> .....	79
<b>4.7</b>	<b>Hasil Rerkomendasi .....</b>	<b>83</b>
<b>BAB V</b>	<b>.....</b>	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran .....</b>	<b>85</b>







Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram kerangka pemikiran .....	5
Gambar 2.2 Kebutuhan kecepatan angin untuk kenyamanan ventilasi .....	11
Gambar 2.3 Pola aliran udara .....	12
Gambar 2.4 Tipe jendela fixed window.....	15
Gambar 2.5 Jendela casement window .....	15
Gambar 2.6 Jendela Hopper Window .....	16
Gambar 2.7 Jendela Nako .....	16
Gambar 2.8 Sliding window .....	16
Gambar 2.9 Pivot Windowa .....	17
Gambar 2.10 Diagram kerangka teori.....	21
Gambar 3.11 Peta lokasi Ta- Mi Sunan Kalijaga Malang .....	25
Gambar 3.12 Site plan Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang.....	25
Gambar 3.13 Denah Lantai 1 .....	26
Gambar 3.14 Denah Lantai 2.....	27
Gambar 3.15 Titik pengukuran pada ruang kelas .....	27
Gambar 3.16 <i>Kerangka Metode Penelitian</i> .....	31
Gambar 4.17 Peta Kota Malang .....	33
Gambar 4.18 Suhu rata-rata Kota Malang 2013-2017.....	34
Gambar 4.19 Lokasi TA-MI Sunan Kalijaga .....	35
Gambar 4.20 Siteplan TA-MI Sunan Kalijaga .....	35
Gambar 4.22 Rumah samping gang .....	35
Gambar 4.21 Gang depan sekolah .....	35
Gambar 4.24 Rumah seberang jalan .....	35
Gambar 4.23 Rumah samping sekolah .....	35
Gambar 4.26 Jalan depan sekolah .....	36
Gambar 4.25 Rumah seberang jalan .....	36
Gambar 4.27 Denah lantai 2 .....	36
Gambar 4.28 Denah lantai 1 .....	37
Gambar 4.29 Kondisi di TA-MI Sunan Kalijaga .....	37
Gambar 4.30 Suhu netral Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017.....	38

Gambar 4.31 Suhu nyaman Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017.....	38
Gambar 4.32 Arah angin pada siteplan bangunan .....	39
Gambar 4.33 Potongan sistem penghawaan alami pada bangunan .....	39
Gambar 4.34 Titik pengukuran pada denah .....	55
Gambar 4.35 Data pengukuran eksisting.....	55
Gambar 4.36 Data pengukuran kelembapan udara ruang kelas lantai 1 .....	56
Gambar 4.37 Data pengukuran kelembapan udara ruang kelas lantai 2.....	56
Gambar 4.38 Kecepatan angin didalam ruang kelas.....	57
Gambar 4.39 Suhu rata-rata eksisting.....	58
Gambar 4.40 Kecepatan angin didalam ruang kelas.....	58
Gambar 4.41 Grafik suhu kelas 1 dan 2 5 April.....	59
Gambar 4.42 Analisis kenyamanan ventilasi kelas 1 dan 2 .....	60
Gambar 4.43 Grafik suhu kelas TA A dan 4 5 April .....	60
Gambar 4.44 Analisis kenyamanan ventilasi kelas TA A dan 4.....	61
Gambar 4.45 Grafik suhu kelas TA B dan 3 5 April .....	61
Gambar 4.46 Analisis kenyamanan ventilasi kelas TA B dan 3 .....	62
Gambar 4.47 Grafik suhu kelas 5 5 April.....	62
Gambar 4.48 Analisis kenyamanan ventilasi kelas 5.....	63
Gambar 4.49 Grafik suhu kelas 6 5 April.....	63
Gambar 4.50 Analisis kenyamanan ventilasi kelas 6.....	64
Gambar 4.51 Model simulasi TA-MI Sunan Kalijaga.....	64
Gambar 4.52 Letak jendela eksisting.....	69
Gambar 4.54 Jendela A2.....	69
Gambar 4.53 Jendela A1.....	69
Gambar 4.55 Jendela samping tangga .....	69
Gambar 4.56 Standart ketinggian aktivitas murid dalam berbagai usia .....	73
Gambar 4.57 Tipe jendela yang berbeda mengalirkan udara .....	74
Gambar 4.58 Posisi bukaan berhadapan langsung .....	76
Gambar 4.59 Denah rekomendasi ventilasi A.....	77
Gambar 4.60 tampak rekomendasi ventilasi A .....	77
Gambar 4.61 Jarak antar ventilasi A.....	77
Gambar 4.62 Detail ukuran ventilasi A .....	78
Gambar 4.63 Denah rekomendasi ventilasi B .....	78

Gambar 4.64 Jarak antar ventilasi B ..... 78  
Gambar 4.65 Detail ukuran ventilasi B..... 79  
Gambar 4.66 Jenis shading device peneduh: Overhang ..... 80  
Gambar 4.67 Jenis shading device: Sirip vertikal(Kiri) dan Eggcrate(Kanan) ..... 80





Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh angin terhadap kenyamanan ventilasi.....	10
Tabel 2.2 Kecepatan angin terhadap kenyamanan ventilasi .....	10
Tabel 4.3 Klasifikasi Iklim berdasarkan daerahnya .....	14
Tabel 2.4 Elemen - elemen pada software <i>Ecotect Analysis</i> .....	19
Tabel 4.5 Pembayangan pada pukul 08.00 .....	40
Tabel 4.6 Pembayangan pada pukul 12.00 .....	42
Tabel 4.7 Pembayangan pukul 16.00 .....	45
Tabel 4.8 Pembayangan survey pukul 08.00 .....	47
Tabel 4.9 Pembayangan survey pukul 12.00 .....	48
Tabel 4.10 Pembayangan survey pukul 16.00.....	49
Tabel 4.11 Kondisi bukaan eksisting .....	51
Tabel 4.12 Kebutuhan dimensi bukaan.....	54
Tabel 4.13 Hasil simulasi kelas 1 dan 2.....	65
Tabel 4.14 Validasi simulasi kelas 1 dan 2 .....	66
Tabel 4.15 Validasi simulasi kelasTAa dan 4 .....	66
Tabel 4.16 Validasi simulasi kelasTAb dan 3 .....	67
Tabel 4.17 Validasi simulasi kelas5 .....	67
Tabel 4.18 Validasi simulasi kelas6.....	68
Tabel 4.19 Alternatif dimensi jendela .....	70
Tabel 4.20 Hasil simulasi alternatif dimensi jendela .....	71
Tabel 4.21 Alternatif posisi jendela .....	73
Tabel 4.22 Hasil simulasi alternatif posisi jendela.....	74
Tabel 4.23 Alternatif tipe jendela .....	75
Tabel 4.24 Alternatif <i>shading device</i> .....	81
Tabel 4.25 Hasil simulasi alternatif <i>shading device</i> .....	83
Tabel 4.26 Perbandingan eksisting dengan hasil rekomendasi .....	83



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Kota Malang dikenal dengan julukan kota pendidikan yang ada di provinsi Jawa Timur. Julukan ini disematkan karena banyak bangunan pendidikan yang tersebar diseluruh penjuru Kota Malang. Dari bangunan Taman Kanak-kanak (TK) hingga Universitas / Institut Tinggi terdapat di Kota Malang. Sarana dan prasarana untuk bangunan pendidikan menjadi bagian penting dari berkembangnya dunia pendidikan di Kota Malang. Namun, meski dijuluki dengan kota pendidikan perkembangan sarana dan prasarana yang ada masih belum merata. Kepala Sub Dinas Sarana dan Prasarana Pendidikan Kota Malang mengatakan bahwa kondisi TK di Kota Malang sebagian masih kurang dari segi sarana dan prasarana.

Salah satu TK yang masih kurang dari segi sarana dan prasarana adalah Ta – Mi Sunan Kalijaga, Pisang Candi Barat, Kecamatan Sukun, Malang. Ta – Mi Sunan Kalijaga adalah sekolah yang dibentuk oleh yayasan pendidikan Al Islam Sunan Kalijaga. Sekolah ini berdiri di tanah waqaf dan difungsikan pertama kali sebagai Madrasah Ibtidaiyah (Mi) yang setara dengan sekolah dasar. Seiring dengan perkembangan, fungsi sekolah menjadi Tarbiyatul Athfal (Ta) yang setara dengan TK dan Madrasah Ibtidaiyah (Mi). Namun penambahan fungsi pada bangunan tidak dibarengi oleh penambahan ruang belajar, membuat adanya ruang kelas yang digunakan bergantian oleh Ta dan Mi. Tidak adanya penambahan ruang kelas disebabkan karena dana yang terbatas dan bangunan sekolah yang berada di lingkungan pemukiman yang padat.

Bangunan sekolah berada lingkungan padat bangunan. Bangunan Ta – Mi Sunan Kalijaga, Malang berbatasan langsung dengan rumah warga dan jalan. Bangunan juga berbatasan langsung dengan gang untuk sirkulasi warga. Bangunan sekolah terdiri dari dua lantai, lantai satu berisi tiga ruang kelas sedangkan lantai dua berisi dua ruang kelas, beserta ruang guru dan Kepala Sekolah. Tiga ruang kelas yang ada di lantai satu digunakan bergantian oleh Ta dan Mi. Saat pagi hari dari jam 07.30 – 10.00 digunakan

untuk kelas Ta A, Ta B, dan kelas 1 Mi. Setelah pukul 10.00 dengan rentang satu jam tiga ruang kelas digunakan untuk kelas 2, 3, dan 4 Mi. Di lantai dua ruang kelas digunakan oleh kelas 5 dan 6. Tiga ruang kelas di lantai 1 adalah kelas A, kelas B, dan kelas C. Kelas A digunakan oleh tiga pengguna yaitu anak – anak Ta A dengan usia 4-5 tahun, kelas 4 Mi dengan usia 10 tahun dan Guru. Kelas B digunakan oleh anak – anak Ta B dengan usia 5-6 tahun, kelas 3 Mi yang berusia 9 tahun, dan Guru. Sedangkan kelas C digunakan oleh anak – anak kelas 1 Mi dengan usia 7 tahun, kelas 2 Mi yang berusia 8 tahun, dan Guru. Dua ruang kelas di lantai dua selain penggunaanya Guru, masing – masing digunakan oleh kelas 5 Mi dan kelas 6 Mi.

Sarana dan prasana yang masih kurang adalah bukaan pada ruang kelas. Dalam satu ruang kelas hanya terdapat tiga ventilasi dan beberapa elemen bukaan lain. Guru yang mengajar di kelas mengatakan bahwa kondisi didalam kelas terasa gerah dan panas. Bukaan pada ruang kelas berhubungan dengan kenyamanan terhadap kondisi termal saat ada didalam ruang kelas. Kenyamanan terhadap kondisi termal dapat berhubungan dengan kenyamanan belajar bagi para siswa Ta – Mi. Kenyamanan termal merupakan salah satu faktor terpenting dalam bangunan yang harus diperhatikan karena mempengaruhi kegiatan didalam bangunan, jika kenyamanan termal kurang baik maka kegiatan di dalam ruangan tersebut akan berjalan tidak sesuai yang di inginkan dan juga akan mengganggu konsentrasi saat berlangsung kegiatan belajar-mengajar. Mengacu pada SNI 03-6572-2001 aspek yang mempengaruhi kenyamanan termal yaitu temperatur udara, kelembapan udara relatif, kecepatan angin, aktivitas pengguna, dan pakaian yang digunakan.

Oleh karena itu perlu diketahui kondisi termal yang ada di ruang kelas berdasar pengukuran lapangan. Bila diketahui kondisi termal dibawah standart akan memunculkan rekomendasi desain pada ruang kelas TA- MI Sunan Kalijaga Malang. Jadi meski bangunan berada di lingkungan yang padat dan dengan pengguna ruang yang beragam diharapkan bangunan sekolah dapat menerima penghawaan alami yang sesuai standart pada ruang kelas belajar.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Dalam uraian latar belakang diatas dapat diketuai bahwa :

1. Letak bangunan sekolah berada di lingkungan padat namun minim area perluasan bangunan yang menyebabkan kondisi ruang kelas yang panas.

2. Ruang kelas digunakan secara bergantian menyebabkan udara panas dari pengguna sebelumnya dirasakan oleh pengguna yang baru.
3. Kondisi bukaan pada ruang kelas kurang sesuai dan minim, sehingga berpengaruh terhadap kenyamanan termal dan distribusi penghawaan alami yang masuk ke dalam ruang kelas tersebut.

### **1.3 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana kondisi termal di dalam ruang kelas Ta – MI Sunan Kalijaga Malang ?
2. Bagaimana desain bukaan untuk menurunkan suhu udara pada ruang kelas Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang?

### **1.4 Batasan Masalah**

Pembahasan yang akan dilakukan pada sekolah Ta – Mi Sunan Kalijaga berkaitan dengan kondisi termal dan penghawaan alami pada ruang kelas, sehingga penelitian akan diberi batasan-batasan yang sesuai dengan aspek yang dibutuhkan. Dan aspek – aspek tersebut adalah :

1. Objek yang akan dikaji adalah bangunan sekolah Ta – Mi Sunan Kalijaga yang berlokasi di Jalan Pisang Candi Barat, Kecamatan Sukun, Kota Malang.
2. Ruang yang akan diteliti adalah ruang kelas yang digunakan kegiatan belajar mengajar.
3. Kondisi interior pada ruang kelas yang digunakan bergantian oleh siswa Ta - Mi dianggap tetap.
4. Penelitian difokuskan pada kenyamanan termal dengan modifikasi elemen bukaan.

### **1.5 Tujuan penelitian**

Ada beberapa tujuan yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengidentifikasi kondisi termal yang ada pada ruang kelas Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang.
2. Memberikan rekomendasi desain bukaan yang dapat menunjang masuknya penghawaan alami pada ruang kelas agar sesuai dengan kenyamanan belajar.

## 1.6 Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini baik dari disiplin ilmu Arsitektur maupun disiplin ilmu pasti lainnya, bertujuan mengetahui tentang kondisi termal pada ruang kelas Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang. Serta memunculkan rekomendasi desain bukaan alami pada ruang kelas yang nantinya dapat dijadikan referensi bagi pihak sekolah maupun pembaca.

## 1.7 Sistematika penulisan

### 1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang penjelasan secara umum mengenai penelitian yang menyangkut latar belakang penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan, dan kerangka pemikiran mengenai objek penelitian yaitu Sekolah Ta – Mi Sunan Kalijaga Malang.

### 2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas mengenai landasan teori tentang kondisi termal, sekolah, standart kenyamanan pada ruang kelas, dan bukaan bangunan untuk memecahkan permasalahan yang ada.

### 3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini menguraikan metode penelitian yang digunakan peneliti dalam mengumpulkan data hingga menganalisa data untuk mencapai sintesis.

### 4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

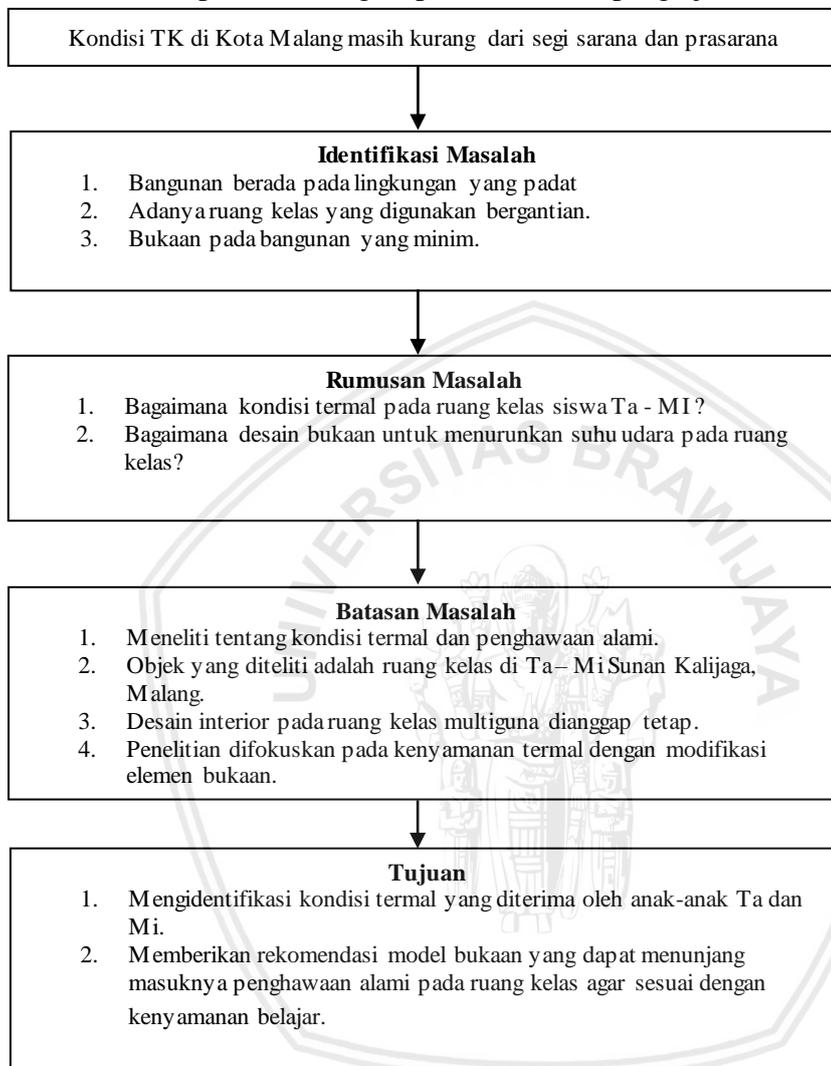
Bab ini membahas tentang analisis pengaruh bukaan terhadap kondisi termal pada ruang kelas. Produk yang di hasilkan berupa penjelasan data dari hasil observasi lapangan, validasi, analisis, evaluasi, serta proses rekomendasi desain berupa model bukaan yang mengacu pada standar atau parameter yang digunakan pada bab tinjauan pustaka.

### 5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang sudah dilakukan.

## 1.8 Kerangka pemikiran

Berikut ini merupakan kerangka pemikiran dari pengerjaan bab 1:



Gambar 1.1 Diagram kerangka pemikiran



Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Ta – Mi

##### 2.1.1 Definisi Ta (Tarbiyatul Athfal) – Mi (Madrasah Ibtidaiyah)

Tarbiyatul Athfal (Ta) adalah lembaga pendidikan yang setara dengan Taman Kanak – Kanak (Tk). Sedangkan untuk Madrasah Ibtidaiyah (Mi) adalah lembaga pendidikan yang bernaung di bawah Kementrian Agama dan setara dengan Sekolah Dasar yang bernaung dibawah Pendidikan Nasional sebagaimana disebutkan pada PP no 28/1990 pasal 1(3). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia madrasah ibtidaiyah berarti sekolah agama (Islam) tingkat dasar yang bercorak Islami. Pendidikan dalam madrasah ibtidaiyah dilakukan selama 6 tahun, mulai dari kelas 1 hingga kelas 6.

##### 2.1.2 Fasilitas Belajar di Ta - Mi

Menurut Mariyana, Nugraha, dan Rachmawati (2010) fasilitas belajar di Ta dibagi menjadi :

- Lingkungan Belajar dalam Kelas

Menurut Mariyana, Nugraha, dan Rachmawati (2010) lingkungan belajar dalam ruang (*indoor*) perlu penataan ruang belajar yang akan digunakan untuk kegiatan belajar mengajar, selain ruang peralatan yang memadai juga diperlukan untuk menciptakan lingkungan belajar yang efektif dalam memfasilitasi perkembangan belajar anak.

- Lingkungan Belajar luar Kelas

Menurut Mariyana, Nugraha, Rachmawati, kegiatan di luar ruangan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari program belajar-mengajar anak. Maka dari itu, lingkungan belajar outdoor patut dikelola secara serius oleh pihak sekolah. Melalui kegiatan pengelolaan outdoor semua sarana dan area belajar di luar kelas diharapkan dapat menjadi sarana yang efektif dalam membantu perkembangan dan belajar anak secara menyeluruh, baik perkembangan dan belajar fisikmotorik, sosio-emosi, dan budaya, maupun pengembangan intelektual.

Kelas adalah ruangan sebagai tempat terjadinya proses belajar mengajar yang merupakan salah satu penunjang belajar yang berpengaruh terhadap kegiatan dan keberhasilan belajar, menurut Karwati (2014).

### 2.1.3 Pengguna Ruang pada Ta – Mi

Ta (Tarbiyatul Athfal) adalah pendidikan sebelum sekolah yang ditujukan bagi anak usia 3 – 6 tahun sebelum masuk ke sekolah dasar. Mi (Madrasah Ibtidaiyah) adalah lembaga yang setara dengan sekolah dasar dan ditujukan bagi anak usia 6 – 12 tahun. Selain para siswa yang belajar pengguna ruang lainnya adalah Guru.

## 2.2 Kenyaman Termal

Menurut Peter Hoppe (2002) pendekatan kenyamanan termal ada tiga macam, yaitu: pendekatan *thermophysiological*, pendekatan *heat balanced* dan pendekatan psikologis (Sugini, 2004). Kondisi kenyamanan termal ruang dipengaruhi oleh faktor klimatis dan faktor personal. Faktor klimatis ruang terdiri dari temperature udara, temperature radiasi, kelembapan relative, dan kecepatan udara. Sedangkan faktor personal adalah aktivitas penghuni, pakaian, usia, dan jenis kelamin (Sugini,2014).

### 1. Faktor Klimatis

#### a. Temperatur Udara

Temperatur udara (ta) adalah temperatur hasil pengukuran temperature bola kering (DBT) yang diukur dengan menggunakan thermometer bola kering. Secara umum kondisi suhu nyaman berada pada rentang 16°C sampai 28°C (Sugini,2014).

#### b. Temperatur Radiasi

Temperatur radiasi adalah temperature yang disebabkan oleh panas radiasi. Pada ruang luar radiasi berasal dari radiasi matahari, sedangkan untuk ruang dalam radiasi disebabkan oleh benda dan elemen ruang.

#### c. Kelembapan Relatif

Menurut Susanti dan Aulia(2013), kelembapan relatif merupakan perbandingan antara uap air pada udara dengan jumlah maksimum uap air yang ditampung pada temperatur tertentu. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula udara menyerap air. Kelembapan udara yang dianjurkan untuk daerah tropis sekitar 40% - 50%.

Standar kenyamanan termal untuk kelembaban udara yang digunakan ada dari *Lippsmeir* (1994) yaitu 20% - 50% dan MENKES (1999) yaitu 40% - 70%. Sedangkan kondisi nyaman ditunjukkan pada presentase 20% - 90% (Sugini,2014).

#### d. Kecepatan Angin

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia merupakan campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan berbau yang memenuhi ruang di atas Bumi sampai ketinggian 300 Km. Kecepatan angina diukur menggunakan anemometer.

### 2. Faktor Personal

Keseimbangan termal didapat saat tubuh manusia dapat melepaskan panas senilai dengan panas yang didapat dan dikeluarkan.

#### a. Kegiatan Manusia

Menurut Moore (1993) produksi panas badan dihasilkan dari wujud sampingan proses metabolisme perubahan energi kimia dari makanan menjadi energi mekanik dalam aktivitas tertentu. Segala aktivitas yang dilakukan akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan metabolisme tubuh. Semakin tinggi aktivitas tersebut makan semakin besar dan semakin meningkat pula metabolisme yang terjadi di dalam tubuh sehingga energi yang dikeluarkan semakin tinggi.

#### b. Jenis Pakaian

Jenis dan bahan pakaian yang digunakan oleh individu dapat berpengaruh terhadap kenyamanan termal yang dirasakan. Manusia dapat memilih dan menentukan jenis pakaian yang dikenakan sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar demi mencapai kenyamanan termal bagi dirinya.

#### c. Jumlah Pengguna Ruang

Pergantian udara yang baik bila suatu ruangan memiliki volume  $5m^3$ / orang, dan udara bersirkulasi sebanyak  $15m^3$ / orang/ jam. Jadi semakin kecil ruangan, seharusnya udara di dalam ruang harus sering diperbarui.

#### 2.2.1 Kenyamanan Suhu

Suhu adalah salah satu faktor utama dari kenyamanan termal walaupun tergantung pada ciri perasaan subyektif dan kenyamanan berperilaku. Menurut Szokolay (2014) suhu netral berubah mengikuti kondisi suhu rata-rata bulanan pada daerah tersebut. Berikut merupakan persamaan suhu netral tersebut.

$$T_n = 17.6 + 0.31 T_{o.av}$$

Keterangan :

$T_n$  = suhu netral ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{o.av}$  = suhu rata-rata per bulan ( $^{\circ}\text{C}$ )

Rentang kondisi suhu nyaman yang dapat diterima oleh manusia disebut sebagai zona nyaman. Batas zona nyaman tersebut adalah  $(T_n - 2.5)^{\circ}\text{C}$  sampai  $(T_n + 2.5)^{\circ}\text{C}$ . Sehingga dapat ditemukan bahwa suhu netral yang dapat diatasi manusia berada dalam rentang  $5^{\circ}\text{C}$ .

### 2.2.2 Kenyamanan Ventilasi

Kegiatan manusia sangat dipengaruhi oleh suhu disekitar tempat mereka beraktivitas. Berikut merupakan pengaruh angin terhadap kenyamanan ventilasi (Frick & Mulyani, 2006).

Tabel 2.1 Pengaruh angin terhadap kenyamanan ventilasi

Kecepatan angin bergerak	Pengaruh atas kenyamanan	Efek penyegaran (pada suhu $30^{\circ}\text{C}$ )
< 0,25 m/detik	Tidak dapat dirasakan	$0^{\circ}\text{C}$
0,2 – 0,5 m/detik	Paling nyaman	$0,5-0,7^{\circ}\text{C}$
0,5-1 m/detik	Masih nyaman	$1,0-1,2^{\circ}\text{C}$
1-1,5 m/detik	Kecepatan maksimal	$1,7-2,2^{\circ}\text{C}$
1,5-2 m/detik	Kurang nyaman, berangin	$2-3,3^{\circ}\text{C}$
>2 m/detik	Kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	$2,3-4,2^{\circ}\text{C}$

Sumber: Frick & Mulyani (2006)

Menurut Frick & Mulyani (2006) kecepatan angina yang nyaman berada pada rentang  $0,2 - 1,5$  m/s. Namun hal ini berbeda dengan tingkat kecepatan angin terhadap kenyamanan ventilasi menurut Lechner (2015). Kecepatan angina yang nyaman berada pada rentang  $0,2 - 2$  m/s.

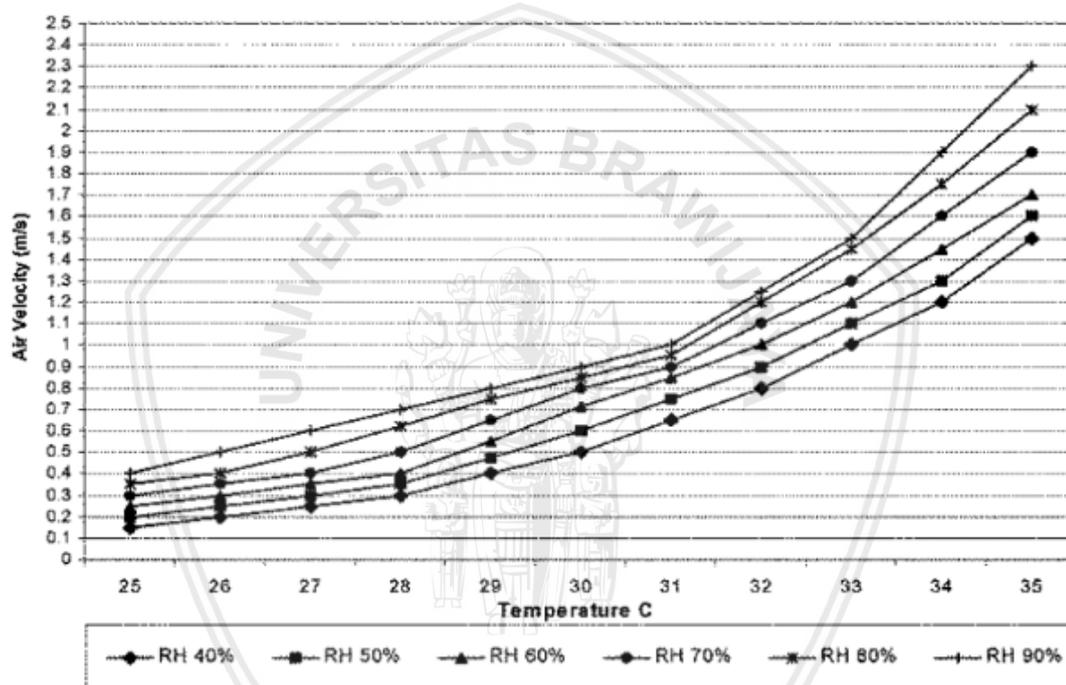
Tabel 2.2 Kecepatan angin terhadap kenyamanan ventilasi

Kecepatan angin (m/s)	Penurunan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Efek kenyamanan
0,05	0	Pergerakan udara rendah
0,2	1,1	Sedikit terasa, namun nyaman
0,25	1,3	Sesuai untuk bukaan yang berada dekat penghuni
0,4	1,9	Terasa nyaman
0,8	2,8	Sangat terasa, namun hanya dapat diterima pada ruangan dengan tingkat aktivitas tinggi
1	3,3	Batas kecepatan untuk ruang dengan air conditioner

2	3,9	Kecepatan angin yang sesuai untuk kenyamanan ventilasi pada iklim panas-lembab
4,5	5	Terasa angin sejuk pada kondisi luar ruang

Sumber: Lechner (2015)

Nugroho et al. (2007) meneliti diagram untuk menentukan besarnya kebutuhan kecepatan angin dalam mencapai kenyamanan termal. Kebutuhan kecepatan angin dapat ditentukan dengan mengetahui kondisi suhu dan kelembaban pada ruang tersebut. Kondisi suhu dan kelembaban disesuaikan dengan menggunakan diagram psychometrics versi bioklimatik. Diagram ini menunjukkan besarnya kecepatan angin yang diperlukan pada suhu dan kelembaban tertentu.



Gambar 2.2 Kebutuhan kecepatan angin untuk kenyamanan ventilasi

Sumber: Nugroho et al. (2007)

### 2.2.3 Aliran angin

Menurut Lechner (2015), pola aliran udara dibagi menjadi 4 kategori, yaitu:

#### 1. Laminar

*Laminar* adalah pergerakan udara yang mengalir bertumpukan atau bersebelahan satu sama lain dalam sebuah garis lurus. Pola aliran ini merupakan pola yang sering terjadi dan mudah diperkirakan karena tingkat gangguan yang kecil.

#### 2. Separated

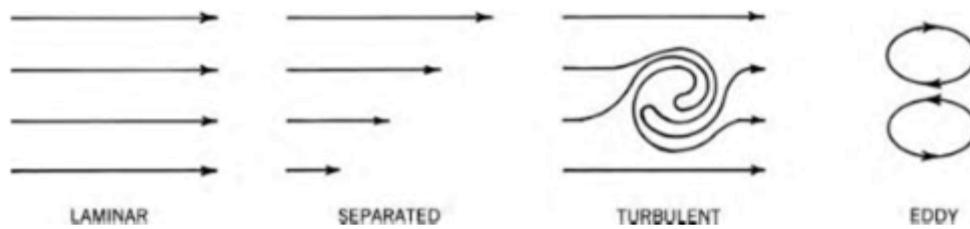
*Separated* terjadi setelah pengaruh dari faktor eksternal berkurang, udara bergerak kembali dalam pola *laminar* namun terdapat beberapa lapisan yang berbeda.

#### 3. Turbulent

Pola *turbulent* terjadi karena faktor eksternal mempengaruhi pola *laminar* sehingga pola aliran menjadi acak dan sulit diperkirakan. Faktor eksternal dapat berupa adanya vegetasi atau bangunan.

## 4. Eddy

Pola eddy merupakan aliran udara yang berputar-putar.



Gambar 2.3 Pola aliran udara

Sumber: Lechner, (2015)

Aliran angin di setiap daerah berbeda-beda, tergantung dari kondisi lingkungannya. Aliran angin di daerah pantai, desa, perkotaan, dan pegunungan berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat kekasaran permukaan. Semakin padat kondisi suatu daerah maka nilai kekasaran permukaan akan semakin meningkat dan kecepatan angin cenderung semakin berkurang (Taranath,2005).

Kecepatan angin pada ketinggian tertentu dapat diperkirakan dengan persamaan power law, dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$V_z = V_{zG} (Z/Z_G)^\alpha$$

Keterangan:

$V_z$  = Kecepatan angin pada ketinggian  $z$

$V_{zG}$  = Kecepatan angin pada titik referensi

$\alpha$  = Eksponen berdasarkan kekasaran permukaan

## 2.3 Iklim Tropis

Iklim tropis adalah iklim dimana panas merupakan permasalahan utama dalam setiap tahunnya, sehingga selalu diperlukan upaya untuk melakukan pendinginan atau penutunan suhu. Rata-rata suhu pada iklim tropis tiap tahunnya tidak kurang dari 20 cc (Koenigs bergeret al., 2013). Iklim tropis dibagi menjadi 2 kategori bagian wilayah yaitu iklim tropis kering dan iklim tropis lembab. Kondisi iklim tropis kering ditandai dengan adanya padang pasir yang diikuti oleh munculnya stepa serta savana kering, hujan yang turun lebat tiba-tiba. Kondisi curah hujan pada iklim ini umumnya minim dan kondisi suhu pada siang hari tinggi, menyebabkan potensi penguapan yang tinggi. Hal ini berbeda dengan kondisi iklim tropis lembab yang ditandai dengan adanya savanna lembab, temperatur udara yang sama tiap tahunnya dan kelembapan udara yang tinggi.

Indonesia berada pada garis lintang 11 o LU - 6c LS dan 95c BB - 141 o BT. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara beriklim tropis lembab. Kondisi suhu di Indonesia berkisar antara 26 - 38 cc pada musim kemarau dan 20- 29 cc pada musim hujan. Radiasi dari matahari pada wilayah tropis lembab sangat tinggi dan terkadang membuat kondisi kurang nyaman. Indonesia sendiri memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu mencapai 3000 mrn/tahun. Indonesia juga memiliki tingkat kelembapan yang tinggi namun tidak dengan kecepatan anginnya. Kecepatan angin pada wilayah ini tergolong sangat rendah, yakni berkisar 5 m/detik.

### 2.3.1 Iklim Tropis Lembab

Secara geografis, wilayah Indonesia terletak diantara 2 benua dan 2 samudra yaitu benua asia dan benua Australiaserta Samudra hindia dan smudra pasifik. Hal ini memperjelas bahwa Indonesia memiliki iklim tropis lembab. Akibatnya adalah uap air dalam jumlah banyak yang berasal dari permukaan Samudra terbawa oleh tiupan angin mengitari wilayah Indonesia. Wilayah ini memiliki suhu antara 28 - 38°C pada musim kemarau dan 25 - 29°C pada saat musim hujan. Kelembapan yang terjadi pada musim kemarau sekitar 40-70% sedangkan kelembapan pada saat musim hujan sekitar 80-100%. Selain itu, wilayah yang memiliki iklim tropis lembab akan menerima banyak radiasi matahari. (Lippsmeier, 1994)

Kelembapan tinggi juga menyebabkan kecepatan yang lemah yaitu sekitar 5 m/detik. Pada umumnya, manusia yang tinggal di daerah iklim tropis lembab akan mampu beradaptasi dengan suhu 24 - 30°C. manusia yang tinggal di wilayah iklim tropis lembab akan merasa kurang nyaman apabila mereka berada pada kondisi di luar ruangan. Meskipun suhu di luar ruangan tinggi akan tetapi manusia dapat merasa nyaman akibat adanya tiupan angin.

Berikut ini adalah klasifikasi iklim berdasarkan daerahnya yang biasa digunakan dalam ilmu arsitektur:

Tabel 4.3 Klasifikasi Iklim berdasarkan daerahnya

Jenis Iklim	Suhu Udara	Kelembapan relatif	Kec. Angin	Kenyamanan termal
Dingin	-15 - (-2)	55	2 - 12	5 - 15
Moderat Musim Dingin	-15 - 20	45	2 - 6	8 - 20
Moderat Musim Panas	12 - 20	70	2 - 4	18 - 24
Tropis Kering Siang Hari	20 - 40	40	6 - 10	22 - 24
Tropis Kering Malam Hari	10 - 18	60	4-8	
Tropis Lembab	23 - 34	45 - 95	1 - 4	25,4 - 28,9

Sumber : Purwanto, 1996

### 2.3.2 Karakteristik Iklim Tropis Lembab

Ciri-ciri umum dari iklim tropis lembab di wilayah Indonesia adalah memiliki temperatur yang relatif panas, radiasi matahari tinggi serta kelembapan yang tinggi. Ciri-ciri tersebut merupakan hanya garis besar dan belum bisa dijadikan sebagai dasar penelitian maupun rancangan. Untuk itu perlu diketahui lebih rinci lagi mengenai ciri-ciri khusus iklim tropis lembab. Ciri-ciri wilayah yang memiliki iklim tropis lembab adalah sebagai berikut :

1. Temperatur udara maksimum rata-rata adalah 27 °C - 32 °C sedangkan minimum rata-rata adalah 20 °C - 23 °C.
2. Memiliki kelembapan udara rata-rata 75 - 80%.
3. Curah hujan selama setahun antara 1000 mm - 5000 mm.

4. Kondisi langit yang berawan dengan jumlah awan sekitar 60- 90%.
5. Luminasi langit yang secara keseluruhan tertutup awan tipis cukup tinggikan mencapai lebih dari 7000 kandela/m<sup>2</sup>, sedangkan untuk secara keseluruhan tertutup oleh awan tebal sekitar 850 kandela/m<sup>2</sup>.
6. Radiasi matahari global harian rata-rata bulanan sekitar 400 watt/m<sup>2</sup>.
7. Kecepatan angin yang rendah yaitu 2-4 *mis*. (Satwiko, 2004)

## 2.4 Elemen Bukaannya (Jendela)

Jendela merupakan salah satu jenis bukaan pada bangunan yang difungsikan sebagai lubang cahaya serta lubang udara. Pemasangan jendela dan pintu pada dinding membutuhkan kusen sebagai konstruksi pembantu antara tembok dan jendela. Jenis jendela perlu memperhatikan ukuran dinding dan ukuran ruangan. Berikut jenis-jenis jendela (Becket & Godfrey, 1974):

### 1. Fixed Window



Jendela mati biasanya digunakan pada ruang tertutup ber AC. Jendela mati biasanya dipasang dengan kusen agar dapat menjaga suhu di dalam ruangan. Jendela mati tidak mengalirkan udara sama sekali.

Gambar 2.4 Tipe jendela fixed window  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

### 2. Casement Window

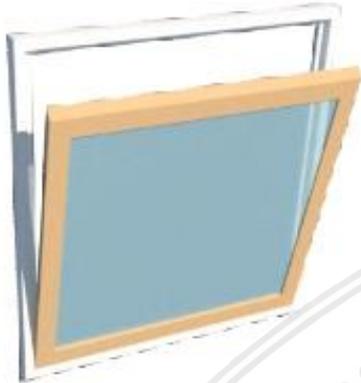


Jendela memiliki kelebihan yaitu dapat memasukan udara dan cahaya secara maksimal apabila daun jendela dibuka dan mudah dalam proses pemasangan karena sambungan engsel yang sederhana. Jendela hidup mengalirkan udara kedalam bangunan 90% dari total hembusan angin.

Gambar 2.5 Jendela casement window  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

### 3. Hopper Window

Jendela jatuh hanya memiliki satu bukaan diatas. Sehingga, aliran udara hanya terjadi di satu arah. Jendela jatuh mengalirkan udara sebanyak 45%.



Gambar 2.6 Jendela Hopper Window  
Sumber : gambar pribadi

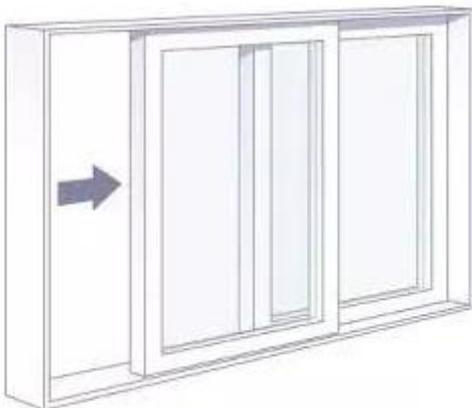
### 4. Louvre atau Jendela Nako



nghasilkan pergerakan udara didalam ruangan secara optimal. memiliki kisi-kisi yang dapat diatur sedernikian rupa untuk mengatur .sitas udara yang diinginkan. Jendela nako mengalirkan udara dari total hembusan angin.

Sumber : gambar pribadi  
Gambar 2.7 Jendela Nako

### 5. Sliding Window



Gambar 2.8 Sliding window  
Sumber : gambar pribadi

Jendela geser pada umumnya digunakan dengan tujuan agar ruang dalam tidak terganggu oleh bukaan jendela. Selain itu, udara dan cahaya bisa masuk dengan optimal. Jendela geser vertical mengalirkan udara sebesar 45% sedangkan untuk jendal geser horizontal mengalirkan udara sebesar 40%.

## 6. Pivot Window



Gambar 2.9 Pivot Windowa  
Sumber : gambar pribadi

Jenis ini memiliki engsel di tengah. Jendela membuka dan menutup dengan cara diputar. Ventilasi udara terasa lebih optimal. Jendela pivot horizontal mengalirkan udara sebesar 75%.

## 2.5 Elemen Bukaannya ( Ventilasi )

Ventilasi menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) diartikan sebagai lubang atau tempat udara dapat keluar masuk secara bebas, sedangkan menurut (Melaragno, 1982) ventilasi adalah angin yang bergerak melewati ruang terbuka/bagian interior bangunan. Dari kedua pengertian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa ventilasi merupakan lubang pada interior bangunan yang berfungsi sebagai keluar masuk udara dengan bebas.

Didalam daerah yang beriklim tropis seperti Kota Malang, tiupan angin diperlukan untuk proses penguapan kulit agar ketidaknyamanan dapat dikurangkan. Tiupan angin juga diperlukan untuk berjalanya udara dalam ruangan sehingga pelaku aktifitas bisa menghirup udara yang baik untuk kesehatan. Dengan demikian bangunan harus menghadirkan bukaan yang mampu mengalirkan udara dingin ke dalam bangunan dan mengeluarkan udara panas dari dalam bangunan, sehingga memenuhi syarat kesehatan bagi pelaku kegiatan dalam bangunan.

Untuk menghasilkan kenyamanan termal kandungan kelembapan udara senantiasa menjadi berasa lekit dan tidak nyaman. Fenomena panas lembab ini hanya boleh diredakan dengan meniupkan angin untuk mempercepat proses penguapan pada kulit dengan menghadirkan bukaan yang memenuhi standart pada bangunan untuk daerah tropis.

### 2.5.1 Perancangan Sistem Ventilasi Alami

Perancangan sistem ventilasi alami dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Tentukan kebutuhan ventilasi udara sesuai dengan fungsi ruangan.
2. Tentukan ventilasi gaya angin atau gaya termal yang akan digunakan.

### 2.5.2 Ventilasi Gaya Angin

Faktor yang mempengaruhi laju ventilasi yang disebabkan gaya angin adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan rata-rata
2. Kuat arah angin
3. Variasi kecepatan dan arah angin musiman dan harian
4. Hambatan setempat seperti bangunan yang berdekatan, bukit, pohon, dan semak belukar.

Meninjau relevansi tekanan angin sebagai mekanisme penggerak. Model simulasi lintasan aliran jamak dikembangkan dan menggunakan ilustrasi pengaruh angin pada laju pertukaran udara.

Kecepatan angin biasanya terendah pada musim panas dari pada musim dingin. Pada beberapa tempat relatif kecepatannya di bawah setengah rata-rata untuk lebih dari beberapa jam per bulan. Karena itu, sistem ventilasi alami sering dirancang untuk kecepatan angin setengah rata-rata dari musiman. (SNI 03-6572-2001)

### 2.5.3 Penempatan yang diinginkan

1. Pada sisi arah yang teduh dari bangunan dan berlawanan langsung dengan inlet.
2. Pada atap, dalam area yang bertekanan rendah dan disebabkan oleh aliran angin yang tidak menerus.
3. Pada sisi yang berdekatan dengan muka arah angin dimana area bertekanan rendah terjadi.
4. Dalam ventilator atap atau cerobong

## 2.6 Metode Simulasi

### 2.6.1 Software Ecotect

*Software Ecotect Analysis* merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Dr. Adrew J. Mars. Perangkat lunak ini merupakan alat yang dapat digunakan dalam melakukan simulasi kondisi bangunan dengan keadaan lingkungan sekitarnya. *Ecotect* menyediakan fasilitas untuk mengolah data iklim, akustik, pencahayaan, dan energi.

Perangkat ini sudah digunakan untuk evaluasi maupun perencanaan suatu bangunan atau kawasan secara komersil. Dasar pemikiran dalam *Ecotect* adalah menggunakan prinsip-prinsip desain lingkungan yang berpengaruh terhadap kondisi bangunan. Aspek penting yang nantinya mempengaruhi kinerja bangunan yakni seperti geometri, material, dan orientasi. Aspek tersebut perlu diperhatikan pada saat melakukan tahap perancangan bangunan. Beberapa hal yang perlu diketahui dalam *Ecotect Analysis* salah satunya adalah elemen simulasi (Elmira, 2011). Elemen pada software *Ecotect Analysis* yaitu:

Tabel 2.4 Elemen - elemen pada software *Ecotect Analysis*

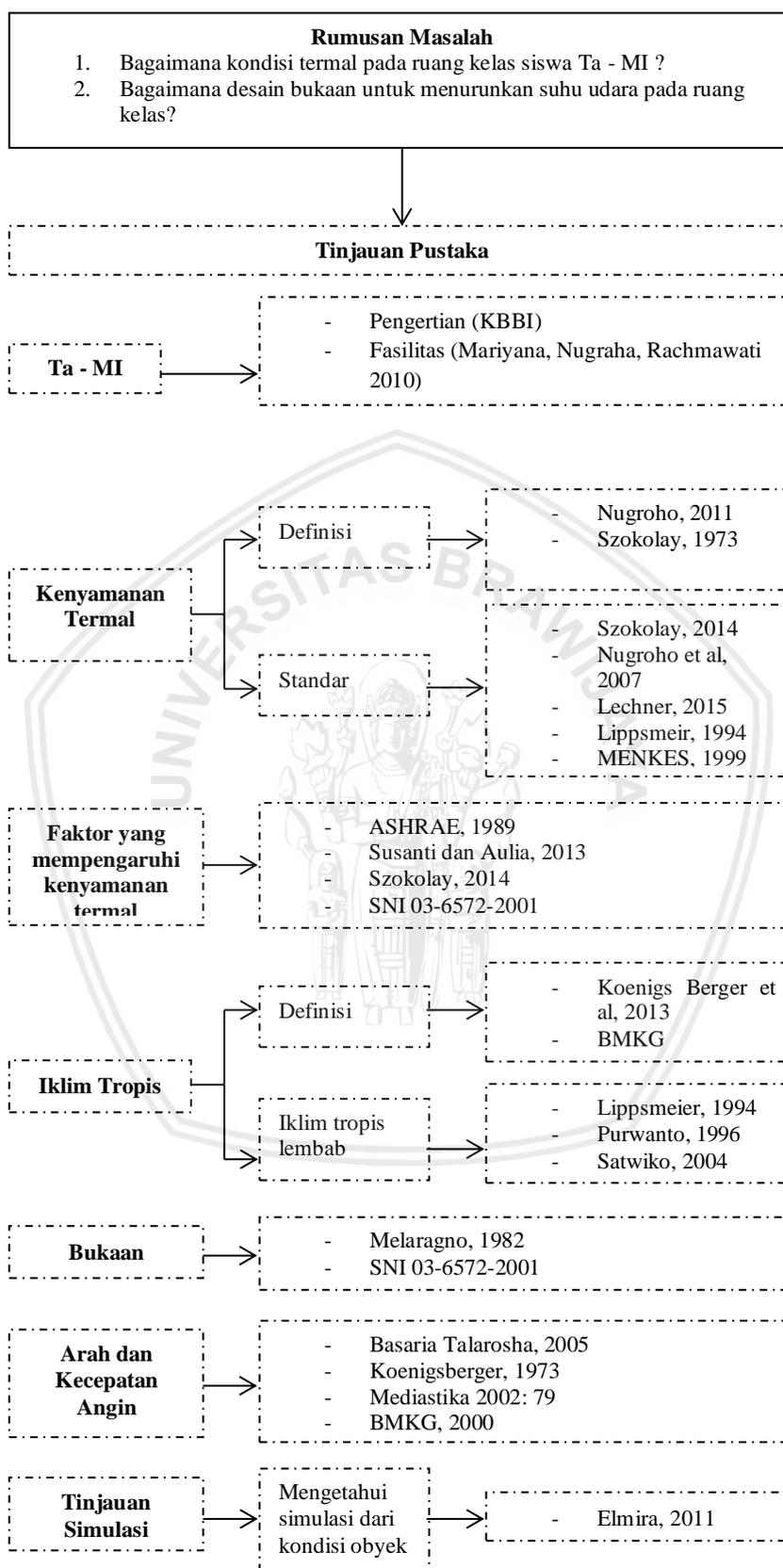
Elemen	Value
U-Value (W/m <sup>2</sup> .K)	0.280
Admittance (W/m <sup>2</sup> .K)	3.330
Solar Absorption (0-1)	0.6
Visible Transmittance (0-1)	0
Thermal Decrement (0-1)	1
Thermal Lag (hrs)	0.2
[SBEM] CM 1	0
[SBEM] CM 2	0
Thickness (m)	0.580
Weight (kg)	13.295

Sumber: Ecotect, 2011

## 2.8 Tinjauan Terdahulu

Judul	A Preliminary Study of Thermal Comfort in Malaysia's Single Storey Terraced Houses	Evaluasi Peforma Ventilasi Alami Pada Bukaam Ruang Kelas Universitas Atma Jaya Yogyakarta	Pengaruh Karakteristik Ventilasi dan Lingkungan terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang kelas SMP di Jakarta Selatan
Penulis Dan Penerbit	Agung Murti Nugroho dkk, dari Universiti Teknologi Malaysia. Diterbitkan oleh Jurnal of Asian Architecture and Building Engineering tahun 2007	Jackobus Ade Prasetya Seputra dari Universitas Atma Jaya Yogyakarta, diterbitkan oleh Jurnal Arsitektur KOMPOSISI, Volume 10, nomor 3, April 2013	Humairoh Razak , Dedes Nur Gandarum, Jimmy Siswanto Juwana dari Universitas Trisakti, diterbitkan oleh jurnal Arsitektur AGORA volume 15 No 2, Desember 2015
Tujuan	Mungukur kenyamanan termal dan <i>thermal environment</i> pada rumah.	Mengetahui performa ventilasi alami ruang dan mencari cara untuk mengoptimalkan kerja ventilasi alami.	Mengukur pengaruh karakteristik ventilasi dan lingkungan terhadap tingkat kenyamanan termal di dalam ruang kelas.
Metode Penelitian	Analisis deskriptif kualitatif-kuantitatif	Simulasi komputer	Kuantitatif
Instrument	Alat pengukur cuaca global dan alat pengukur suhu dan kelembapan berupa <i>compact data logger</i> dan <i>thermal data logger</i> .	Termometer, software <i>DesignBuilder 2011</i>	Digital Instruments, The Art of Measurement, 4in1 Environment Tester, meteran, balon, buku catatan, pensil, laptop
Hasil	Berisi tentang pengukuran <i>thermal environment</i> yang dilakukan beberapa tahap. Tahap pertama, peneliti melakukan pengukuran di lapangan menggunakan <i>weather station</i> dan <i>thermal data logger</i> untuk mengidentifikasi <i>thermal environment</i> pada ruang tertentu di dalam rumah.	Simulasi performa ventilasi alami dengan software <i>DesignBuilder</i> menggunakan metode parametrik menunjukkan hasil yang kurang signifikan terhadap suhu udara di dalam ruang. Variabel yang paling tinggi pengaruhnya adalah luasan bukaan ventilasi pada jendela. Hasil temuan yang telah didapat dijadikan sebagai acuan untuk mendapatkan konfigurasi optimum.	Dalam konteks lingkungan yang memiliki suhu udara 22°C-35°C pada bulan September-November terjadi hubungan antar variabel ventilasi dengan kenyamanan termal. Pada konteks karakteristik ventilasi, terjadi hubungan antara beberapa variabel lingkungan dengan kenyamanan termal.

## 2.9 Kerangka Berpikir



Gambar 2.10 Diagram kerangka teori



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode dan Tahapan Penelitian**

##### **3.1.1 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan pada penelitian modifikasi elemen bukaan pada Ta –MI Sunan Kalijaga adalah metode kuantitatif. Dilakukan metode survei sebagai pengamatan untuk kondisi eksisting, kemudian dilakukan pengukuran lapangan terhadap suhu dan kelembaban. Hasil dari pengukuran lapangan diolah dengan menggunakan metode evaluatif dengan membandingkan suhu dengan suhu standart yang sudah ada. Selanjutnya dilakukan validasi terhadap data pengukuran agar dapat digunakan metode eksperimental untuk membuat sintesis data berupa rekomendasi desain yang efektif agar penghawaan alami yang masuk ke dalam ruang kelas menjadi maksimal dengan Ecotect 2011.

Penelitian dengan metode eksperimental menggunakan percobaan yang dirancang secara khusus untuk menjawab permasalahan yang ada (Jaedun, 2011). Hal ini dilakukan untuk dapat mengetahui dampak yang diakibatkan dari suatu perlakuan yang diberikan secara sengaja oleh peneliti dalam kondisi yang terkendali (Hadi, 1985).

##### **3.1.2 Tahapan Penelitian**

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian maksimalisasi penghawaan alami pada Ta –MI Sunan Kalijaga.

###### **1. Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kualitas suatu penelitian. Tahap ini mencoba membuktikan fakta yang telah dituliskan di latar belakang sebagai penentuan pokok permasalahan.

###### **2. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan berbagai informasi yang sesuai dengan tema penelitian. Pengumpulan data terdiri

dari data primer dan data sekunder. Data primer yakni data yang diperoleh dari survey lapangan atau pengamatan secara langsung. Penelitian mengenai kinerja bukaan untuk meningkatkan kenyamanan termal membutuhkan data primer sebagai berikut :

- a. Pengukuran suhu udara di dalam dan luar ruang kelas
- b. Pengukuran kelembapan didalam dan luar ruang kelas
- c. Pengukuran kecepatan angin didalam dan luar ruang kelas
- d. Dokumentasi didalam dan luar ruang kelas

Data Sekunder adalah data yang didapat melalui kajian buku-buku terkait (*literature*), jurnal penelitian terdahulu, standar-standar tentang suhu serta desain yang efektif untuk penurunan suhu pada ruangam.

### 3. Analisis Data

Data dianalisis berdasarkan studi pustaka terkait, kondisi iklim, faktor desain arsitektur yang terkait iklim, termal, elemen bukaan,  $T_a - M_i$ , dan software dengan menggunakan metode kuantitatif. Hasil analisis berupa gambaran kondisi eksisting kemampuan elemen bukaan dalam mengalirkan penghawaan alami kedalam ruang kelas.

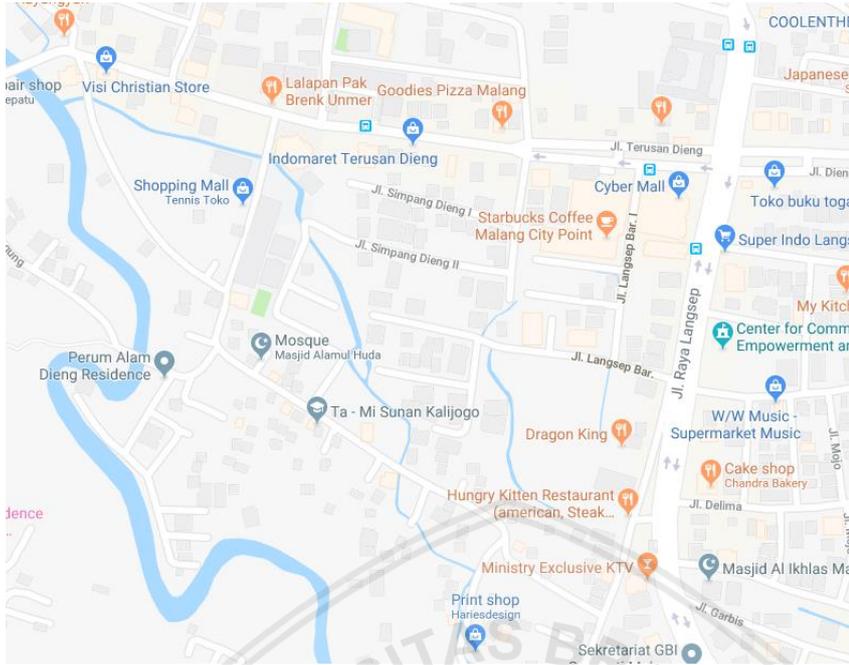
### 4. Sintesis

Sintesis ini merupakan solusi untuk hasil analisis data dan menjadi desain efektif yang dapat diterapkan pada ruang kelas  $T_a - M_i$  Sunan Kalijaga dengan memaksimalkan penghawaan alami yang masuk melalui elemen bukaan dengan menggunakan metode eksperimental.

## 3.2 Lokus dan Fokus Penelitian

### 3.2.1 Lokus Penelitian

Lokasi penelitian adalah  $T_a - M_i$  Sunan Kalijaga yang berada di Jalan Pisang Candi Barat Kelurahan Pisang Candi Kecamatan Sukun Kota Malang. Lokasi penelitian berada di lingkungan yang padat.



Gambar 3.11 Peta lokasi Ta- Mi Sunan Kalijaga Malang  
 Sumber : [www.googlemap.com](http://www.googlemap.com)



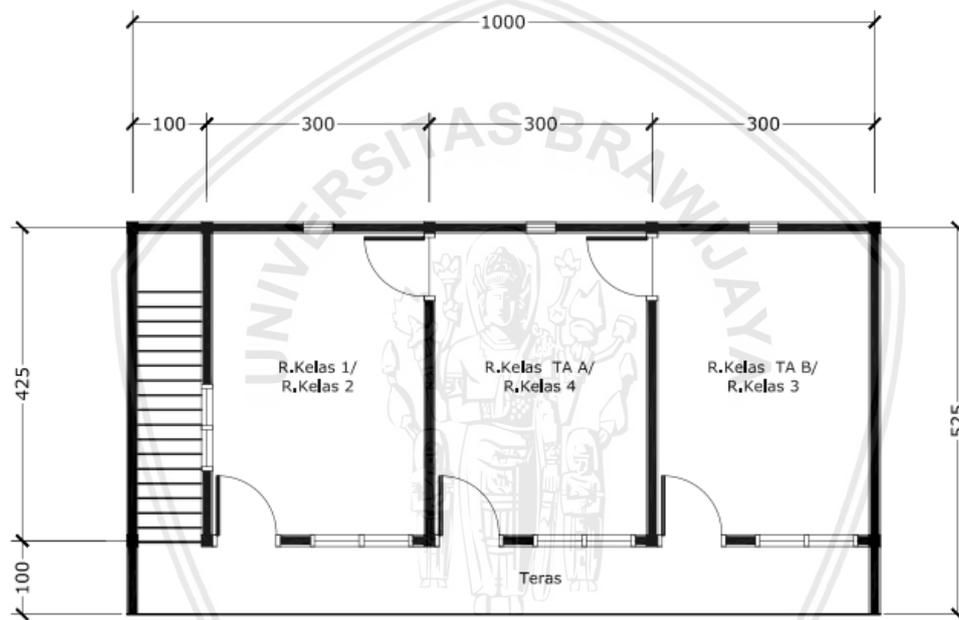
Gambar 3.12 Site plan Ta-Mi Sunan Kalijaga Malang  
 Sumber : [www.googlemap.com](http://www.googlemap.com)

### 3.2.2 Fokus Penelitian

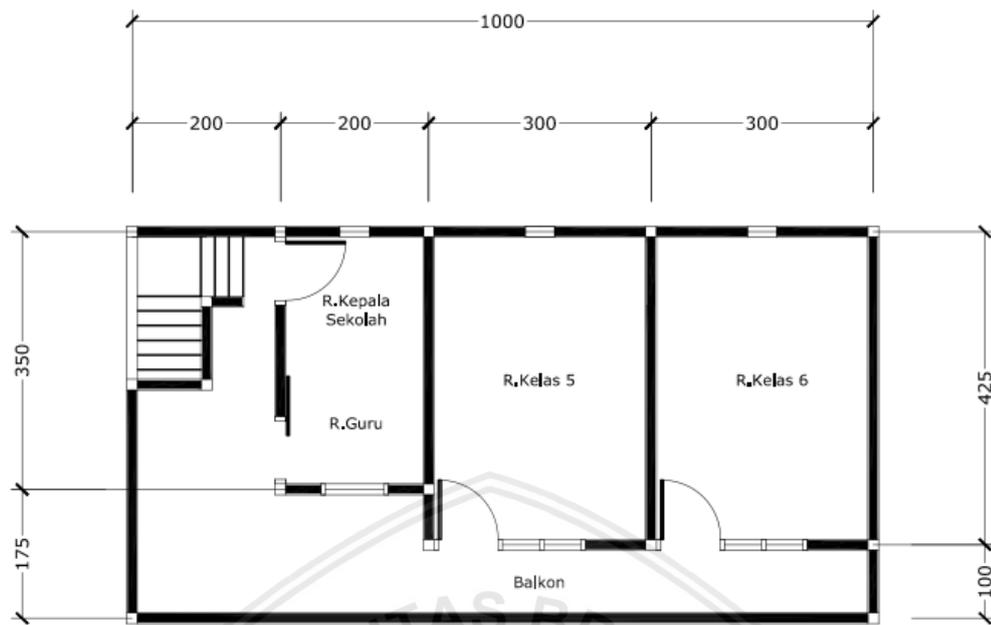
Fokus penelitian dipusatkan pada elemen bukaan di ruang kelas Ta – Mi Sunan Kalijaga Malang terhadap kondisi termal yang diterima pengguna didalam ruang kelas.

### 3.3 Populasi dan Sampel

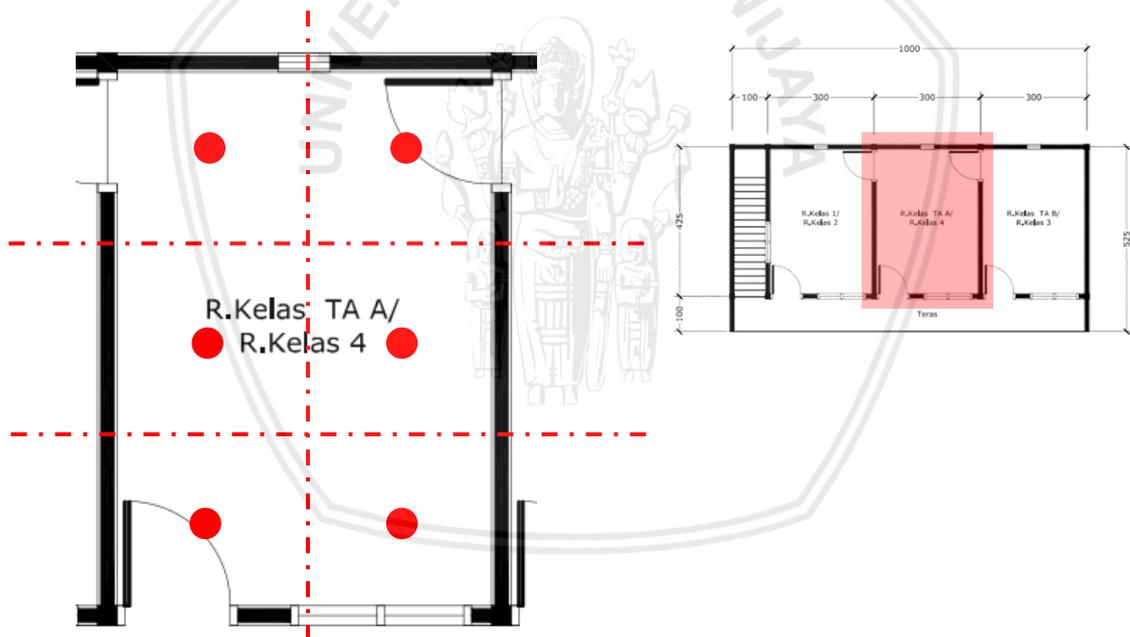
Populasi pada penelitian ini adalah seluruh ruangan di dalam Ta – Mi Sunan Kalijaga Malang. Sampel yang diambil adalah ruangan kelas 1 sampai dengan kelas 6. Kemudian melalui analisis pengukuran didapatkan 1 ruang dengan suhu paling tinggi yang kemudian dianalisis.



Gambar 3.13 Denah Lantai 1



Gambar 3.14 Denah Lantai 2



Gambar 3.15 Titik pengukuran pada ruang kelas

### 3.4 Variabel Penelitian

Menurut Sugiono (2013) menyatakan bahwa variabel adalah konstruk (constructs) atau sifat yang akan dipelajari. Variabel merupakan sifat yang diambil dari suatu nilai yang berbeda. Dapat disimpulkan bahwa variabel penelitian adalah titik perhatian yang mempunyai variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Pada saat pengukuran terdapat

beberapa variabel yang mempengaruhi hasil pengukuran yaitu iklim, dimensi dan letak ruang kelas, dimensi dan jenis bukaan, dan penempatan titik ukur.

Sedangkan untuk tahap simulasi menggunakan variabel terikat dan variabel bebas. Variabel penelitian pada tahap simulasi terdiri dari :

1. Variabel Terikat

Variabel yang digunakan adalah tingkat suhu pada ruang kelas yang diteliti dan diukur.

2. Variabel Bebas

Ukuran elemen bukaan, posisi elemen bukaan, jenis elemen bukaan, kondisi ventilasi, dan penambahan shading device untuk mengetahui kondisi termal yang ada di dalam ruang kelas.

### 3.5 Metode dan Teknik Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data adalah metode observasi dan terbagi menjadi dua data, yaitu data primer dan data sekunder.

#### 3.5.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer didapat dengan beberapa cara, yaitu:

1. Pengukuran kondisi luas Ruang kelas.
2. Pengukuran kondisi bukaan pada ruang kelas menggunakan meteran.
3. Pengukuran kondisi suhu dan kelembapan udara didalam dan diluar ruang kelas berdasar tinggi badan pengguna ruang kelas menggunakan alat pengukur suhu (*thermohygrometer*)
4. Pengukuran kondisi kecepatan angin didalam dan diluar ruang kelas berdasar tinggi badan pengguna ruang kelas menggunakan alat pengukur kecepatan angin (*anemometer*)

#### 3.5.2 Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dapat bersumber dari literatur maupun studi kepustakaan. Studi kepustakaan berupa buku, jurnal, dan standart acuan yang berhubungan dengan kinerja termal pada ruang kelas.

### 3.6 Metode Analisis Data dan Sintesis

Setelah dilakukan pengumpulan data, data kemudian akan dianalisis. Dalam proses analisis, penelitian ini menggunakan metode analisis data. Data yang sudah dianalisis akan dicari sintesisnya dengan menggunakan metode sintesis.

#### 3.6.1 Metode Analisis Data

Kondisi suhu hasil pengukuran yang telah didapat dibandingkan dengan standart kenyamanan daerah untuk mengetahui suhu pada kondisi eksisting nyaman atau tidak. Setelah itu dilakukan perbandingan kondisi suhu pada kondisi saat pengukuran dengan kondisi suhu saat disimulasikan pada aplikasi *Ecotect 2011* dengan kondisi ruangan sama saat dilakukan pengukuran. Suhu yang didapat dari hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan suhu dari hasil pengukuran untuk mengetahui kebenaran dari proses simulasi. Perbedaan antara hasil pengukuran dan simulasi harus dibawah dari 10% (Nugroho *et al.*, 2007).

#### 3.6.2 Metode Sintesis

Sintesis pada penelitian ini adalah rekomendasi desain berupa dimensi bukaan, posisi bukaan, jenis bukaan, ventilasi, dan penambahan shading device yang efektif sehingga dapat menurunkan suhu dengan optimal. Berikut langkah-langkah rekomendasi tersebut :

1. Menentukan alternatif rekomendasi bukaan dengan acuan antara lain yaitu dimensi bukaan, posisi bukaan, jenis bukaan, ventilasi, dan penambahan shading device.
2. Mensimulasikan semua alternatif yang ada menggunakan aplikasi *Ecotect 2011*.
3. Menganalisis hasil simulasi dari semua alternative untuk mencari hasil dengan suhu yang paling optimal.
4. Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil rekomendasi dengan suhu yang paling optimal.

### 3.7 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 5 April 2019 untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk diolah dan dibahas. Pengumpulan data primer berupa pengukuran, dan pengamatan pada ruang kelas TA-Mi Sunan Kalijaga Malang.

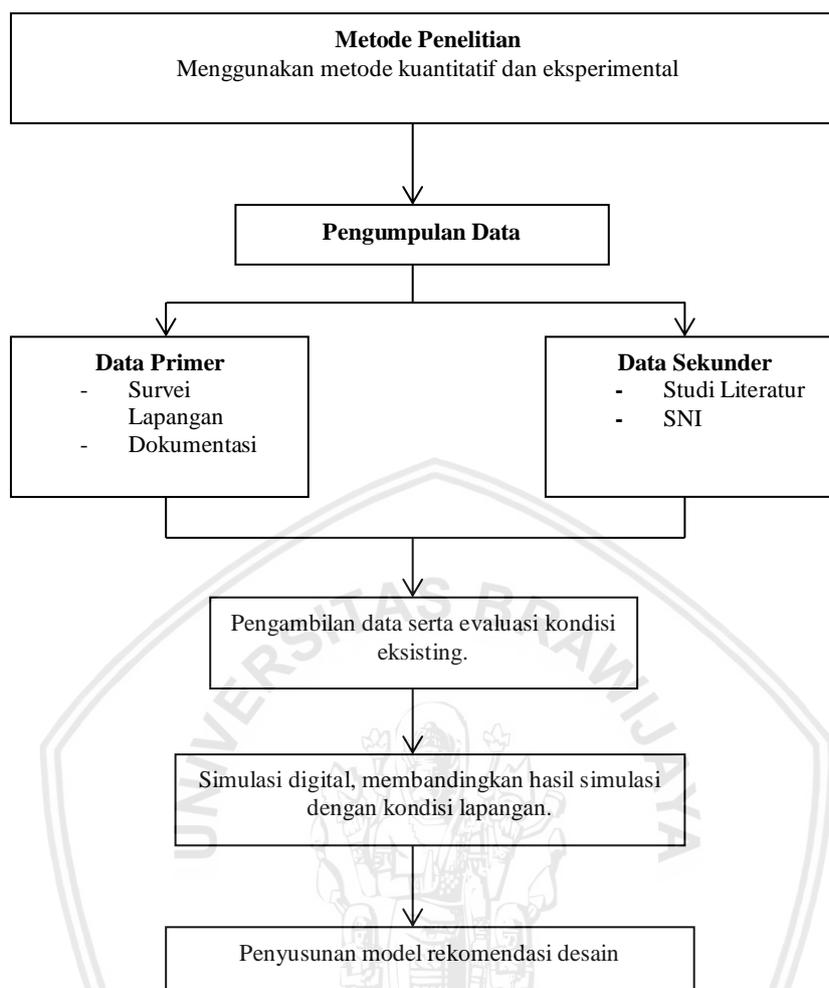
Waktu penelitian dalam satu hari diukur pada waktu pagi, siang, dan sore hari. Pagi hari pada pukul 08.00 WIB, siang hari pada pukul 12.00 WIB, dan sore hari pukul 16.00 WIB.

### 3.8 Instrumen Penelitian

Untuk membantu pengambilan data dan analisis data diperlukan alat – alat yang mendukung sebagai berikut:

1. Meteran  
Mengukur dimensi pengguna ruang, elemen bukaan di ruang kelas, dan luas ruang kelas.
2. Termometer Digital  
Alat pengukur kondisi suhu dan kelembapan di dalam dan diluar ruang kelas.
3. Anemometer  
Alat pengukur kecepatan angin di dalam dan di luar ruang kelas.  
Untuk mencatat hasil pengukuran.
4. Software *Sketchup*  
Untuk simulasi 3D ruang kelas.
5. Software *Ecotect Analysis 2011*  
Untuk simulasi data yang telah diperoleh.

### 3.9 Kerangka Metode Penelitian



Gambar 3.16 *Kerangka Metode Penelitian*



Halaman ini sengaja dikosongkan



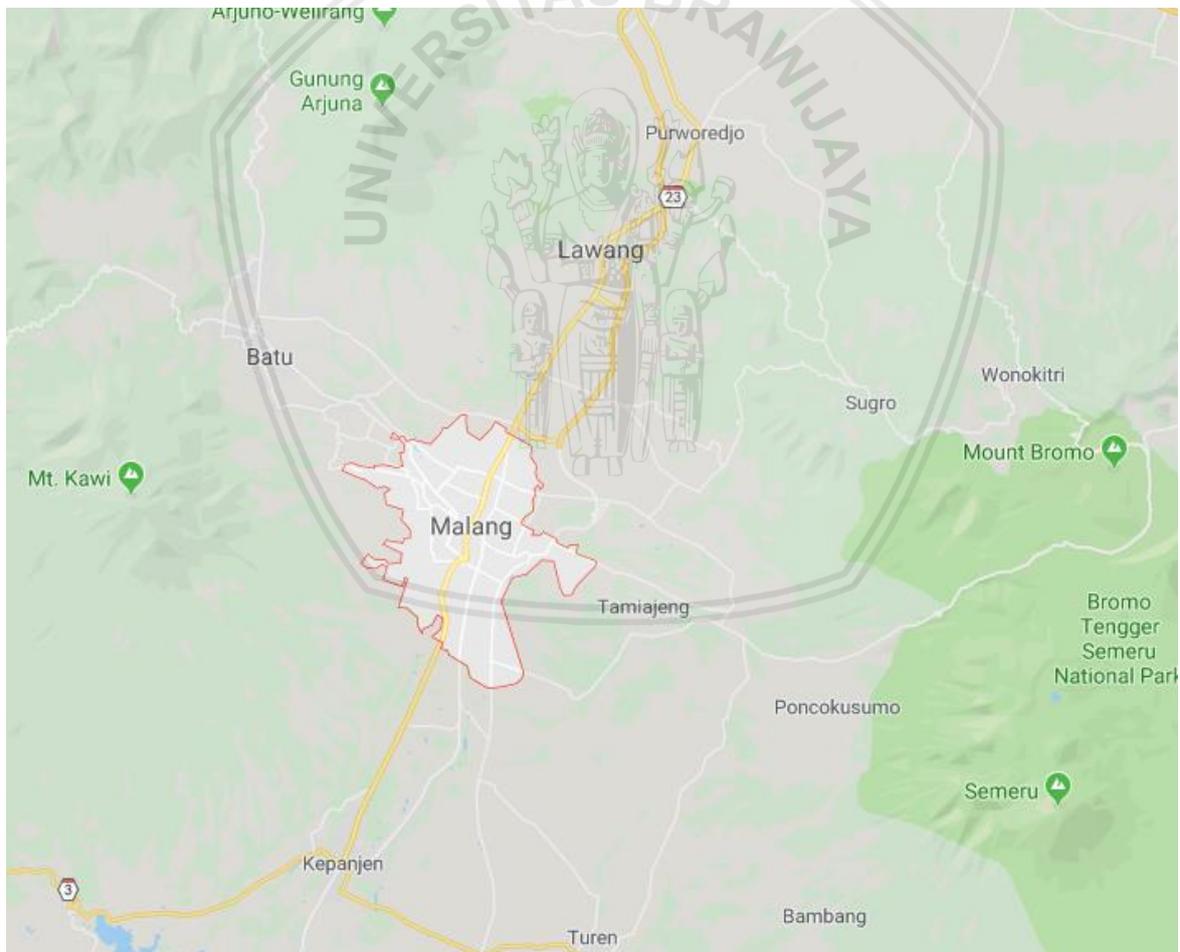
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Identifikasi Objek

##### 4.1.1 Kondisi Geografis Kota Malang

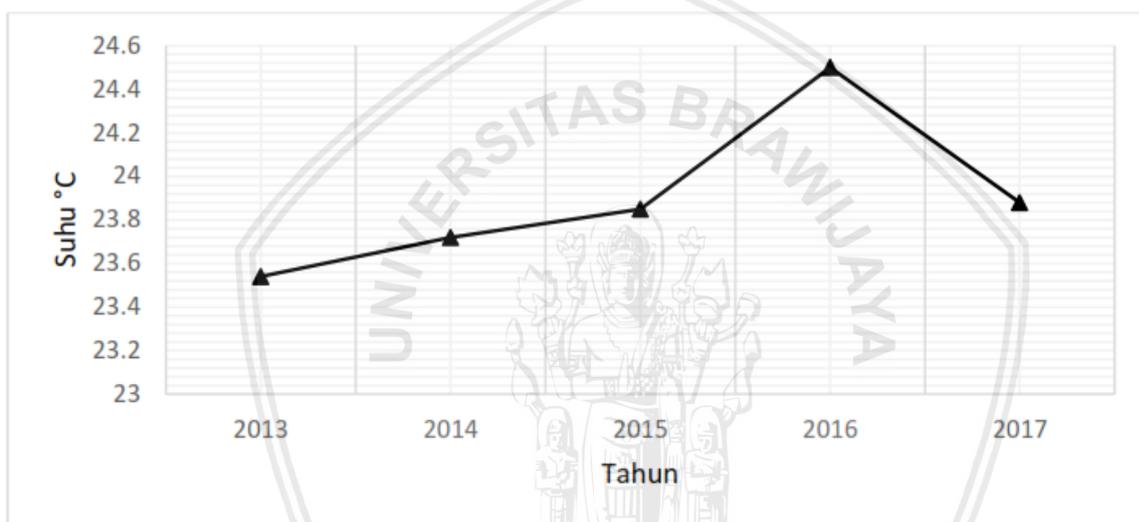
Kota Malang terletak diantara  $112,06^{\circ}$  -  $112,07^{\circ}$  Bujur Timur dan  $7,06^{\circ}$  -  $8,02^{\circ}$  Lintang Selatan. Kota Malang memiliki luas wilayah sebesar  $145,3 \text{ km}^2$ . Kota Malang dibatasi oleh wilayah Kabupaten Malang, yaitu Kecamatan Singosari dan kecamatan Karangploso di sebelah utara, Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang untuk sebelah timur, Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji di sebelah selatan, dan disebelah barat dibatasi oleh Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau. Kota Malang juga dikelilingi oleh beberapa Gunung, Gunung Arjuna di sebelah utara, Gunung Semeru dan Gunung Bromo di sebelah timur, dan Gunung Kawi di sebelah barat.



Gambar 4.17 Peta Kota Malang

#### 4.1.2 Kondisi Iklim Kota Malang

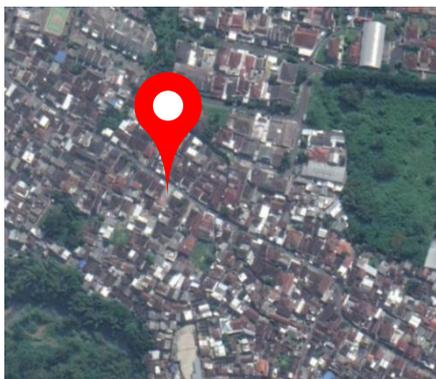
Kota Malang adalah kota yang beriklim tropis. Kondisi suhu di Kota Malang meningkat dari tahun 2013 hingga tahun 2017. Suhu tahunan rata – rata di Kota Malang dari tahun 2013 – 2017 yaitu 23,54°C – 24,50°C dengan suhu terpanasnya mencapai 28,49°C – 29,49°C. Untuk suhu tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2016 dengan suhu mencapai 24,50°C. Sedangkan untuk suhu rata – rata terpanas terjadi di tahun 2014 dengan rata – rata suhu mencapai 29,49°C. Berdasarkan pengamatan dari stasiun BMKG Kota Malang tahun 2013 – 2017 suhu tertinggi rata – rata terjadi di bulan Oktober yaitu 24,86°C. Sedangkan untuk suhu terendah rata – rata terjadi di bulan Agustus dengan suhu mencapai 18,42°C.



Gambar 4.18 Suhu rata-rata Kota Malang 2013-2017

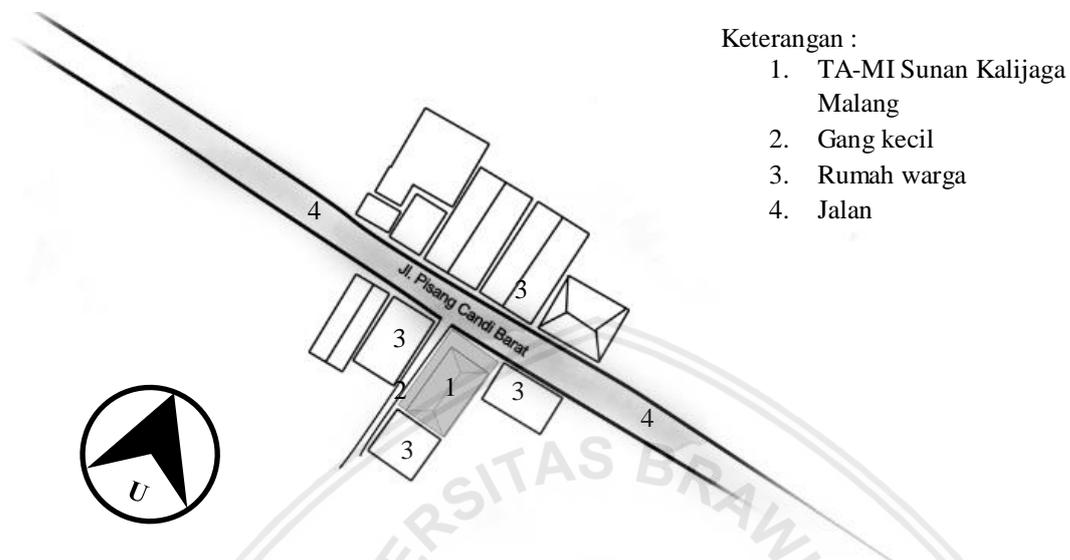
#### 4.1.3 Kondisi Tapak TA – MI Sunan Kalijaga Malang

TA – MI Sunan Kalijaga beralamat di Jl.Pisang Candi Barat 39 Kecamatan Sukun, Kota Malang. Ta – Mi ini berlokasi didaerah pemukiman padat penduduk. Ta – Mi ini memiliki luasan tapak sebesar 52,5 m<sup>2</sup> yang terdiri dari 1 gedung berlantai 2. Bangunan dibatasi oleh jalan perkampungan disebelah utara, sedangkan di sebelah



selatan dibatasi oleh rumah warga, untuk disebelah timur bangunan berbatasan dengan rumah warga yang berfungsi sebagai bengkel las, dan disebelah barat berbatasan dengan jalan gang kecil.

Gambar 4.19 Lokasi TA-MI Sunan Kalijaga



Gambar 4.20 Siteplan TA-MI Sunan Kalijaga

Lokasi sekitar bangunan yang meperlihatkan kepadatan pada daerah Ta- Mi Sunan Kalijaga Malang.



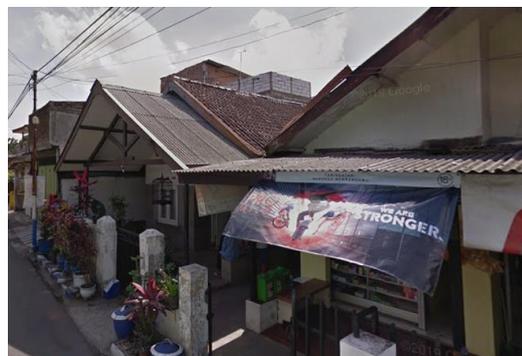
Gambar 4.22 Gang depan sekolah



Gambar 4.21 Rumah samping gang



Gambar 4.24 Rumah samping sekolah



Gambar 4.23 Rumah seberang jalan



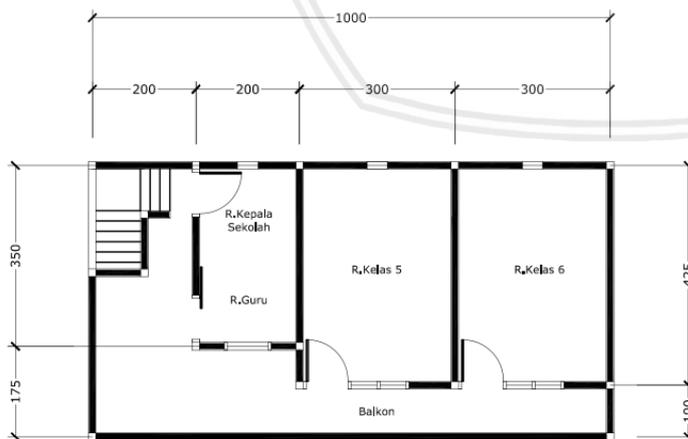
Gambar 4.26 Rumah seberang jalan



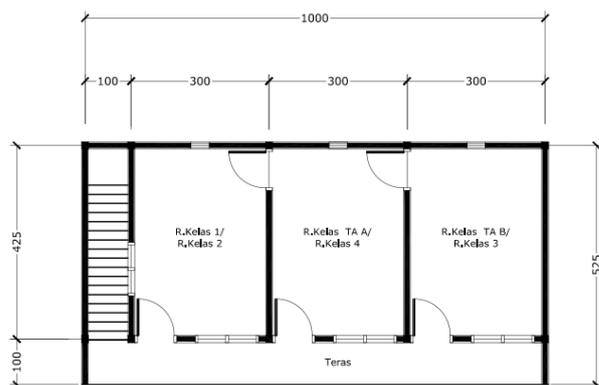
Gambar 4.25 Jalan depan sekolah

#### 4.1.4 Kondisi Bangunan Ta – Mi Sunan Kalijaga Malang

Bangunan Ta – Mi Sunan Kalijaga Malang adalah bangunan dengan fungsi sebagai sekolah dasar pada awalnya. Namun dengan seiringnya waktu dan berkembangnya pemukiman disekitarnya membuat fungsi bangunan bertambah menjadi sekolah dasar dan taman kanak – kanak. Kondisi ini membuat bangunan seakan padat penghuni karena perluasan bangunan sudah tidak bisa lagi dilakukan karena berada di tengah pemukiman. Bangunan Ta – Mi sunan Kalijaga terdiri dari 2 lantai. Lantai 1 terdiri dari 3 ruang kelas dan untuk lantai 2 terdiri dari 2 ruang kelas, 1 ruang Guru dan 1 ruang Kepala Sekolah. Tiga ruang kelas di lantai 1 berfungsi sebagai ruang kelas anak-anak TA dan MI. Keduanya bergantian dalam mengisi kelas di lantai 1, dengan pembagian sebagai berikut : Siswa kelas 1 MI bergantian dengan siswa kelas 2 MI, selanjutnya kelas TA A bergantian dengan kelas 4 MI, dan yang terakhir kelas TA B bergantian dengan kelas 3 MI. Untuk ruang kelas dilantai 2 hanya digunakan oleh kelas 5 dan kelas 6 MI.



Gambar 4.27 Denah lantai 2



Gambar 4.28 Denah lantai 1



Gambar 4.29 Kondisi di TA-MI Sunan Kalijaga

## 4.2 Analisis Suhu Kota Malang

### 4.2.1 Suhu Netral Kota Malang

Suhu netral adalah kondisi di mana manusia tidak berkeringat atau merasa kebinginan. Suhu netral dapat berubah mengikuti suhu rata-rata bulanan pada daerah objek penelitian. Untuk menghitung suhu netral dapat menggunakan persamaan suhu netral oleh Szokolay.

$$T_n = 17.6 + 0.31 T_{o.av}$$

Keterangan :

$T_n$  = suhu netral ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{o.av}$  = suhu rata-rata per bulan ( $^{\circ}\text{C}$ )

Rata – rata suhu bulanan di Kota Malang pada tahun 2013 -2017 mencapai  $23,90^{\circ}\text{C}$  . Suhu ini kemudian dimasukkan kedalam persamaan Szokolay untuk mengetahui suhu netral yang ada di Kota Malang.

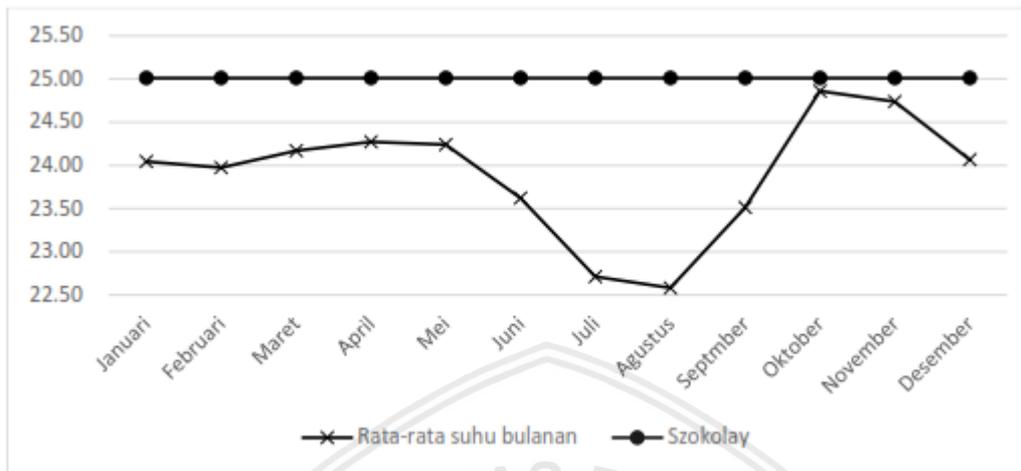
$$T_n = 17.6 + 0.31 T_{o.av}$$

$$T_n = 17.6 + 0.31(23,90^{\circ}\text{C} )$$

$$T_n = 17.6 + 7.409$$

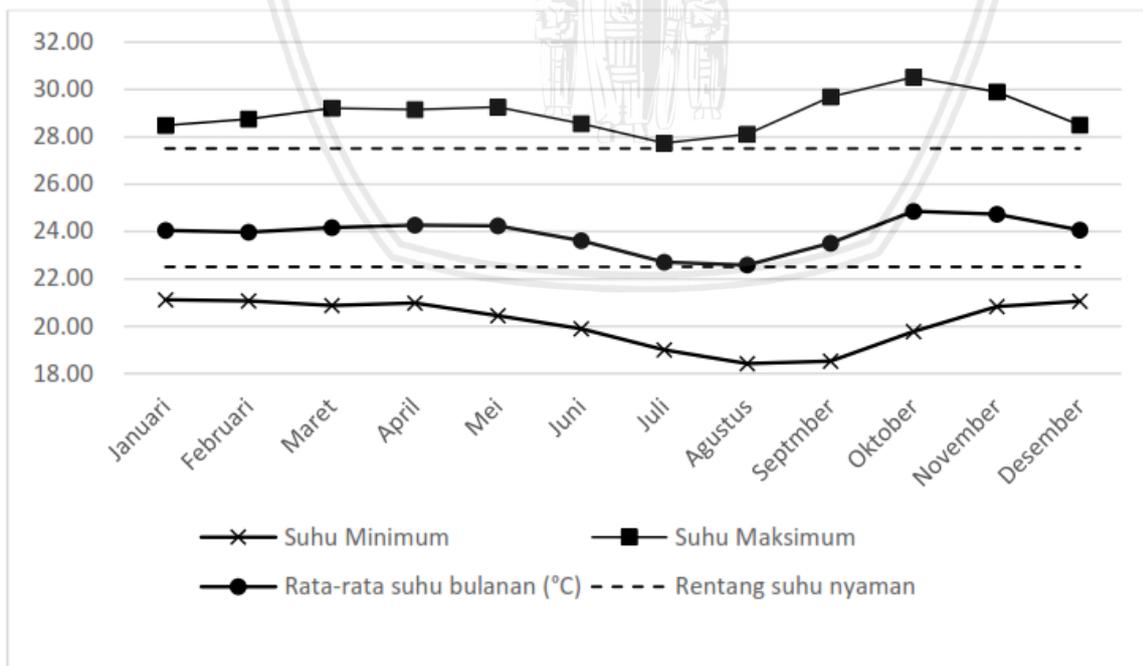
$$T_n = 25^{\circ}\text{C}$$

Dari persamaan diatas diketahui suhu netral Kota Malang adalah  $25^{\circ}\text{C}$  .Pada hasil ini menunjukkan bahwa suhu rata – rata bulanan di tahun 2013 – 2017 berada dibawah suhu netral.



Gambar 4.30 Suhu netral Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017

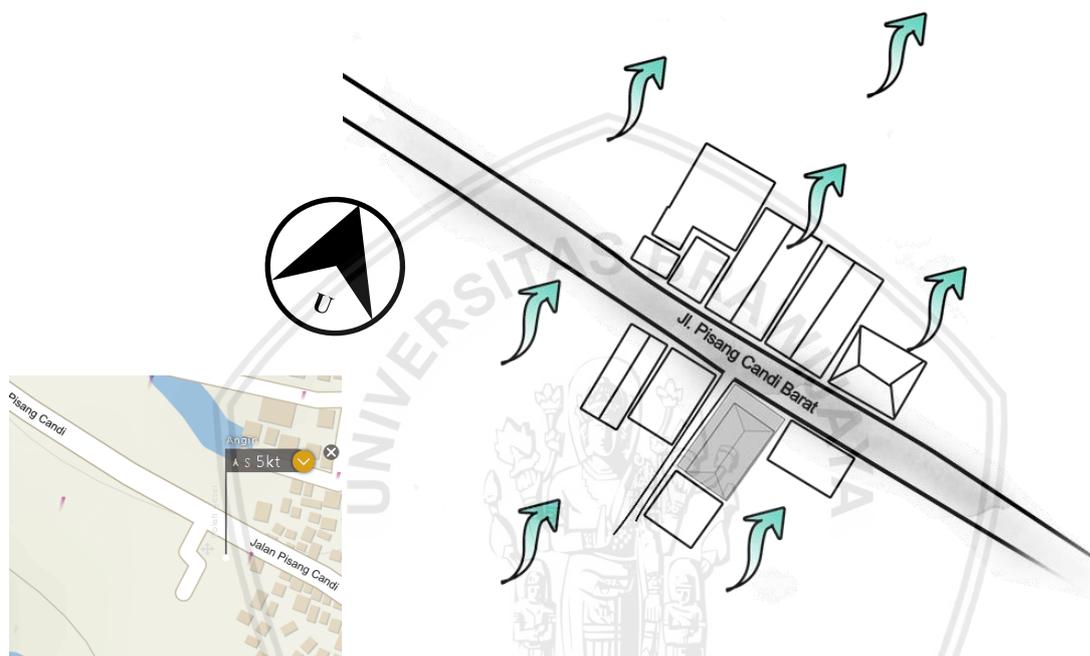
Setelah mengetahui suhu netral maka dapat ditemukan suhu nyaman yang ada di Kota Malang. Rentang kondisi suhu nyaman yang dapat diterima manusia disebut sebagai zona nyaman. Batas zona nyaman tersebut adalah  $(T_n - 2.5)^{\circ}\text{C}$  sampai  $(T_n + 2.5)^{\circ}\text{C}$ . Jadi batas zona nyaman di Kota Malang adalah  $(25^{\circ}\text{C} - 2.5^{\circ}\text{C} = 22.5^{\circ}\text{C})$  sebagai batas suhu terendah dan  $(25^{\circ}\text{C} + 2.5^{\circ}\text{C} = 27.5^{\circ}\text{C})$  sebagai batas suhu tertinggi.



Gambar 4.31 Suhu nyaman Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017

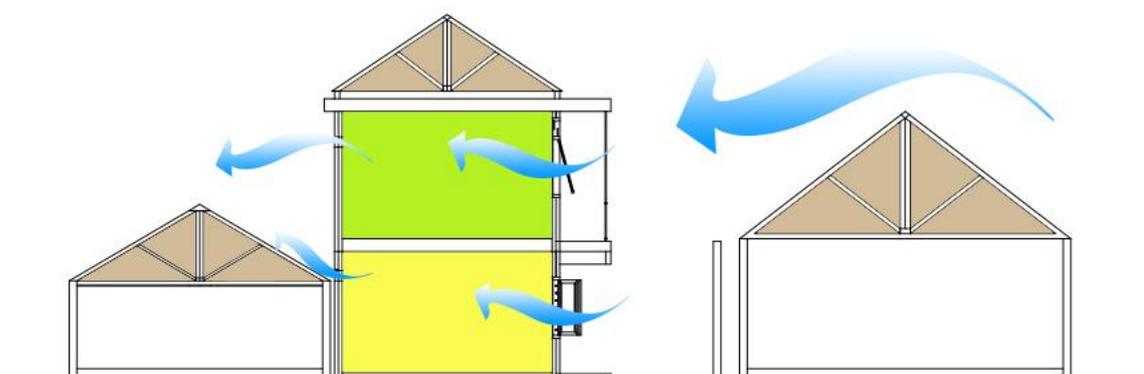
#### 4.2.2 Analisis Arah Angin

Menurut BMKG Kota Malang arah angin yang berhembus di Kota Malang berasal dari arah utara dan selatan. Angin yang berhembus dari arah selatan terjadi pada bulan Juli – Oktober, sedangkan angin yang berhembus dari utara terjadi di bulan – bulan lain. Kondisi objek penelitian yang berada di area pemukiman yang padat mempengaruhi arah aliran angin. Kecepatan angin akan meningkat bila melewati celah bangunan dikarenakan pengaruh efek venturi.



Gambar 4.32 Arah angin pada siteplan bangunan

Arah angin juga dipengaruhi oleh tinggi bangunan dan tinggi bangunan sekitar. Semakin tinggi suatu tempat, kecepatan angin yang diterima akan semakin tinggi juga (Taranath, 2005). Bangunan Ta – Mi Sunan Kalijaga memiliki tinggi bangunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bangunan sekitarnya.



Gambar 4.33 Potongan sistem penghawaan alami pada bangunan

### 4.3 Analisis Visual

Untuk mengetahui kondisi bangunan diperlukan analisis visual. Analisis visual yang dilakukan berupa analisis pembayangan pada fasad bangunan dan analisis elemen bukaan. Analisis pembayangan diperlukan untuk mengetahui sisi mana pada bangunan yang paling banyak menerima sinar matahari. Analisis elemen bukaan diperlukan untuk mengetahui kondisi dan kesesuaian bukaan di bangunan.

#### 4.3.1 Analisis Pembayangan Bangunan

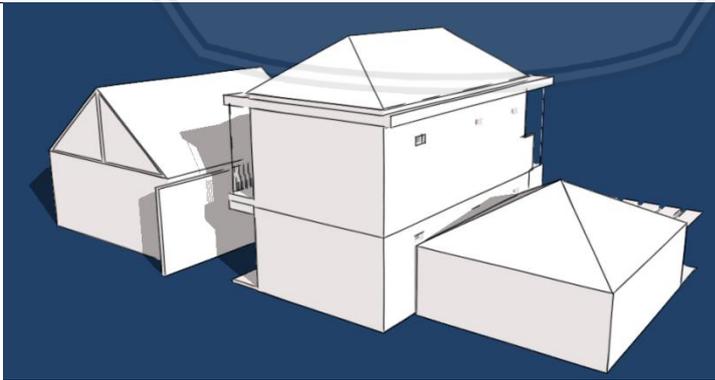
Ta – Mi Sunan Kalijaga beralamat di Jl. Pisang Candi Barat 39, Kecamatan Sukun, Kota Malang. Batas sisi utara Ta – Mi Sunan Kalijaga adalah jalan, rumah penduduk di sisi selatan, rumah penduduk di sisi timur dan jalan gang di sisi barat.

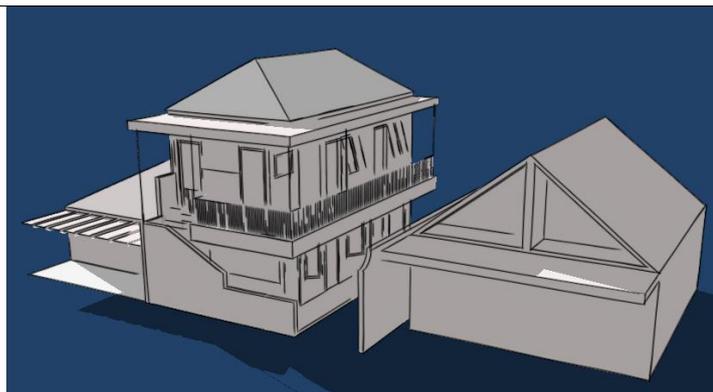
*Software sketch up* digunakan untuk melakukan simulasi pembayangan pada bangunan. Simulasi pembayangan dilakukan 4 waktu yaitu titik balik matahari (22 Juni dan 22 Desember), titik equinox (21 Maret), dan pembayangan saat pengukuran (05 April 2019). Berikut ini adalah hasil simulasi pembayangan pada waktu yang telah ditentukan.

##### 1. Pembayangan pada titik balik matahari dan *equinox*

Simulasi pada periode ini masing – masing dilakukan dalam tiga waktu, yaitu pada pagi hari pukul 08.00, siang hari pukul 12.00, dan sore hari pukul 16.00. Hasil ketiganya akan dibandingkan untuk mendapatkan kondisi fasad di area mana saja yang terbayangi dan terpapar matahari.

Tabel 4.5 Pembayangan pada pukul 08.00

Tanggal	Hasil Pembayangan
21 Maret	 <p style="text-align: center;">Selatan                      Timur</p>



Barat

Utara

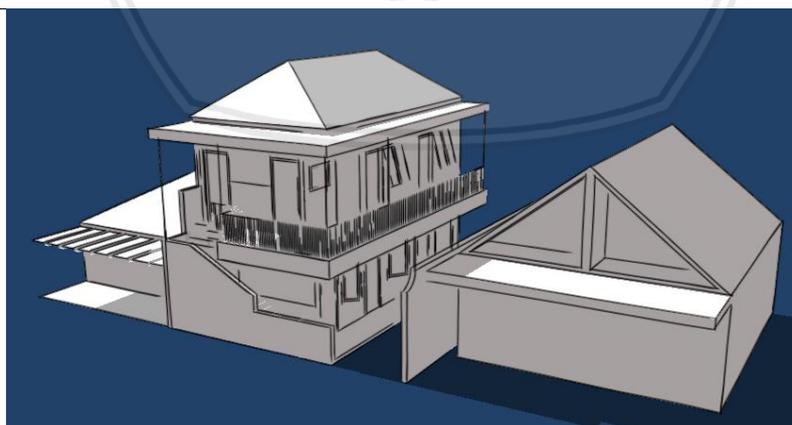
**Analisis :** Hasil simulasi pada 21 Maret pukul 08.00 menunjukkan fasad yang terpapar sinar matahari adalah sisi timur bangunan . Sedangkan sisi barat sepenuhnya terbayangi oleh sinar matahari. Pada sisi selatan sedikit terpapar oleh sinar matahari.

22 Juni



Selatan

Timur



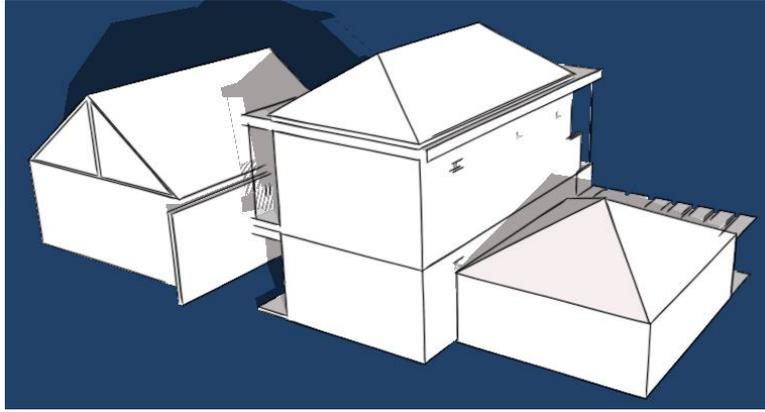
Barat

Utara

**Analisis :** Hasil simulasi pada 22 Juni pukul 08.00 menunjukkan sisi timur bangunan terpapar penuh oleh sinar matahari. Sedangkan di sisi utara sinar matahari masuk terhalang oleh dinding bangunan.

22

Desember



selatan

Timur



barat

Utara

**Analisis :** Hasil simulasi pada 22 Desember pukul 08.00 menunjukkan sisi selatan dan timur bangunan terpapar oleh sinar matahari. Sedangkan sisi barat dan utara hanya terbayang oleh sinar matahari.

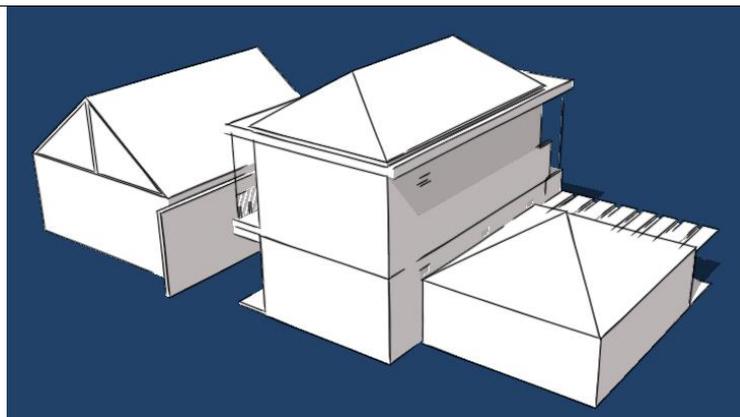
Hasil Simulasi pada pukul 08.00 menunjukkan sisi yang selalu terpapar sinar matahari langsung adalah sisi timur bangunan. Bukaan di sisi timur terpapar langsung sinar matahari dan tidak ada shading yang mengurangi sinar matahari yang diterima oleh bukaan di sisi timur. Sisi selatan di tanggal 21 Maret terpapar sinar matahari meski tidak menyeluruh, di tanggal 22 Desember sisi selatan terpapar penuh oleh sinar matahari dan di tanggal 22 Juni sisi selatan terbanyangi seluruhnya.

Sisi Barat adalah sisi yang selalu terbanyangi sepenuhnya karena membelakangi arah datangnya sinar matahari. Sedangkan sisi utara dominan terbayang meski di tanggal 22 Juni sinar matahari sedikit masuk ke sisi utara bangunan.

Tabel 4.6 Pembayangan pada pukul 12.00

Tanggal	Hasil Pembayangan
---------	-------------------

21 Maret



selatan

Timur

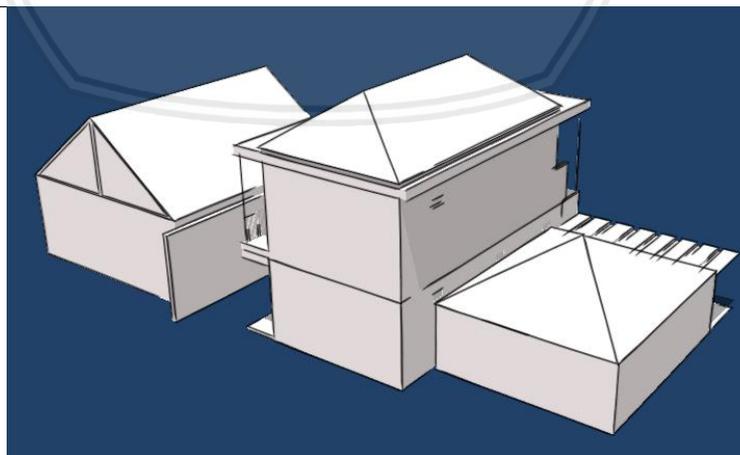


barat

Utara

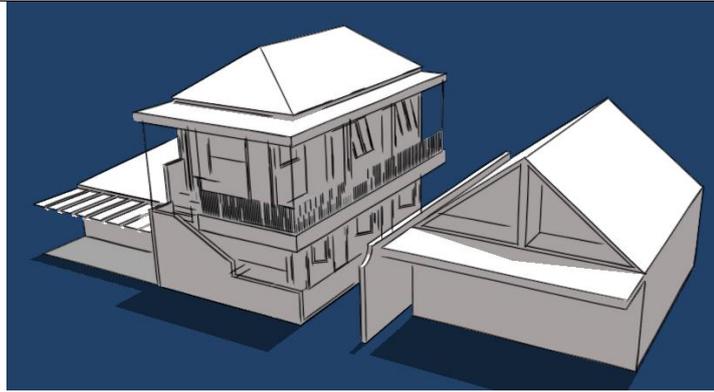
**Analisis :** Hasil simulasi pada 21 Maret pukul 12.00 menunjukkan sisi barat dan utara terbayangi seluruhnya. Sisi timur tidak sepenuhnya terbayang oleh sinar matahari. Dan di sisi selatan sinar matahari memapar langsung ke sisi bangunan.

22 Juni



selatan

Timur



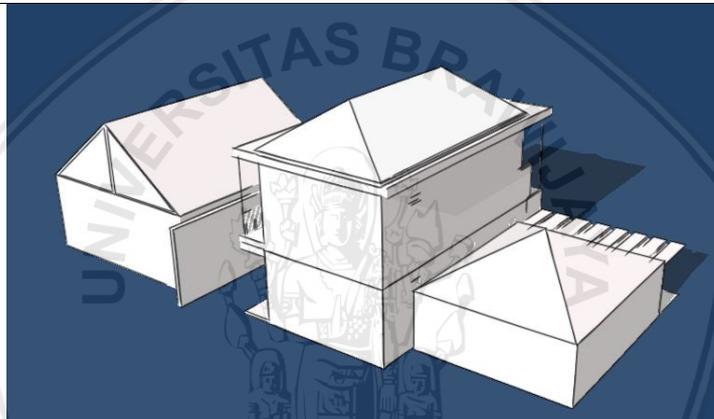
Barat

Utara

**Analisis :** Hasil simulasi pada 22 Juni menunjukkan bahwa sisi Barat, Timur, dan utara terbayang sepenuhnya. Sisi selatan adalah sisi yang terpapar matahari .

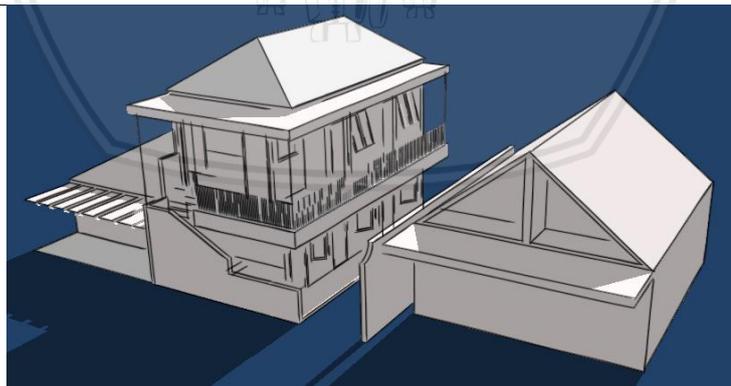
22

Desember



selatan

Timur



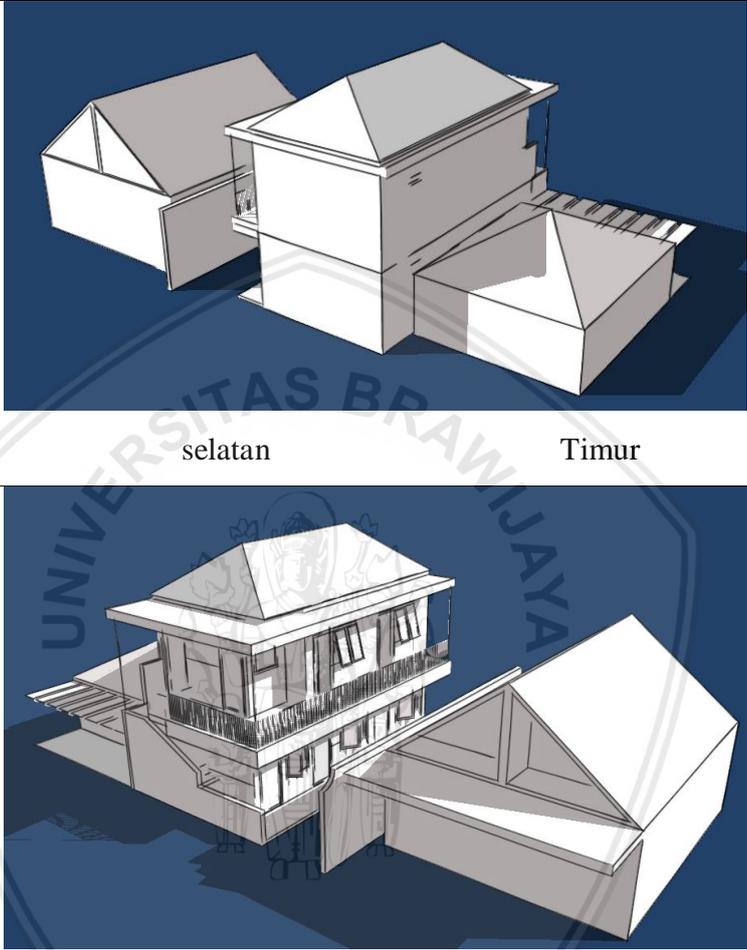
barat

Utara

**Analisis :** Hasil simulasi pada 22 Desember menunjukkan sisi Barat, Timur, dan Utara terbayang sepenuhnya. Sisi selatan adalah satu-satunya yang terpapar oleh sinar matahari langsung.

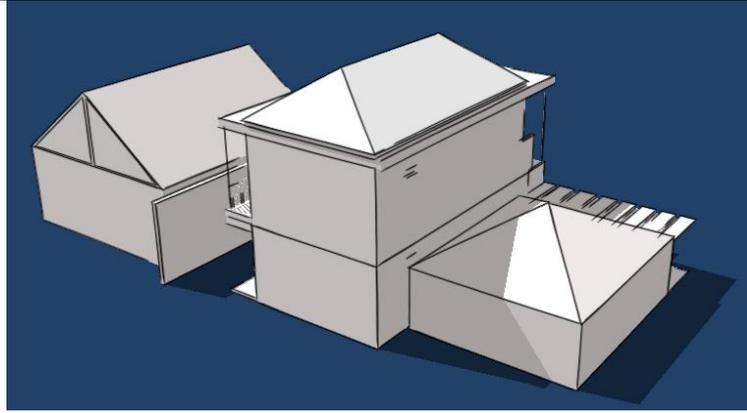
Hasil simulasi pada pukul 12.00 menunjukkan sisi yang selalu terpapar oleh sinar matahari adalah sisi selatan bangunan. Sisi barat, timur, dan utara selalu terbayang sepenuhnya karena letak matahari yang ada diatas bangunan.

Tabel 4.7 Pembayangan pukul 16.00

Tanggal	Hasil Pembayangan
21 Maret	

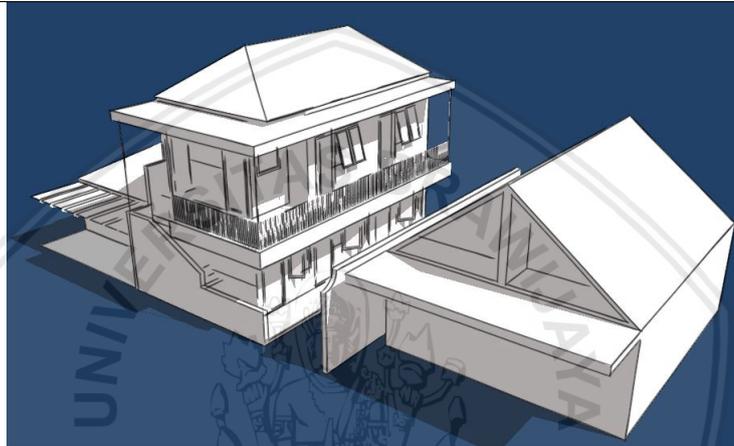
**Analisis :** Hasil simulasi pada 21 Maret pukul 16.00 menunjukkan sisi barat dan selatan terpapar sinar matahari, namun di sisi barat ada shading yang membuat adanya pembayangan namun tidak menyeluruh. Sisi timur dan utara trbayang sepenuhnya.

22 Juni



selatan

Timur



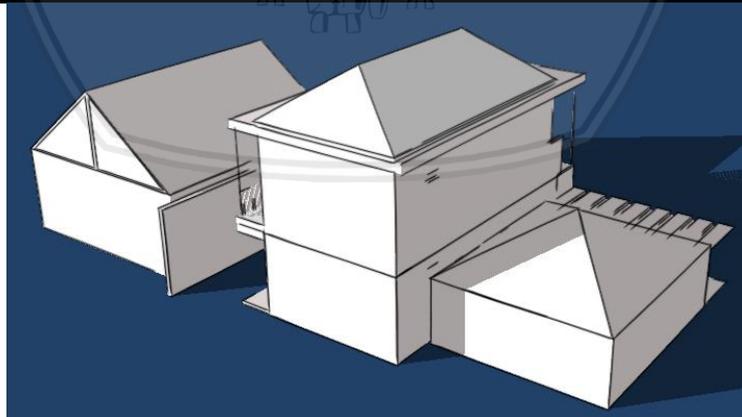
barat

Utara

**Analisis :** Hasil simulasi pada 22 Juni pukul 16.00 hanya sisi barat yang tidak terbayang sepenuhnya oleh sinar matahari.

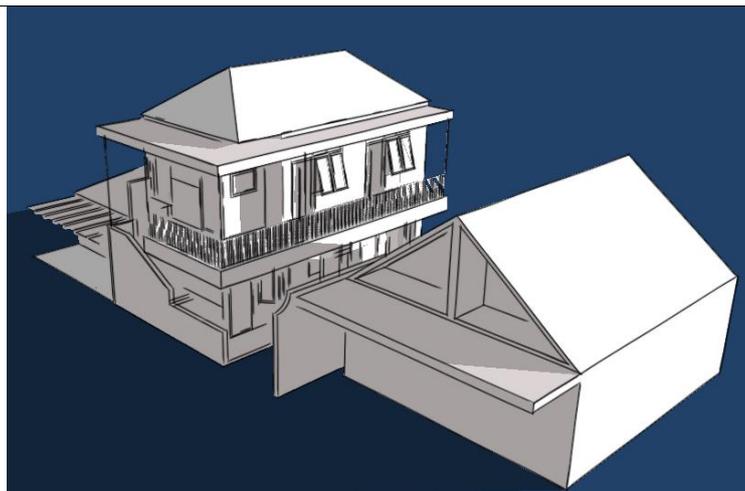
22

Desember



selatan

Timur



barat

Utara

**Analisis :** Hasil simulasi pada 22 Desember pukul 16.00 menunjukkan sisi Timur dan Utara terbayang sepenuhnya. Sedangkan sisi selatan terpapar sepenuhnya tanpa adanya shading.

Hasil simulasi pada pukul 16.00 menunjukkan sisi yang selalu terbayangi adalah sisi timur karena membelakangi arah datangnya sinar matahari. Letak matahari yang berada di barat membuat sisi barat terpapar langsung oleh sinar matahari.

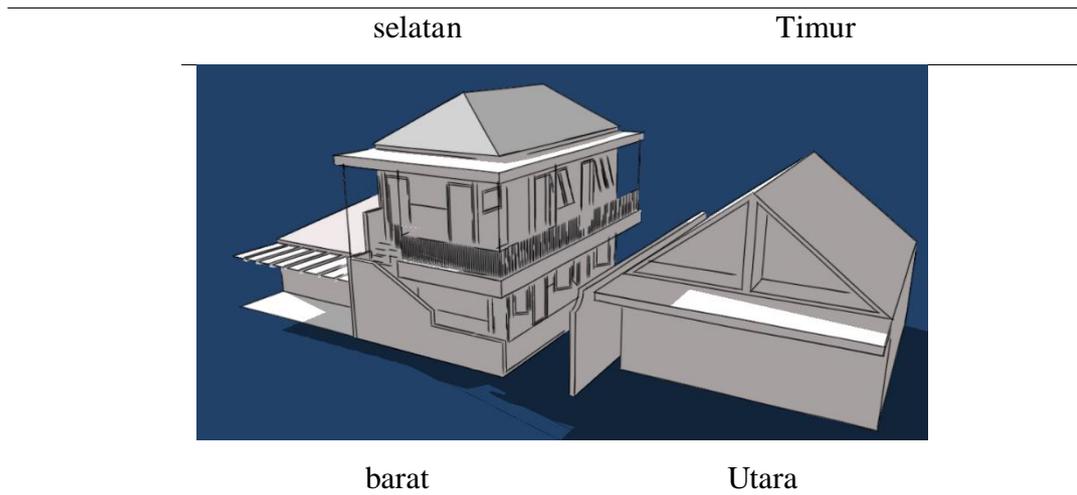
Seluruh hasil simulasi pembayangan pada titik balikmatahari dan equinox menunjukkan fasad yang paling terbayangi adalah sisi utara, barat, timur, dan selatan. Sehingga orientasi bangunan yang baik adalah ke arah sisi utara dan barat. Sedangkan disisi timur perlu adanya shading untuk mengurangi datangnya sinar matahari langsung saat pagi.

## 2. Saat survey

Simulasi pembayangan dengan waktu yang sama saat survey dilakukan pada pukul 08,00, 12.00 dan 16.00.

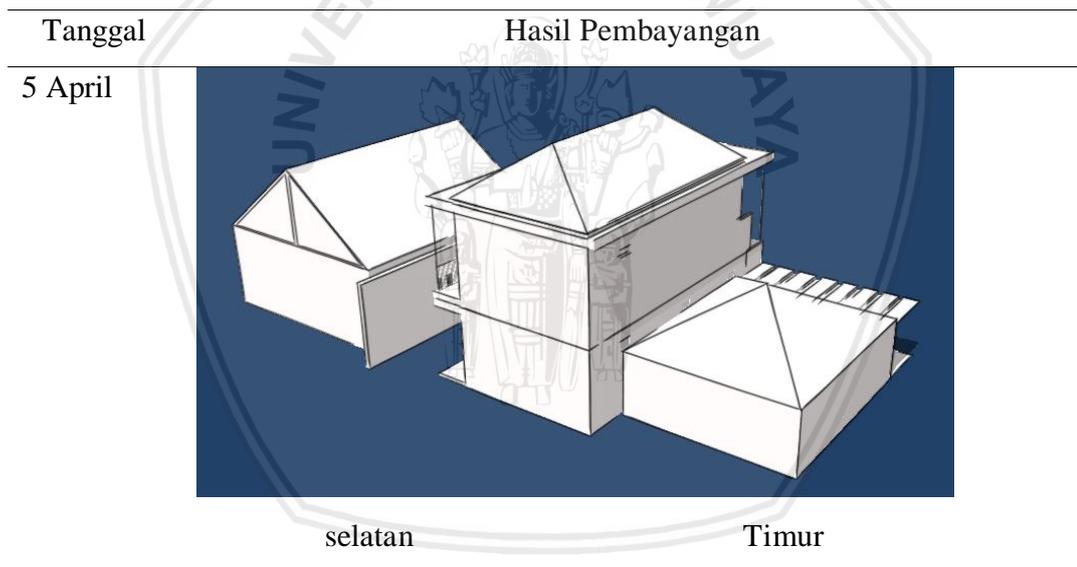
Tabel 4.8 Pembayangan survey pukul 08.00

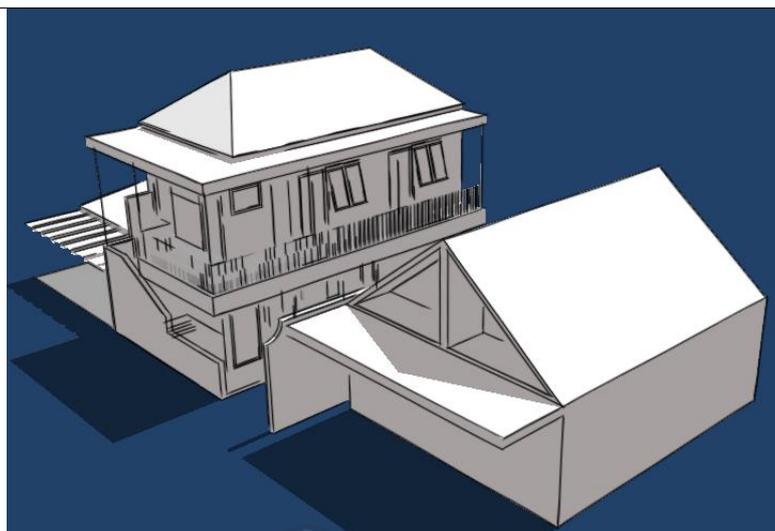
Tanggal	Hasil Pembayangan
5 April	



**Analisis :** Hasil pada pukul 08.00 pagi terlihat bahwa sisi timur terpapar oleh cahaya pagi secara langsung. Sedangkan untuk sisi utara dan barat terbayangi sepenuhnya.

Tabel 4.9 Pembayangan survey pukul 12.00





barat

Utara

**Analisis** : Pada pukul 12.00 sisi yang terpapar matahari adalah sisi selatan.  
Untuk ketiga sisi lainnya terbayangi sepenuhnya.

Tabel 4.10 Pembayangan survey pukul 16.00

Tanggal

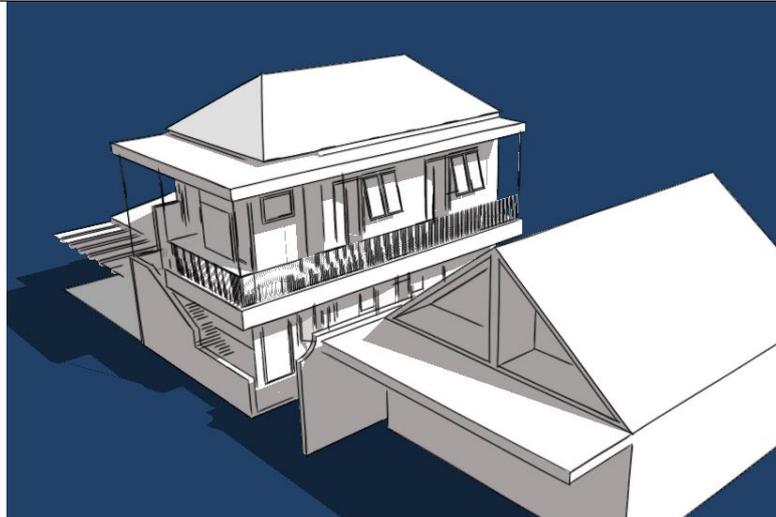
Hasil pembayangan

5 April



selatan

Timur



barat

Utara

**Analisis :** Pada pukul 16.00 sisi barat terpapar sepenuhnya oleh matahari namun terdapat bayangan yang terjadi karena adanya shading di sisi barat.

Dari ketiga waktu yang sudah disimulasikan pada tanggal 05 April ,sisi Utara adalah sisi dari bangunan yang hampir sepenuhnya terbayangi. Untuk sisi timur terpapar sinar matahari langsung pada pukul 08.00 pagi, sedangkan pukul 16.00 sisi baratlah yang menerima sinar matahari secara langsung.

#### 4.3.2 Analisis Elemen Bukaannya

Ta – Mi Sunan Kalijaga merupakan bangunan pendidikan yang terdiri dari ruang kelas dan ruang guru. Bangunan yang berfungsi sebagai ruang kelas membuat fasad bangunan didominasi oleh pintu dan jendela. Terdapat beberapa jenis jendela dan pintu di TA – MI Sunan Kalijaga Malang namun jendela gantung atas sangat mendominasi.

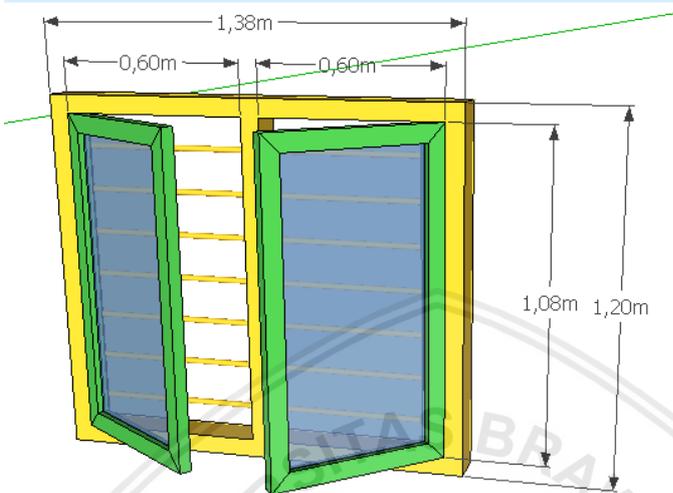
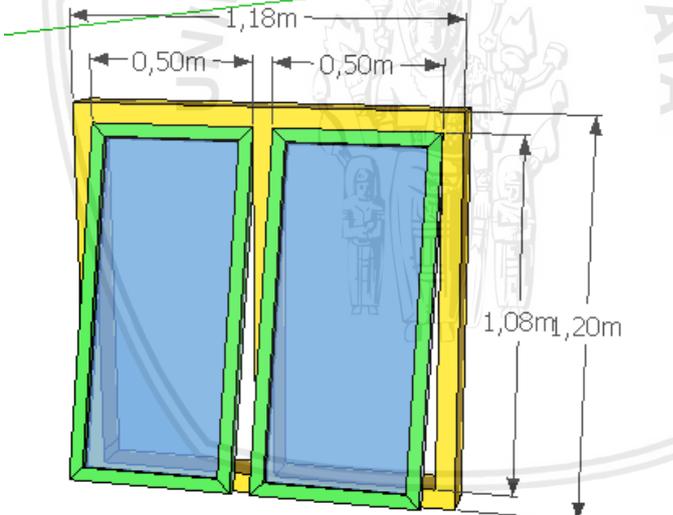


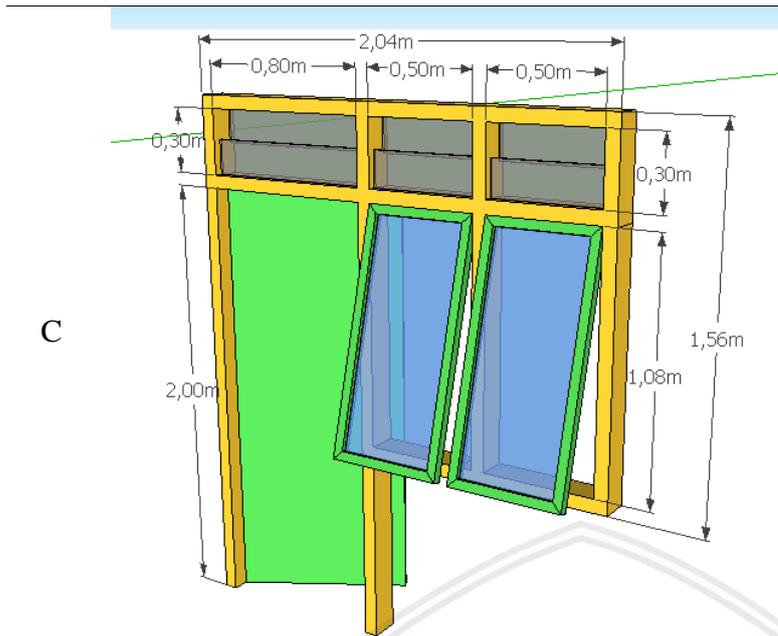
Gambar 4. Tampak barat dan utara TA – Mi Sunan Kalijaga Malang

Analisis jendela difokuskan pada jendela yang terdapat di sisi barat dan utara bangunan terutama di area ruang kelas. Desain suatu jendela yang berbeda dapat mempengaruhi tingkat pendinginan ruang yang berbeda pula. Faktor desain jendela yang

berpengaruh terhadap suhu antara lain adalah posisi jendela dari lantai, dimensi jendela, dan jenis jendela. Berikut adalah kondisi eksisting jendela pada ruang kelas.

Tabel 4.11 Kondisi bukaan eksisting

Tipe	Dimensi	Keterangan
A		<p>Jendela gantung samping</p> <p>Posisi +0,70</p> <p>Luas Casement 1,296 m<sup>2</sup></p> <p>Letak Ruang kelas 1/2, ruang kelas TA A/ 4, dan ruang kelas TA B/3</p>
B		<p>Jendela gantung atas</p> <p>Posisi + 0,70</p> <p>Luas Awning 1,08 m<sup>2</sup></p> <p>Letak Ruang kelas 1/2</p>



Pintu ,boven jenis  
fixed, dan jendela  
gantung atas

Posisi

Boven +2,06 m

Jendela + 0,80 m

Luas

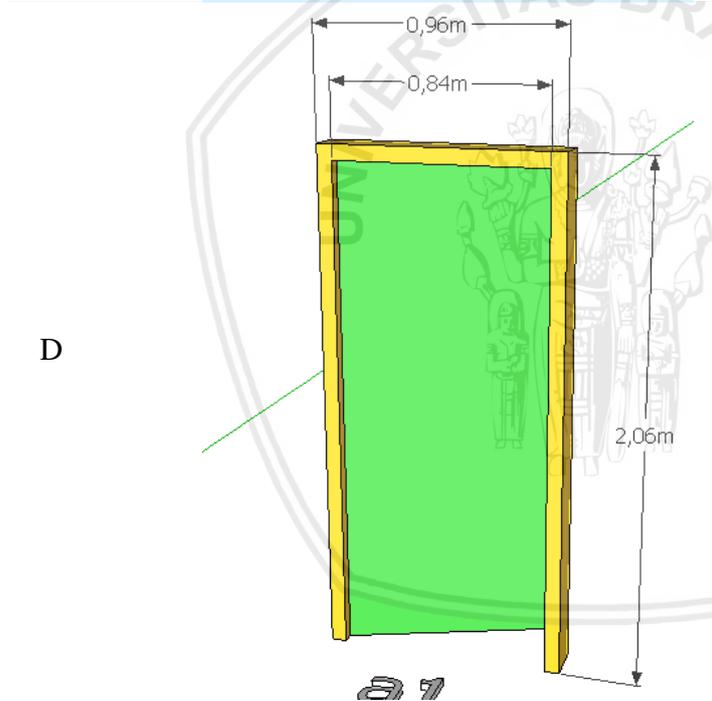
Pintu 1,6 m<sup>2</sup>

Boven 0,54 m<sup>2</sup>

Jendela 1,08 m<sup>2</sup>

Letak

Ruang kelas 5 dan 6



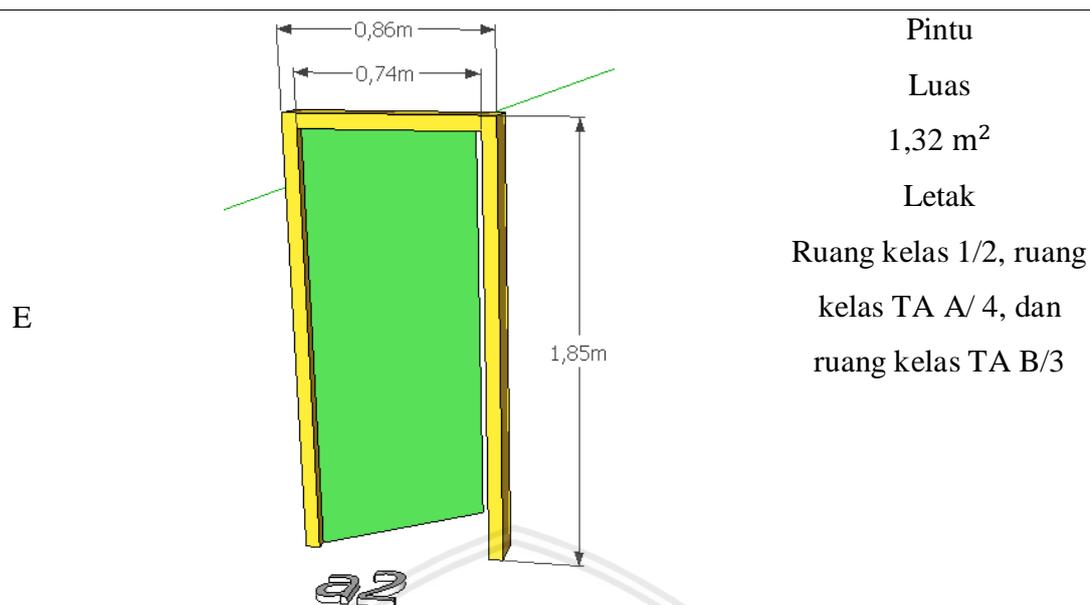
Pintu

Luas

1,6 m<sup>2</sup>

Letak

Ruang kelas 1/2, ruang  
kelas TA A/ 4, dan  
ruang kelas TA B/3



Menurut Lechner (2015) untuk tercapainya kenyamanan dalam bangunan di daerah tropis, luas penghawaan yang dibutuhkan adalah minimal 20% dari luas lantai. Sedangkan menurut SNI 03-6572-2001 luas bukaan yang nyaman adalah 5% dari luas lantai. Kondisi bukaan di TA-MI Sunan Kalijaga akan dihitung untuk mengetahui apakah bukaan yang ada sudah sesuai dengan standart dari Lechner.

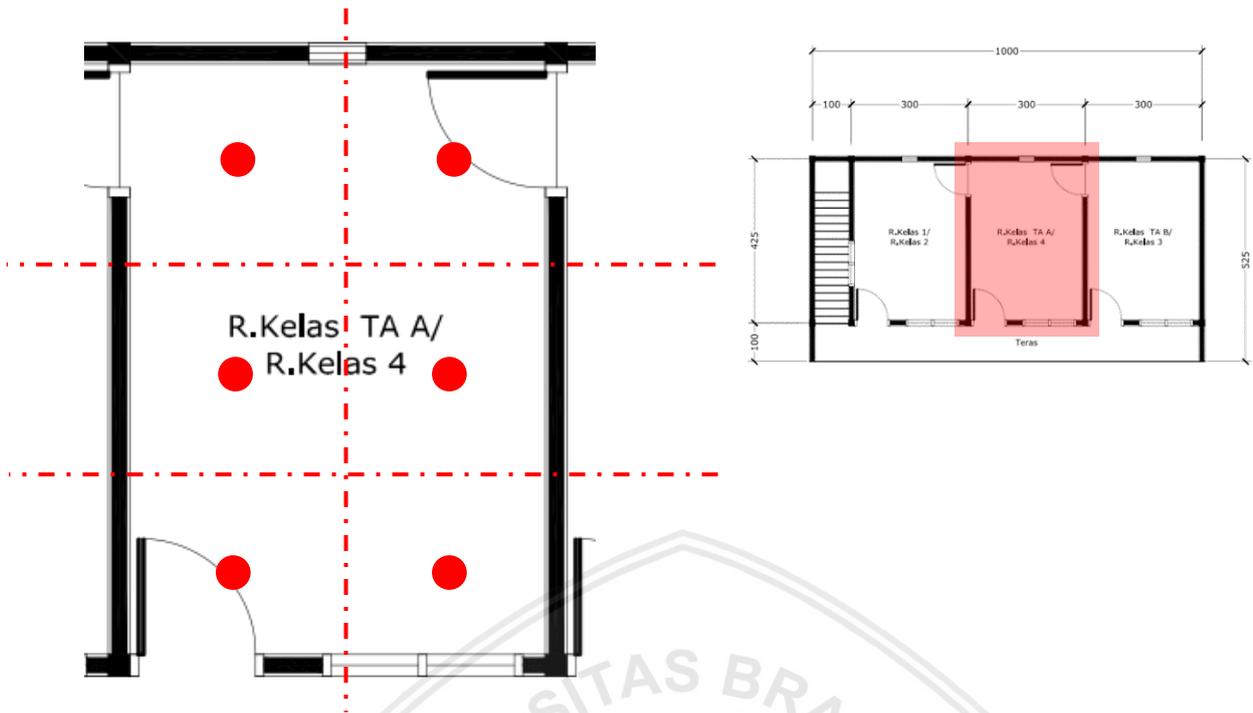
Tabel 4.12 Kebutuhan dimensi bukaan

Nama Ruang	Luas Eksisting (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan m <sup>2</sup>	Keterangan
Ruang 1.2, dan 1.3	Lantai 12,75 m <sup>2</sup> Jendela 1,296 m <sup>2</sup>	20% x 12,75 = 2,55 m <sup>2</sup> 5% x 12,75 = 0,64 m <sup>2</sup>	Menurut Lechner kenyamanan masih belum terpenuhi. Berdasar SNI 03-6572- 2001 sudah terpenuhi.
Ruang 2.1 dan 2.2	Lantai 12,75 m <sup>2</sup> Jendela 1,62 m <sup>2</sup>	20% x 12,75 = 2,55 m <sup>2</sup> 5% x 12,75 = 0,64 m <sup>2</sup>	Menurut Lechner kenyamanan masih belum terpenuhi. Berdasar SNI 03-6572- 2001 sudah terpenuhi.
Ruang 1.1	Lantai 12,75 m <sup>2</sup> Jendela 2,376 m <sup>2</sup>	20% x 12,75 = 2,55 m <sup>2</sup> 5% x 12,75 = 0,64 m <sup>2</sup>	Menurut Lechner kenyamanan masih belum terpenuhi. Berdasar SNI 03-6572- 2001 sudah terpenuhi.

#### 4.4 Analisis Data Pengukuran

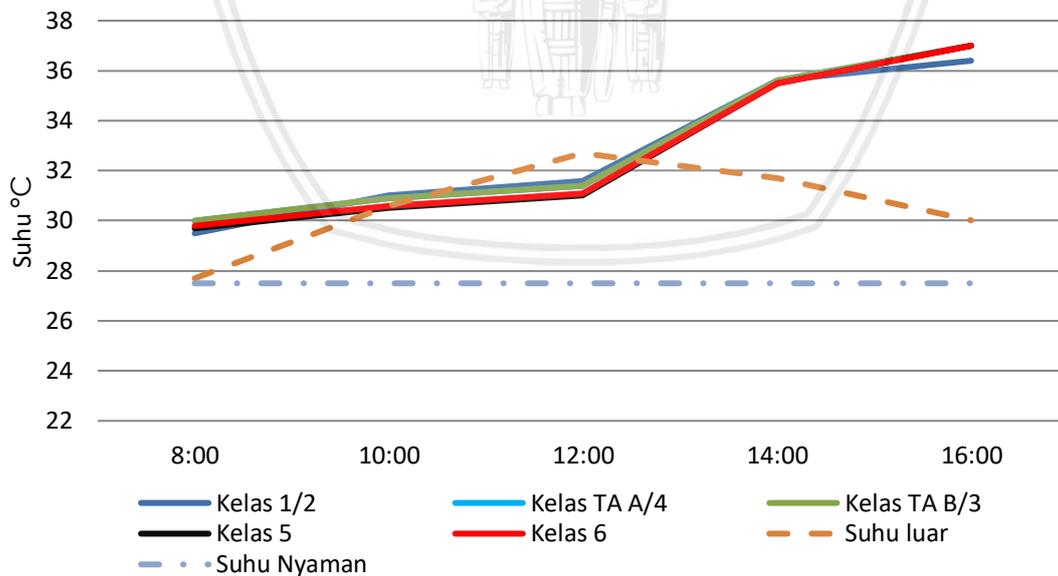
##### 4.4.1 Data Pengukuran

Kondisi termal di dalam bangunan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin. Dari ketiga faktor tersebut terdapat satu faktor dominan untuk menentukan kondisi kenyamanan termal yaitu, suhu udara. Sedangkan faktor yang lain juga memiliki fungsi untuk menentukan letak dan jenis ventilasi untuk mendinginkan ruangan. Data suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin berguna untuk mengetahui kondisi termal alami di ruang kelas TA-MI Sunan Kalijaga. Data diperoleh dari pengukuran di lapangan secara langsung pada 05 April 2019. Pengukuran dilakukan di dalam ruang kelas dengan 6 titik pengukuran dalam ruang dengan kondisi jendela terbuka.



Gambar 4.34 Titik pengukuran pada denah

Pengukuran dilakukan disetiap ruang kelas dengan keadaan jendela terbuka. Data pengukuran suhu kemudian dirangkum untuk mengetahui perbandingan suhu antar ruang kelas dan suhu nyaman Kota Malang. Berikut merupakan grafik pengukuran suhu pada tanggal 05 April 2019.

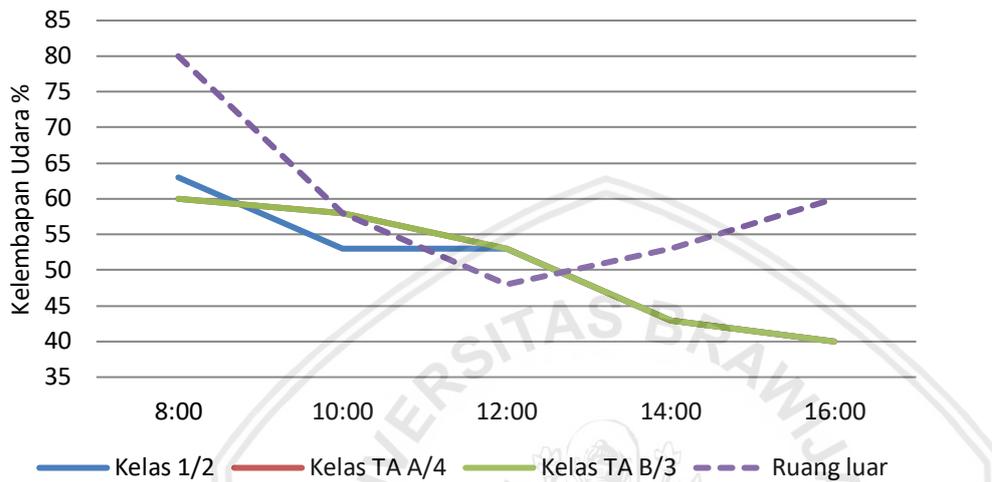


Gambar 4.35 Data pengukuran eksisting

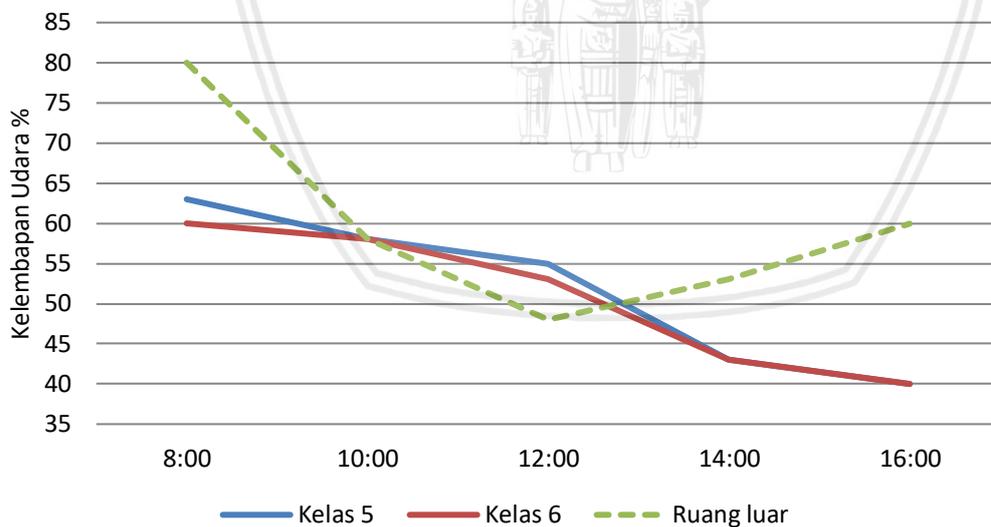
Dari hasil pengukuran diatas suhu di semua ruang kelas berada diatas batas tertinggi suhu nyaman Kota Malang yaitu 27,5°C. Suhu rata-rata terendah dimiliki oleh ruang kelas 5 yang berada di lantai 2 dengan posisi hook. Sedangkan untuk suhu rata-rata tertinggi

dimiliki oleh kelas TA A/ 4 dan kelas TA B/3 yang ada di lantai 1. Kenaikan suhu luar terjadi pada siang hari sedangkan kenaikan suhu di dalam ruang kelas dimulai saat sore hari pukul 14.00 – 16.00.

Data pengukuran yang berikutnya adalah data pengukuran kelembapan udara. Pengukuran kelembapan udara dilakukan disetiap ruang kelas dan ruang luar. Berikut merupakan grafik pengukuran kelembapan udara pada tanggal 05 April 2019.



Gambar 4.36 Data pengukuran kelembapan udara ruang kelas lantai 1

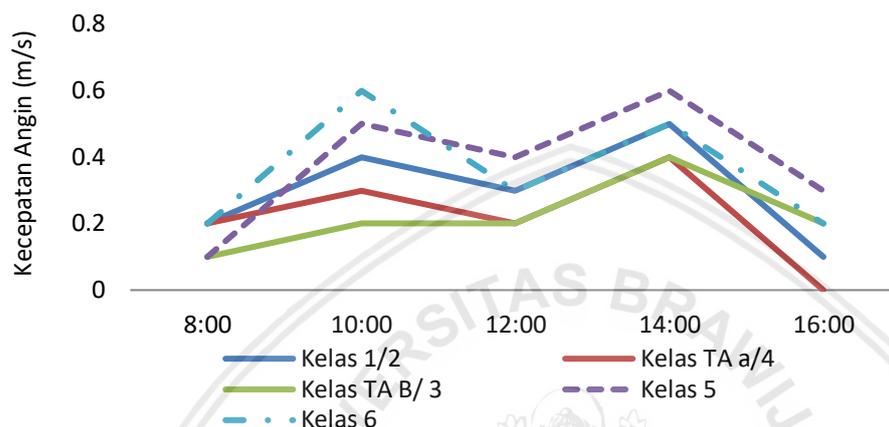


Gambar 4.37 Data pengukuran kelembapan udara ruang kelas lantai 2

Berdasarkan data pengukuran kelembapan udara diatas, kelembapan udara ruang luar berkisar pada angka 40 – 80 %. Kelembaban di dalam ruang kelas lantai 1 berkisar pada angka 40 - 65 %, sedangkan untuk ruang kelas lantai 2 kelembapan udara berkisar pada angka 40 – 63 %. Kelembapan udara terendah di dalam ruang kelas terjadi ketika sore

hari yaitu pukul 16.00. Sedangkan kelembaban udara tertinggi terjadi pada pukul 08.00 pagi.

Data pengukuran berikutnya adalah pengukuran kecepatan angin. Kecepatan angin diukur di dalam semua ruang kelas lantai 1 dan 2. Pengukuran ini guna mengetahui kondisi kecepatan angin dari ventilasi yang ada dalam ruang kelas. Berikut merupakan grafik pengukuran kecepatan angin pada tanggal 05 April 2019.

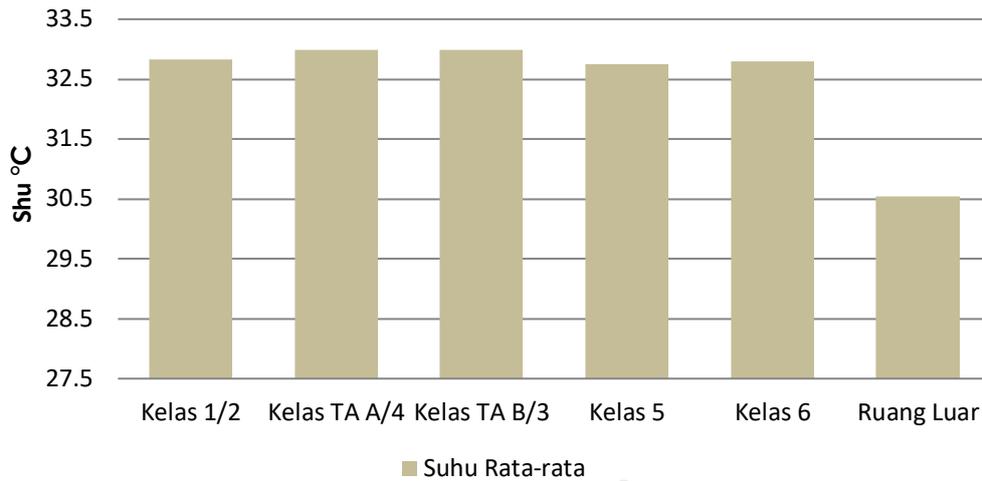


Gambar 4.38 Kecepatan angin didalam ruang kelas

Dari hasil pengukuran kecepatan angin didapatkan bahwa rentang kecepatan angin di dalam ruang adalah 0,0 m/s – 0,6 m/s. Kecepatan angin paling tinggi diraih di ruang kelas 5 dan 6, dikarenakan posisi ruang kelas yang ada di lantai 2. Sedangkan rata-rata kecepatan angin di lantai 1 paling tinggi terjadi di ruang kelas 1/2 yang terletak disisi utara dan dekat jalan.

#### 4.4.2 Analisis Pengukuran

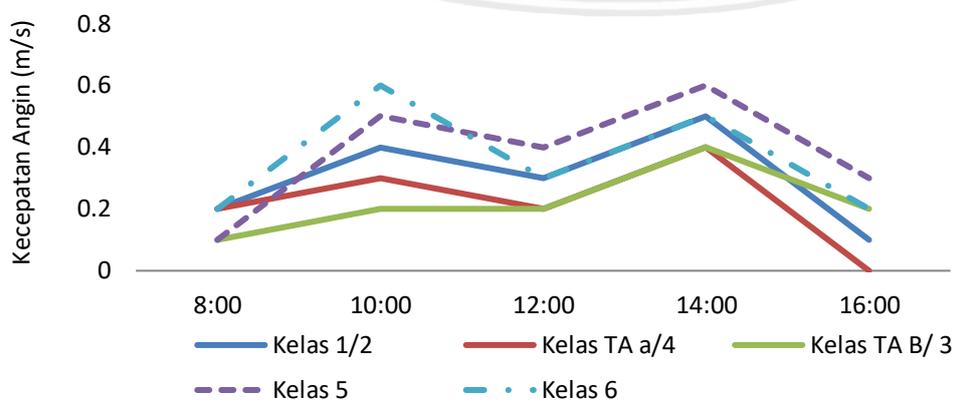
Pengukuran suhu udara pada ruang kelas yang sudah dilakukan kemudian dirangkum untuk mengetahui suhu rata-rata yang ada di setiap ruang kelas. Sehingga didapatkan suhu rata-rata paling tinggi dari semua ruang kelas yang sudah diukur. Berikut ini merupakan diagram suhu rata-rata di setiap ruang kelas.



Gambar 4.39 Suhu rata-rata eksisting

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu rata-rata di dalam ruang kelas melebihi suhu nyaman Kota Malang sebesar  $27,5^{\circ}\text{C}$ . Dari data diatas juga menunjukkan bahwa suhu rata-rata didalam ruang kelas melebihi suhu rata-rata di luar ruangan. Suhu rata-rata tertinggi terdapat di ruang kelas TA A/ 4 dan TA B/3, sedangkan suhu rata-rata terendah terdapat di ruang kelas 5. Selisih antara suhu rata-rata dari semua kelas terhadap ruang luar adalah  $2,3^{\circ}\text{C}$ .

Selain suhu udara, kecepatan angin adalah faktor utama kenyamanan didalam bangunan. Arah angin di Kota Malang mayoritas berasal dari arah utara, kecuali bulan Juli sampai bulan Oktober rata-rata angin berasal dari arah selatan. Kondisi bangunan yang berada di daerah pemukiman juga mempengaruhi aliran angin yang masuk kedalam bangunan.



Gambar 4.40 Kecepatan angin didalam ruang kelas

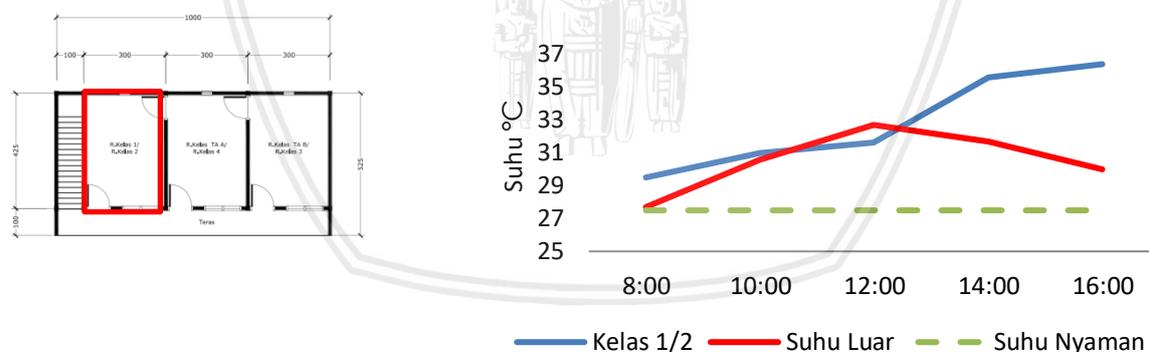
Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa ruang kelas yang mendapatkan aliran angin paling banyak adalah ruang kelas 5. Ruangan selanjutnya yang menerima aliran angin yang banyak adalah ruang kelas 6 kemudian ruang kelas 1/2 dan yang terakhir adalah ruang kelas TA A/4 dan ruang kelas TA B/3. Kelas 5 dan 6 dapat menerima aliran angin banyak dikarenakan berada di lantai 2, sedangkan kelas 1/2 menerima aliran angin yang cukup banyak dikarenakan letaknya berada didekat jalan.

#### 4.4.3 Analisis Kenyamanan Ventilasi

Kenyamanan dalam ruang dapat memanfaatkan kecepatan aliran angin yang masuk kedalam ruang kelas. Kecepatan angin yang masuk ditentukan oleh kondisi ventilasi itu sendiri. Hembusan angin yang mengenai kulit dapat menyegarkan udara terhadap permukaan kulit. Kenyamanan ventilasi yang diteliti oleh Nugroho *et al.*(2007) menyatakan bahwa kenyamanan ventilasi membutuhkan kecepatan angin dalam kondisi suhu dan kelembapan tertentu dengan menggunakan diagram *psycometrics* versi bioklimatik. Berikut analisis kenyamanan ventilasi pada ruang kelas TA –MI Sunan Kalijaga Malang.

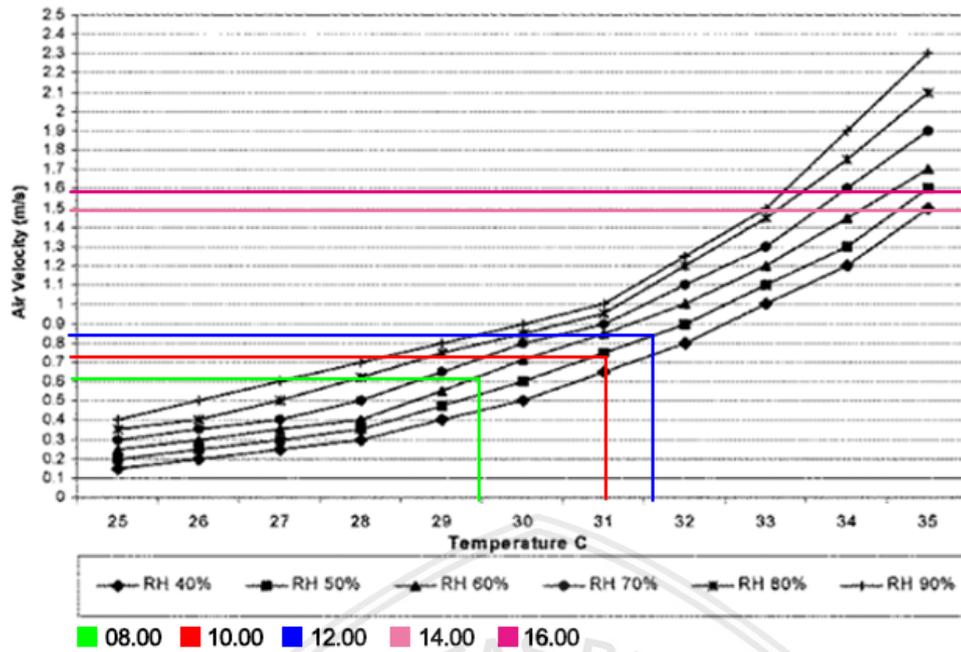
##### 1. Ruang Kelas 1 dan 2

Kondisi suhu saat pengukuran menyatakan bahwa suhu berada diatas zona suhu nyaman.



Gambar 4.41 Grafik suhu kelas 1 dan 2 5 April

Hasil pengukuran suhu diatas kemudian dianalisis kenyamanan ventilasinya menggunakan diagram *psycometrics* untuk mendapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang kelas untuk mencapai kenyamanan ventilasi.

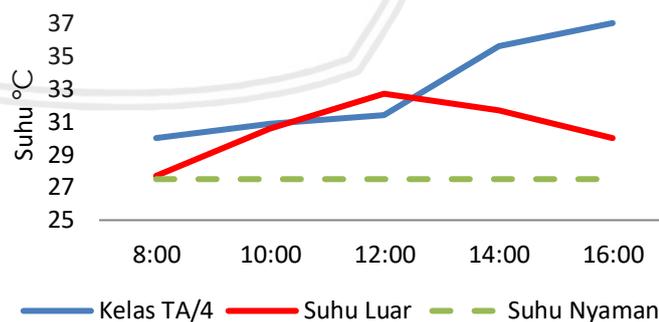
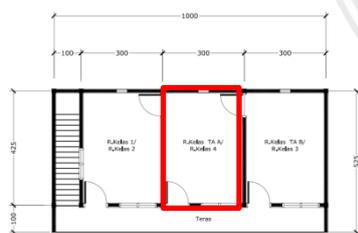


Gambar 4.42 Analisis kenyamanan ventilasi kelas 1 dan 2

Dari diagram *psycometrics* diatas didapat kecepatan angin yang dibutuhkan pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 pada tanggal 05 April. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 16.00 sebesar 1,6 m/s, dengan kondisi suhu 36,4°C. Sedangkan kebutuhan angin terkecil terjadi pada pukul 08.00 sebesar 0,6 m/s dengan kondisi suhu didalam ruang kelas sebesar 29,5°C.

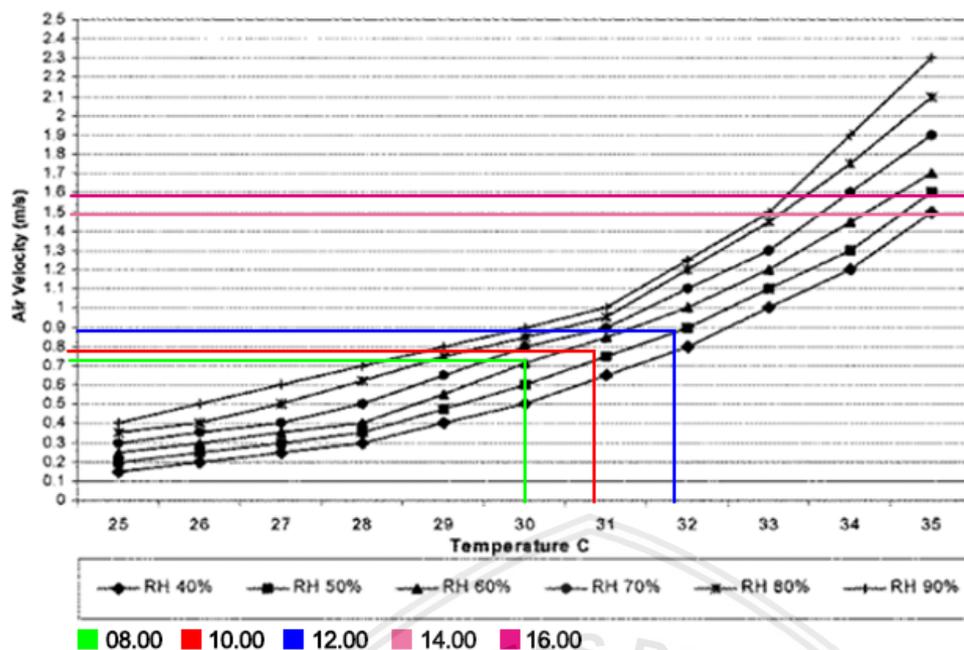
2. Ruang Kelas TA A dan 4

Kondisi suhu didalam ruang kelas TA A/4 pada waktu pengukuran berada diatas zona suhu nyaman Kota Malang.



Gambar 4.43 Grafik suhu kelasTA A dan 4 5 April

Hasil pengukuran suhu diatas kemudian dianalisis kenyamanan ventilasinya menggunakan diagram *psycometrics* untuk mendapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang kelas untuk mencapai kenyamanan ventilasi.



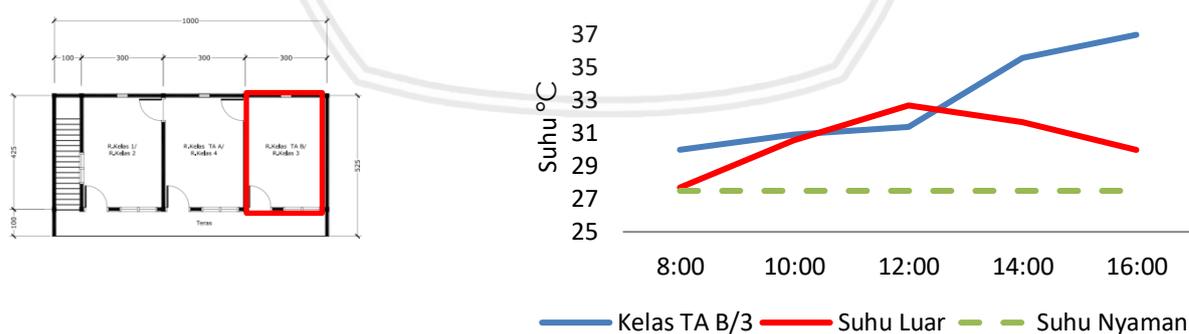
Gambar 4.44

Analisis kenyamanan ventilasi kelas TA A dan 4

Dari diagram *psycometrics* diatas didapat kecepatan angin yang dibutuhkan pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 pada tanggal 05 April. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 16.00 sebesar 1,58 m/s, dengan kondisi suhu 37°C. Sedangkan kebutuhan angin terkecil terjadi pada pukul 08.00 sebesar 0,72 m/s dengan kondisi suhu didalam ruang kelas sebesar 30°C.

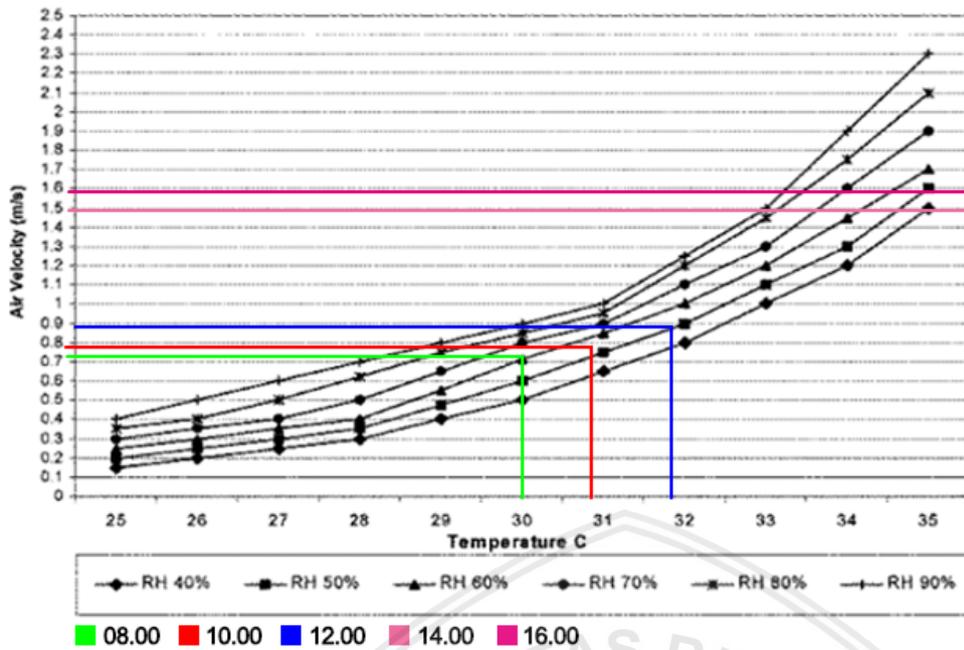
### 3. Ruang Kelas TA B dan 3

Kondisi suhu didalam ruang kelas TA B/3 pada waktu pengukuran berada diatas zona suhu nyaman Kota Malang.



Gambar 4.45 Grafik suhu kelas TA B dan 3 5 April

Hasil pengukuran suhu diatas kemudian dianalisis kenyamanan ventilasinya menggunakan diagram *psycometrics* untuk mendapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang kelas untuk mencapai kenyamanan ventilasi.

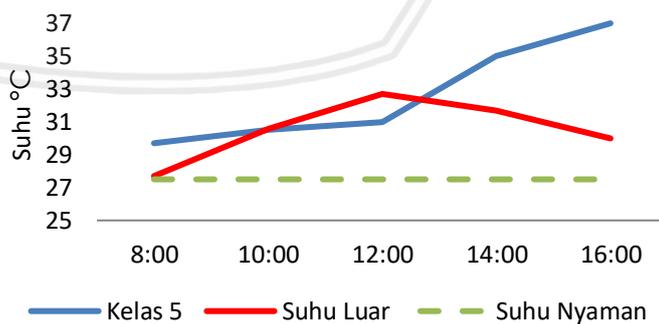
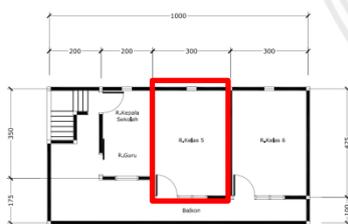


Gambar 4.46 Analisis kenyamanan ventilasi kelas TA B dan 3

Dari diagram *psycometrics* diatas didapat kecepatan angin yang dibutuhkan pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 pada tanggal 05 April. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 16.00 sebesar 1,6 m/s, dengan kondisi suhu 37°C. Sedangkan kebutuhan angin terkecil terjadi pada pukul 08.00 sebesar 0,72 m/s dengan kondisi suhu didalam ruang kelas sebesar 30°C.

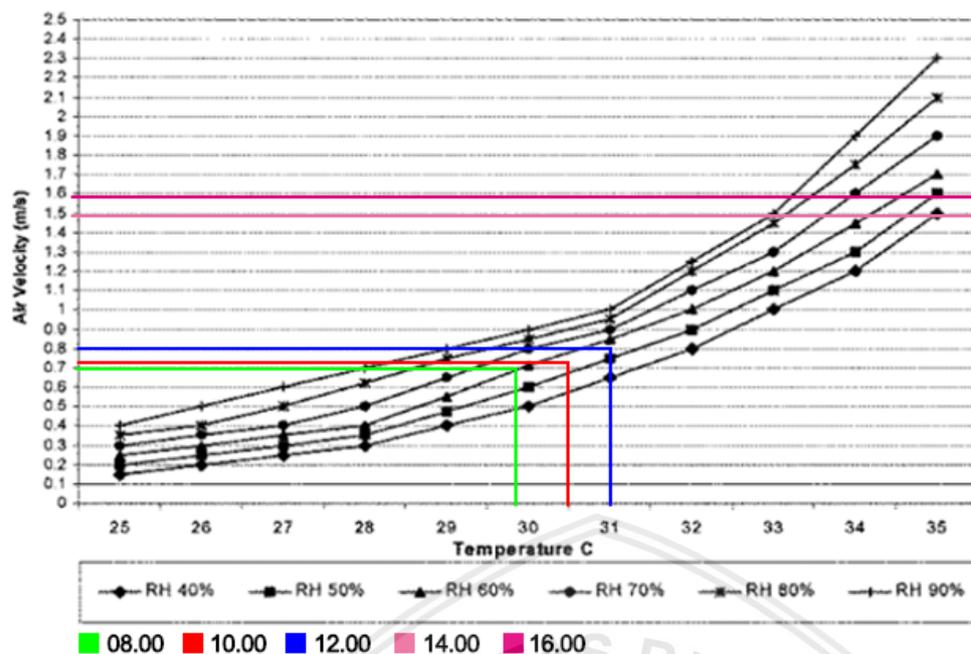
#### 4. Ruang Kelas 5

Kondisi suhu didalam ruang kelas 5 pada waktu pengukuran berada diatas zona suhu nyaman Kota Malang.



Gambar 4.47 Grafik suhu kelas 5 5 April

Hasil pengukuran suhu diatas kemudian dianalisis kenyamanan ventilasinya menggunakan diagram *psycometrics* untuk mendapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang kelas untuk mencapai kenyamanan ventilasi.

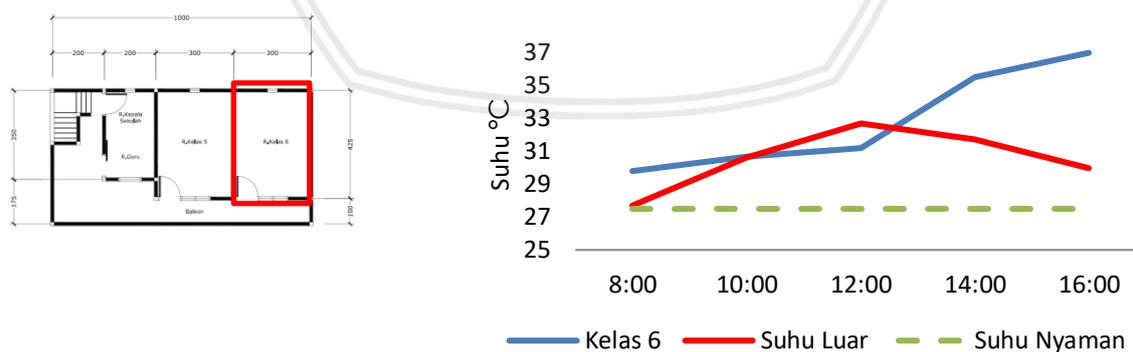


Gambar 4.48 Analisis kenyamanan ventilasi kelas 5

Dari diagram *psycometrics* diatas didapat kecepatan angin yang dibutuhkan pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 pada tanggal 05 April. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 16.00 sebesar 1,6 m/s, dengan kondisi suhu 37°C. Sedangkan kebutuhan angin terkecil terjadi pada pukul 08.00 sebesar 0,68 m/s dengan kondisi suhu didalam ruang kelas sebesar 29,7°C.

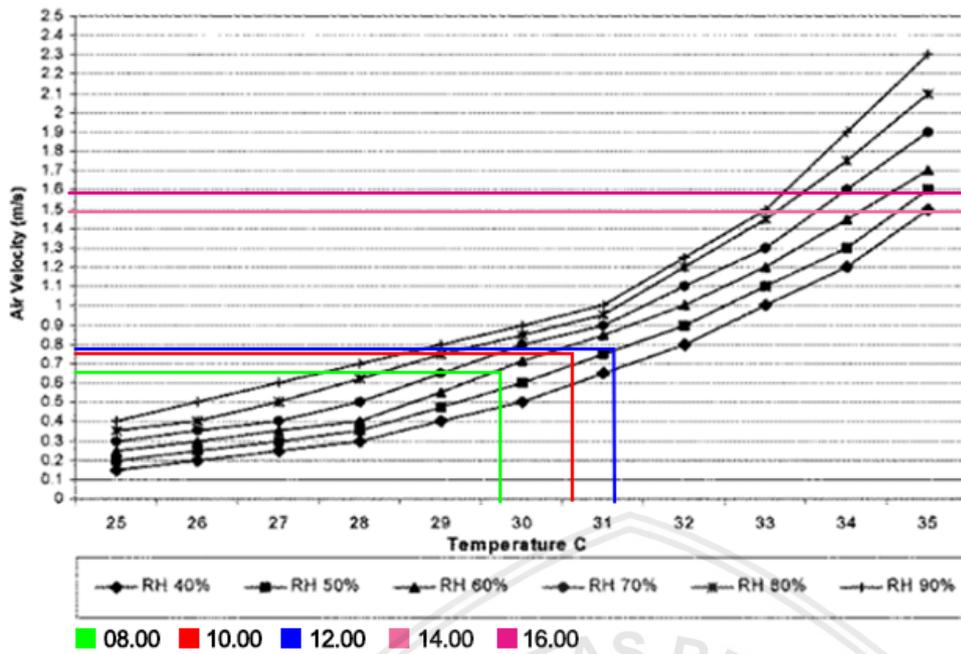
#### 5. Ruang Kelas 6

Kondisi suhu didalam ruang kelas 6 pada waktu pengukuran berada diatas zona suhu nyaman Kota Malang.



Gambar 4.49 Grafik suhu kelas 6 5 April

Hasil pengukuran suhu diatas kemudian dianalisis kenyamanan ventilasinya menggunakan diagram *psycometrics* untuk mendapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang kelas untuk mencapai kenyamanan ventilasi.

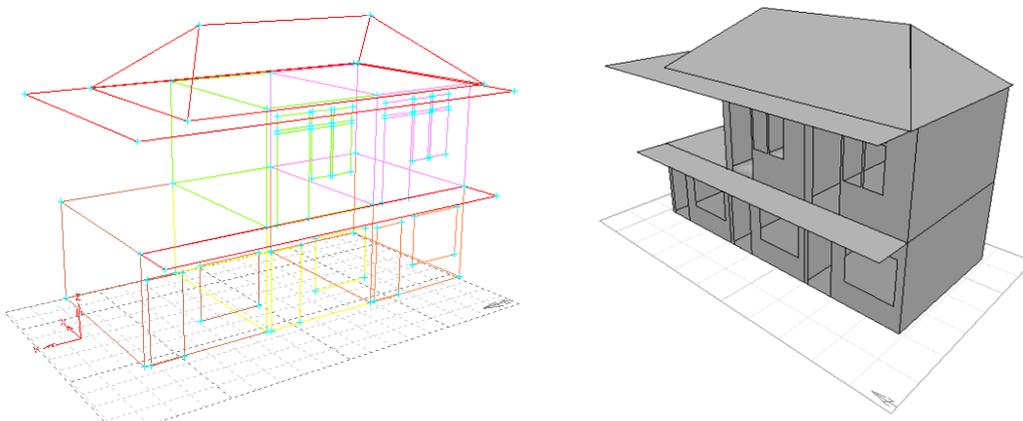


Gambar 4.50 Analisis kenyamanan ventilasi kelas 6

Dari diagram *psycometrics* diatas didapat kecepatan angin yang dibutuhkan pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 pada tanggal 05 April. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 16.00 sebesar 1,6 m/s, dengan kondisi suhu 37°C. Sedangkan kebutuhan angin terkecil terjadi pada pukul 08.00 sebesar 0,65 m/s dengan kondisi suhu didalam ruang kelas sebesar 29,7°C.

#### 4.5 Analisis Simulasi

Simulasi dilakukan dengan waktu yang sama saat pengukuran di lapangan. Model simulasi disesuaikan dengan kondisi bangunan saat pengukuran. Simulasi pengukuran menggunakan aplikasi *Ecotect Analisis 2011*. Kondisi pintu dan jendela saat simulasi dalam keadaan terbuka. Berikut adalah model simulasi dari bangunan TA – MI Sunan Kalijaga Malang.



Gambar 4.51 Model simulasi TA-MI Sunan Kalijaga

Model simulasi dibuat mirip dengan kondisi eksisting namun disederhanakan bentuknya. Pada model simulasi dibuat zone dengan ukuran yang sama dengan setiap ruang kelas di TA-MI Sunan Kalijaga Malang. Jadi zone yang ada pada model simulasi berjumlah 5 yaitu zone ruang kelas 1/2, zone ruang kelas TA A/4, zone ruang kelas TA B/3, zone ruang kelas 5, dan zone ruang kelas 6.

Tabel 4.13 Hasil simulasi kelas 1 dan 2

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
0	28.3	26.7	1.6
1	28.2	26.1	2.1
2	28.2	26.1	2.1
3	28.1	25.6	2.5
4	28.1	25.6	2.5
5	28.1	25.6	2.5
6	28.1	25.0	3.1
7	28.4	25.6	2.8
8	29.2	27.7	1.5
9	30.4	30.0	0.4
10	30.8	30.6	0.2
11	31.3	31.7	-0.4
12	32.3	32.7	-0.4
13	33.2	32.7	0.5
14	34.4	31.7	2.7
15	35.3	30.6	4.7
16	35.4	30.0	5.4
17	36.9	30.0	6.9
18	28.7	29.3	-0.6
19	28.4	27.2	1.2
20	28.3	26.7	1.6
21	28.2	25.6	2.6
22	28.2	25.6	2.6
23	28.1	25.6	2.5

Tabel diatas adalah salah satu hasil simulasi pada ruang kelas 1 dan 2 yang menunjukkan nilai suhu didalam ruangan dan diluar ruangan beserta selisih antara suhu didalam dengan suhu diluar kelas.

#### 4.5.1 Perbandingan hasil simulasi dengan data pengukuran

Perbandingan hasil simulasi dengan data pengukuran adalah upaya untuk memvalidasi model simulasi dengan cara menghitung presentase selisih antara suhu hasil pengukuran dengan suhu hasil simulasi. Perbedaan suhu hasil pengukuran dengan suhu hasil simulasi bila tidak lebih dari 10% dapat dikatakan bahwa model simulasi telah valid (Nugroho *et al.*, 2007). Perbandingan dilakukan pada semua ruang kelas di TA-MI Sunan Kalijaga yang telah diukur. Batas presentase selisih suhu simulasi dan pengukuran pada ruang-ruang tersebut adalah 10%, bila hasilnya kurang dari 10% maka data hasil simulasi dinyatakan valid dan bila hasilnya lebih dari 10% maka data hasil simulasi dinyatakan tidak valid. Berikut adalah perbandingan hasil simulasi terhadap data pengukuran.

##### 1. Ruang kelas 1 dan 2

Tabel 4.14 Validasi simulasi kelas 1 dan 2

Tanggal	Waktu	Suhu Eksisting	Suhu Simulasi	Relative Error ( $T_1 - T_2$ ) / $T_1 * 100$ (%)
		$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	
05 April	08.00	29,5	29,2	1,02
	10.00	31	30,8	0,64
	12.00	31,6	32,3	2,25
	14.00	35,6	34,4	3,37
	16.00	36,4	35,4	2,75

Dari hasil perbandingan diatas nilai *relative error* dari hasil perbandingan suhu eksisting dengan suhu simulasi dengan waktu yang sama saat pengukuran, kurang dari 10% dengan rentang nilai *relative error* sebesar 0,0 – 3,4%. Maka dapat disimpulkan bahwa data dari hasil simulasi merupakan data yang valid.

##### 2. Ruang kelas TA A dan 4

Tabel 4.15 Validasi simulasi kelasTAa dan 4

Tanggal	Waktu	Suhu Eksisting	Suhu Simulasi	Relative Error ( $T_1 - T_2$ ) / $T_1 * 100$ (%)
		$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	
05 April	08.00	30	29,8	0,67
	10.00	30,9	30,8	0,32

12.00	31,4	32,1	2,23
14.00	35,6	34,2	3,93
16.00	37	36,2	3,24

Dari hasil perbandingan diatas nilai *relative error* dari hasil perbandingan suhu eksisting dengan suhu simulasi dengan waktu yang sama saat pengukuran, kurang dari 10% dengan rentang nilai *relative error* sebesar 0,0 – 4%. Maka dapat disimpulkan bahwa data dari hasil simulasi merupakan data yang valid.

### 3. Ruang kelas TA B dan 3

Tabel 4.16 Validasi simulasi kelas TAb dan 3

Tanggal	Waktu	Suhu Eksisting $T_1(^{\circ}C)$	Suhu Simulasi $T_2(^{\circ}C)$	Relative Error ( $T_1 - T_2 / T_1 * 100(\%)$ )
05 April	08.00	30	29,6	1,3
	10.00	30,9	31,0	0,32
	12.00	31,4	32,4	3,18
	14.00	35,6	34,6	2,81
	16.00	37	36,3	1,89

Dari hasil perbandingan diatas nilai *relative error* dari hasil perbandingan suhu eksisting dengan suhu simulasi dengan waktu yang sama saat pengukuran, kurang dari 10% dengan rentang nilai *relative error* sebesar 0,0 – 3,2%. Maka dapat disimpulkan bahwa data dari hasil simulasi merupakan data yang valid.

### 4. Ruang kelas 5

Tabel 4.17 Validasi simulasi kelas5

Tanggal	Waktu	Suhu Eksisting $T_1(^{\circ}C)$	Suhu Simulasi $T_2(^{\circ}C)$	Relative Error ( $T_1 - T_2 / T_1 * 100(\%)$ )
05 April	08.00	29,7	29,5	0,67
	10.00	30,5	30,8	0,98
	12.00	31	31,8	2,58
	14.00	35,5	34,5	2,82
	16.00	37	36,6	1,08

Dari hasil perbandingan diatas nilai *relative error* dari hasil perbandingan suhu eksisting dengan suhu simulasi dengan waktu yang sama saat pengukuran, kurang dari 10% dengan rentang nilai *relative error* sebesar 0,0 – 3%. Maka dapat disimpulkan bahwa data dari hasil simulasi merupakan data yang valid.

## 5. Ruang kelas 6

Tabel 4.18 Validasi simulasi kelas6

Tanggal	Waktu	Suhu Eksisting	Suhu Simulasi	Relative Error ( $T_1 - T_2$ ) / $T_1 * 100(\%)$
		$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	
05 April	08.00	29,8	30,1	1,01
	10.00	30,6	30,4	0,65
	12.00	31,1	31,9	2,57
	14.00	35,5	34,8	1,97
	16.00	37	36,8	0,54

Dari hasil perbandingan diatas nilai *relative error* dari hasil perbandingan suhu eksisting dengan suhu simulasi dengan waktu yang sama saat pengukuran, kurang dari 10% dengan rentang nilai *relative error* sebesar 0,0 – 2,6%. Maka dapat disimpulkan bahwa data dari hasil simulasi merupakan data yang valid.

Dari perbandingan suhu eksisting terhadap suhu simulasi dari ke 5 ruang kelas menunjukkan nilai dari *relative error* kurang dari 10%. Oleh karena itu data dari hasil simulasi bangunan dinyatakan valid untuk digunakan saat mencari alternatif rekomendasi desain pada semua ruang kelas di TA-MI Sunan Kalijaga agar suhu didalam ruang kelas dapat dinyatakan nyaman bagi siswa dan guru.

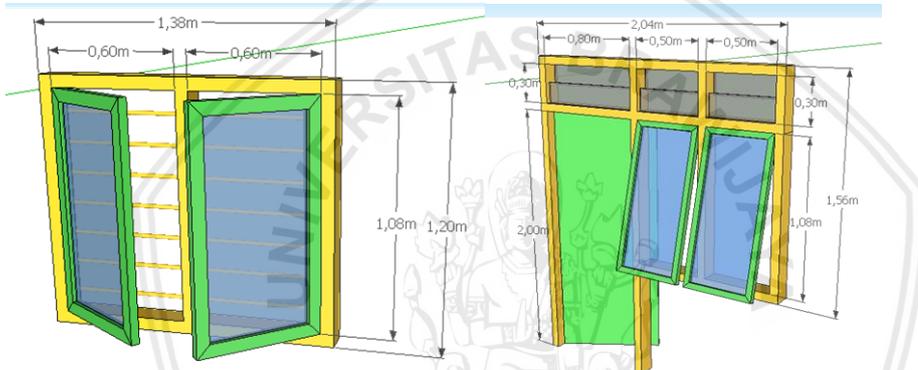
### 4.6 Alternatif Rekomendasi Desain

#### 4.6.1 Alternatif Desain Jendela

Kenyamanan termal dapat tercapai dengan tindakan adaptif dari penghuni bangunan itu sendiri berdasarkan Santosa (2012). Salah satu tindakan adaptif yang dapat dilakukan adalah mengatur atau merubah desain jendela yang ada pada bangunan atau ruangan. Jendela yang akan dimodifikasi adalah semua jendela yang ada di ruang kelas yang diteliti. Simulasi modifikasi menggunakan *software* Sketchup dan Ecotect Analysis.

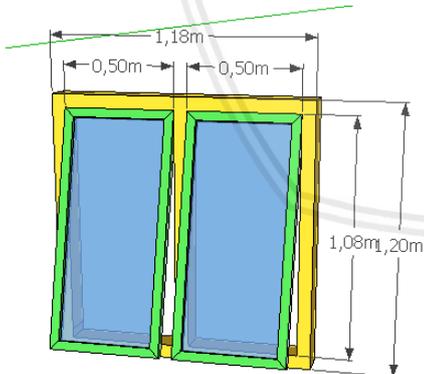


Gambar 4.52 Letak jendela eksisting



Gambar 4.54 Jendela A1

Gambar 4.53 Jendela A2



Gambar 4.55 Jendela samping tangga

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan bukaan menurut Lechner kondisi bukaan eksisting masih belum terpenuhi sedangkan kebutuhan bukaan berdasar pada SNI 03-6572-2001 kondisi bukaan eksisting sudah terpenuhi. Karena kebutuhan bukaan berdasar Lechner belum terpenuhi modifikasi bukaan perlu dilakukan agar bukaan pada ruang kelas sesuai dengan standart Lechner.

## A. Dimensi Jendela

Dimensi jendela mempengaruhi banyaknya panas dan angin yang masuk ke dalam ruangan sehingga dapat mempengaruhi kondisi suhu di dalam ruangan. Menurut Nayar (2012) jendela yang efektif menurunkan suhu adalah jendela dengan luasan 10%-35% luas lantai. Modifikasi dimensi jendela dibutuhkan untuk mengetahui kinerja perubahan dimensi jendela terhadap penurunan suhu didalam ruang kelas.

### 1. Alternatif dimensi

Kondisi jendela di ruang kelas yang diteliti adalah jendela hidup. Jendela di ruang kelas 1.1,1.2,1.3 memiliki dimensi yang sama yaitu 1,38m x 1,2m dan dimensi jendela di ruang kelas 2.1,2.2 adalah 1,18m x 1,2m. Dimensi jendela akan disederhanakan untuk acuan alternatif dimensi. Alternatif dimensi dibuat dengan paduan ( $x \times y$ )  $x$  untuk tinggi dan  $y$  untuk lebar jendela. Posisi jendela disamakan kondisi eksisting dan tipe jendela dihilangkan. Sehingga nantinya diketahui alternatif dimensi mana yang memiliki penurunan suhu paling baik tanpa dipengaruhi tipe jendela.

Penyerdehanaan dimensi jendela yang diambil adalah 1m (dari 1,18m) sebagai dimensi minimum dan 1,5m (dari 1,38m) sebagai dimensi maksimum. Variasi alternatif dimensi dibuat dengan kelipatan 0,25m, yaitu 1m, 1,25m, dan 1,5m. Dari ketiga variasi ini akan dipadukan menjadi tinggi dan lebar jendela. Berikut alternatif dimensi jendela yang dihasilkan.

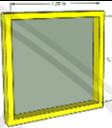
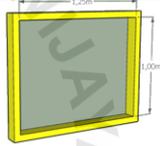
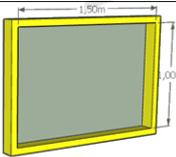
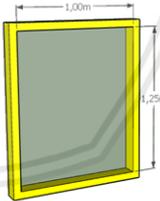
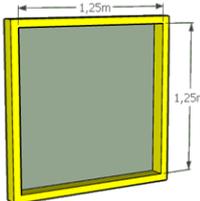
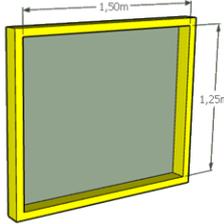
Tabel 4.19 Alternatif dimensi jendela

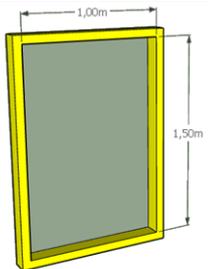
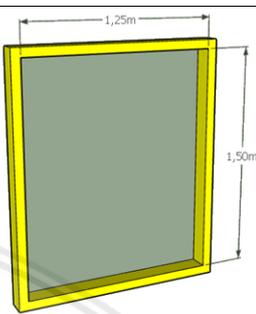
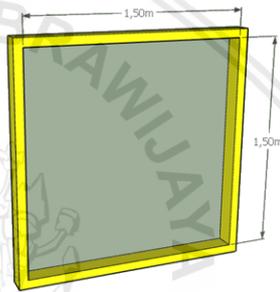
Jenis Alternatif	Dimensi	
	Tinggi	Lebar
Alternatif a		1m
Alternatif b	1m	1,25m
Alternatif c		1,5m
Alternatif d		1m
Alternatif e	1,25m	1,25m
Alternatif f		1,5m
Alternatif g		1m
Alternatif h	1,5m	1,25m
Alternatif i		1,5m

## 2. Simulasi suhu alternatif dimensi

Modifikasi dimensi dilakukan dengan menggunakan *software* sketchup untuk membuat kesembilan alternatif yang ada. Setelah itu modifikasi jendela disimulasikan di *software* Autodesk Ecotect Analysis 2011 untuk mengetahui suhu setelah dimodifikasi. Simulasi dilakukan pada tanggal 5 April dan dihitung suhu rata-ratanya dari pukul 06.00 – 16.00. Kemudian antar alternatif dimensi jendela dibandingkan untuk mengetahui alternatif dimensi mana yang memiliki suhu rata-rata terendah. Berikut hasil simulasi pada alternatif dimensi.

Tabel 4.20 Hasil simulasi alternatif dimensi jendela

Alt.	Dimensi		Gambar	Hasil simulasi(°C)
	Tinggi	Lebar		
A	1	1		30,33
B	1	1,25		30,30
C		1,5		30,28
D		1		30,29
e	1,25	1,25		30,26
f		1,5		30,21

g	1		30,28	
h	1,5	1,25		30,25
i	1,5			29,98

### 3. Alternatif dimensi terpilih

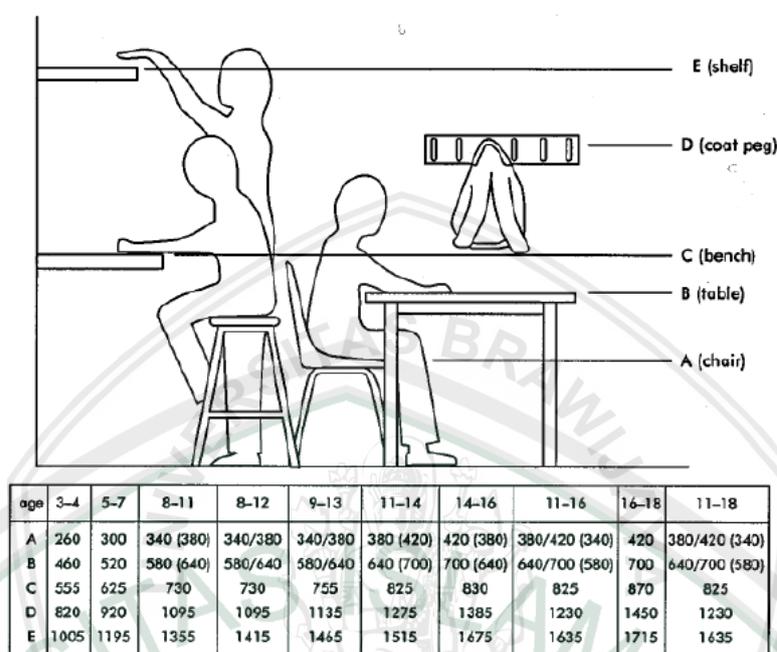
Hasil simulasi menunjukkan alternatif dimensi yang menghasilkan suhu paling rendah adalah alternatif i. Alternatif i dengan tinggi 1,5m dan lebar 1,5m menghasilkan suhu rata-rata sebesar 29,98°C. Oleh karena itu dimensi jendela dimodifikasi menjadi 1,5m x 1,5m. Dengan luas jendela sebesar 2,25 m<sup>2</sup> dimensi jendela sudah memenuhi standart untuk kenyamanan didalam ruangan menurut Nayar(2012) yaitu luas penghwaan sebesar 10%-35% dari luas lantai karena batas minimum luasan adalah 1,275 m<sup>2</sup> dari 12,75m<sup>2</sup>.

### B. Posisi Jendela

Posisi jendela juga dapat mempengaruhi aliran angin dan panas yang masuk kedalam bangunan. Modifikasi posisi jendela dibutuhkan untuk mengetahui posisi jendela mana yang paling baik dalam menurunkan suhu didalam ruang kelas.

## 1. Alternatif posisi

Hasil modifikasi dimensi yang memiliki suhu paling rendah adalah alternatif i-1. Kondisi jendela pada alternatif i kemudian dirubah posisinya dengan alternatif posisi. Alternatif posisi dilakukan dengan kondisi jendela yang sama semua. Modifikasi posisi jendela adalah variasi posisi jendela dari ketinggian lantai.



Gambar 4.56 Standart ketinggian aktivitas murid dalam berbagai usia

Sumber: *Architect's Handbook*

Variasi posisi jendela ditentukan dengan berdasar kegiatan penghuni belajar didalam ruang kelas. Acuan untuk menentukan posisi jendela adalah tinggi meja belajar anak dengan penghuni ruang kelas yang terdiri dari anak TA dan MI. Ketinggian meja minimum adalah 0,46 m dan ketinggian maksimum adalah 0,70m. Dengan ini acuan modifikasi posisi jendela adalah 0,5m (dari 0,46m) sebagai tinggi posisi minimum dan 0,8m (dari 0,7m) sebagai posisi maksimum . Berikut alternatif posisi jendela alternatif i.

Tabel 4.21 Alternatif posisi jendela

Jenis Alternatif	Posisi
Alternatif i-1	+ 0,50m
Alternatif i-2	+ 0,60m
Alternatif i-3	+ 0,70m
Alternatif i-4	+0,80m

## 2. Simulasi suhu alternatif posisi

Simulasi suhu dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Ecotect Analysis 2011. Simulasi kemudian dilakukan pada keempat alternatif posisi yang sudah ditentukan. Simulasi dilakukan pada tanggal 5 April dan kemudian diambil suhu rata-rata dari pukul 06.00 – 16.00. Dari hasil simulasi antar alternatif posisi kemudian dibandingkan sehingga didapatkan alternatif posisi yang memiliki suhu rata-rata terendah. Berikut merupakan hasil simulasi pada alternatif posisi jendela.

Tabel 4.22 Hasil simulasi alternatif posisi jendela

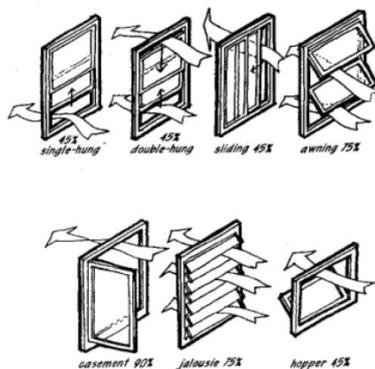
Alternatif	Posisi	Hasil Simulasi (°C)
i-1	+0,50m	30,16
i-2	+0,60m	30,07
i-3	+0,70m	29,98
i-4	+0,80m	29,83

## 3. Alternatif posisi terpilih

Hasil simulasi dari posisi jendela menyatakan bahwa alternatif i-4 menghasilkan suhu rata-rata paling rendah yaitu 29,83°C. Modifikasi yang dipilih adalah merubah posisi jendela pada ketinggian +0,80m.

### C. Tipe Jendela

Jenis jendela mempunyai pengaruh besar pada perubahan suhu didalam ruangan. Menurut Mediastika(2005) Jendela *casement*, *folding*, dan *pivot* dapat membelokkan angin ke kanan dan ke kiri. Sedangkan jenis *projecting*, *awning*, dan *jalousie* mengarahkan angin ke atas dan ke bawah. Dari jenis jendela dapat ditentukan berapa persen dari aliran angin yang masuk ke dalam ruangan.



Gambar 4.57 Tipe jendela yang berbeda mengalirkan udara

Modifikasi jenis jendela dibutuhkan untuk memaksimalkan aliran angin yang masuk kedalam bangunan.

### 1. Alternatif tipe

Dari hasil modifikasi di tahap sebelumnya alternatif yang menghasilkan suhu paling rendah adalah alternatif i-4. Kemudian tahap selanjutnya adalah modifikasi tipe jendela dengan tujuan untuk mengoptimalakan aliran angin yang masuk pada ruang kelas. Berikut adalah rincian alternatif tipe jendela.

Tabel 4.23 Alternatif tipe jendela

Tipe Jendela	Gambar	Keterangan
<i>Casement</i>	 <p>Sumber: <a href="https://sgcka.co.id">https://sgcka.co.id</a></p>	90% udara masuk
Jendela Nako	 <p>Sumber: <a href="https://www.bluprin.com">https://www.bluprin.com</a></p>	90% udara masuk
<i>Pivot</i>	 <p>Sumber: <a href="https://www.mitrakreasiutama.com">https://www.mitrakreasiutama.com</a></p>	75% udara masuk

Sliding Window



40%-45% udara  
masuk

Sumber:

<https://www.greenviewwindows.com>

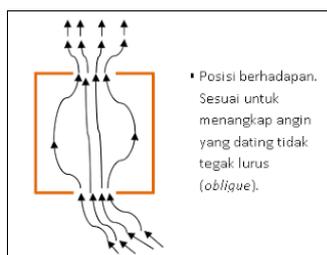
Dari keempat tipe jendela diatas jendela tipe *Casement* dan tipe jendela Nako memiliki angka yang sama dalam mengalirkan udara yang masuk kedalam bangunan. Kedua tipe jendela mengalirkan 90% dari udara yang masuk kedalam ruangan.

## 2. Alternatif tipe terpilih

Alternatif tipe jendela yang paling baik dalam mengalirkan udara masuk kedalam ruangan adalah jendela tipe *casement* dan Jendela Nako. Menurut Mediastika(2005), jenis *casement*, *folding*, dan *pivot* membelokkan angin ke kanan atau ke kiri, tidak untuk ke atas dan ke bawah. Sedangkan untuk jenis *projecting*, *awning*, *jalousie* mengarahkan angin ke atas dan ke bawah yang peletakkannya di atas atau di bawah dimana angin dibutuhkan. Oleh karena itu tipe jendela yang dipilih adalah Jendela Nako(*jalousie*) karena jendela Nako mengalirkan udara ke atas atau ke bawah.

### 4.6.2 Alternatif Desain Ventilasi

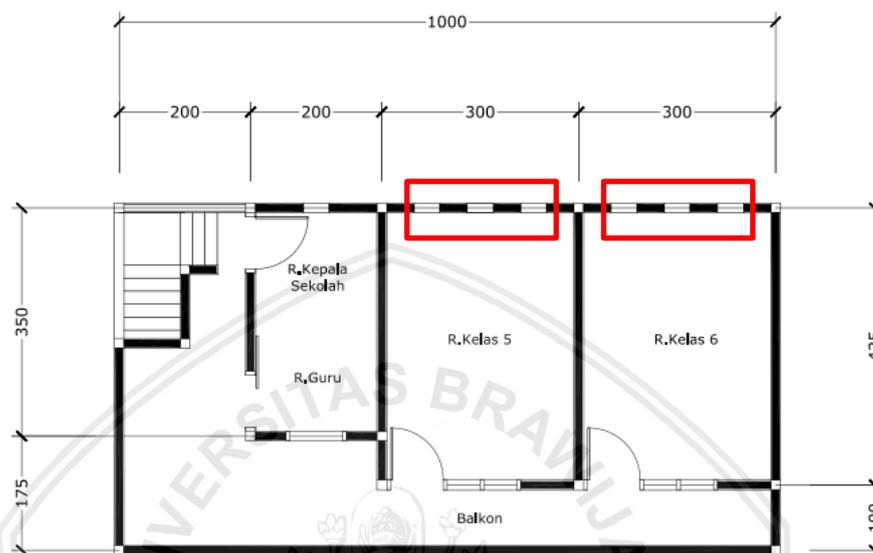
Ventilasi merupakan hal penting untuk meningkatkan kenyamanan termal karena ventilasi menjadi jalan untuk angin bertiup kedalam ruang kelas. Tiupan angin didalam ruang kelas membuat udara didalam ruang kelas dapat bersikulasi. Ventilasi silang (*cross-ventilation*) adalah pergerakan udara yang dihubungkan oleh bukaan-bukaan bertekanan udara positif dan negatif karena dipengaruhi oleh kondisi luar (Boutet,1998). Ventilasi silang menyediakan kecepatan angin yang tinggi serta pola distribusi udara terbaik (UFC,2004).



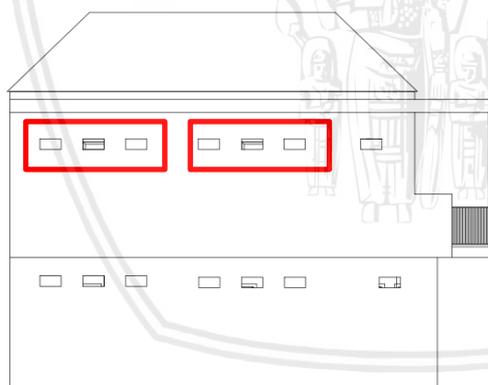
Gambar 4.58 Posisi bukaan berhadapan langsung

### 1. Alternatif desain ventilasi A

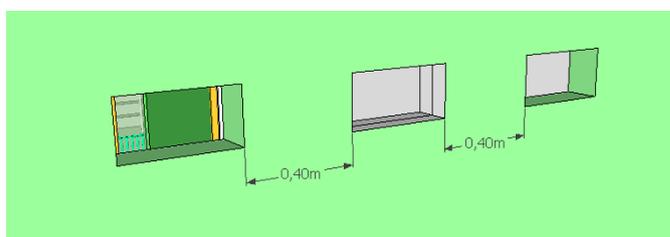
Pada alternatif A ini ventilasi di sisi timur yang tadinya hanya berjumlah 1 ditambah menjadi 3. Jarak antar ventilasi satu dengan yang lain pada satu sisi ruangan adalah 40cm. Ukuran ventilasi yang digunakan adalah 40cm x 20cm.



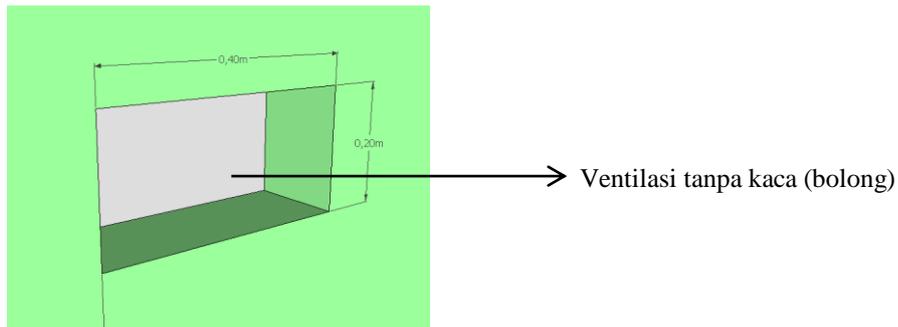
Gambar 4.59 Denah rekomendasi ventilasi A



Gambar 4.60 tampak rekomendasi ventilasi A



Gambar 4.61 Jarak antar ventilasi A

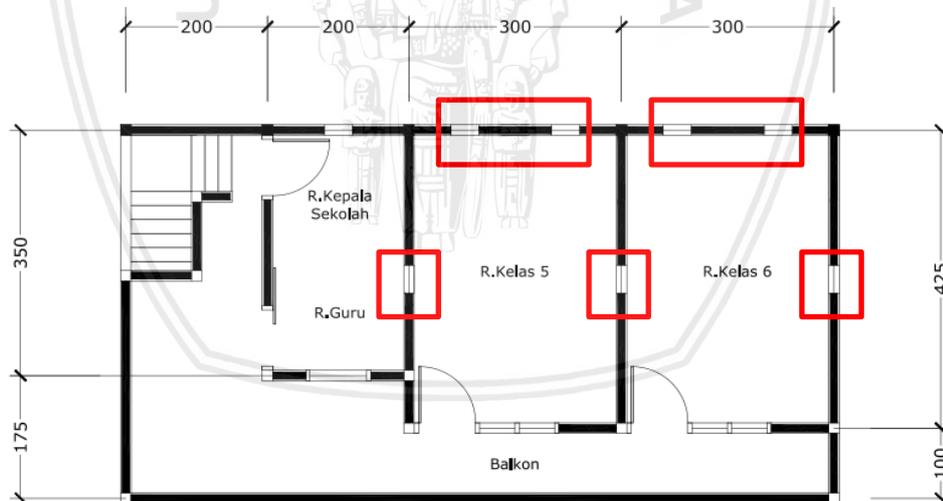


Gambar 4.62 Detail ukuran ventilasi A

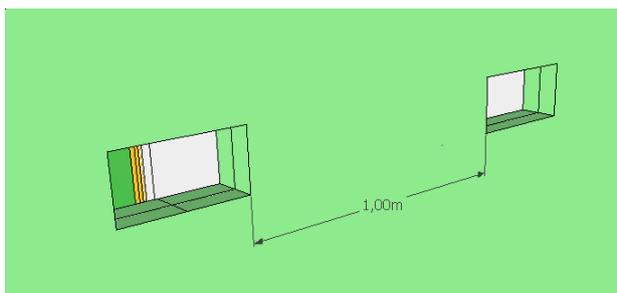
Dari penambahan ini kemudian disimulasikan untuk mengetahui suhu rata-rata yang ada pada ruang kelas. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa suhu rata-rata pada ruang kelas setelah ditambahkan jumlah ventilasinya menjadi 28,9°C.

## 2. Alternatif desain ventilasi B

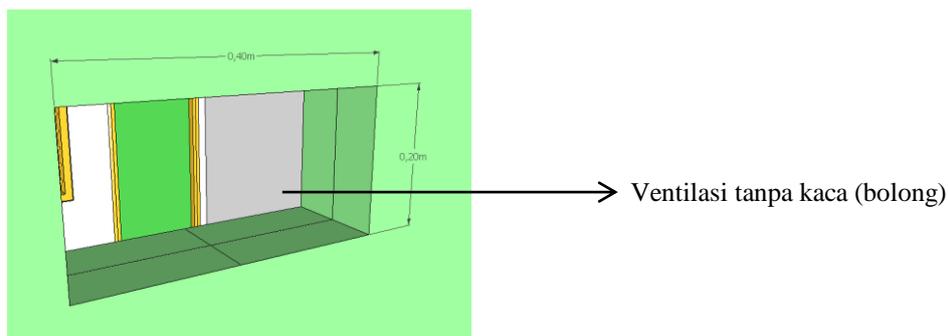
Pada alternatif B ini ventilasi pada sisi timur jumlahnya ditambah dari 1 menjadi 2. Selain itu terdapat penambahan ventilasi pada dinding dalam antar ruang kelas. Jarak antar ventilasi di sisi timur bangunan adalah 1m dengan ukuran ventilasi 40cm x 20cm.



Gambar 4.63 Denah rekomendasi ventilasi B



Gambar 4.64 Jarak antar ventilasi B



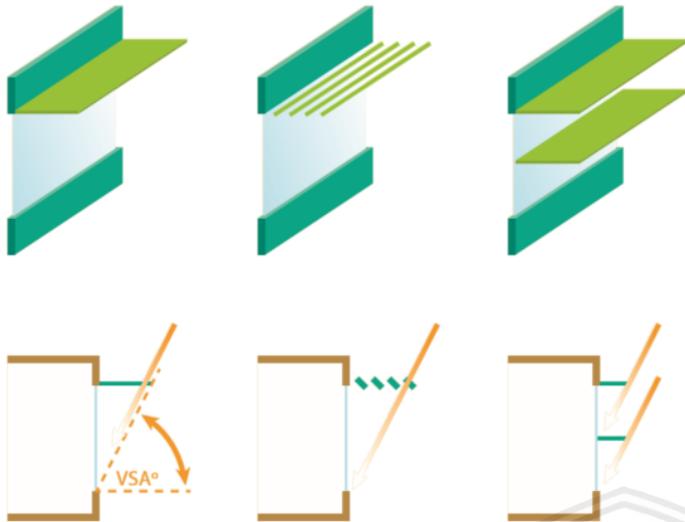
Gambar 4.65 Detail ukuran ventilasi B

Dari gambar diatas diketahui terdapat ventilasi diantara ruang kelas dan jumlah ventilasi disisi timur bertambah menjadi 2. Denah kemudian disimulasikan untuk mengetahui suhu rata-rata pada ruang kelas. Hasil simulasi pada rekomendasi desain ventilasi B ini menunjukkan bahwa suhu rata-rata di ruang kelas berada di angka  $29,1^{\circ}\text{C}$ .

Menurut Alivia pada Fisbang teori, posisi bukaan yang cocok dimana arah datangnya angin tidak tegak lurus adalah posisi berhadapan langsung. Dari kedua alternatif ventilasi diatas didapat rekomendasi yang paling baik dalam menurunkan suhu adalah rekomendasi desain 1 yaitu sebesar  $28,9^{\circ}\text{C}$ . Rekomendasi desain ventilasi 1 juga sudah memenuhi posisi berhadapan langsung untuk menerima angin yang tidak tegak lurus dengan bangunan.

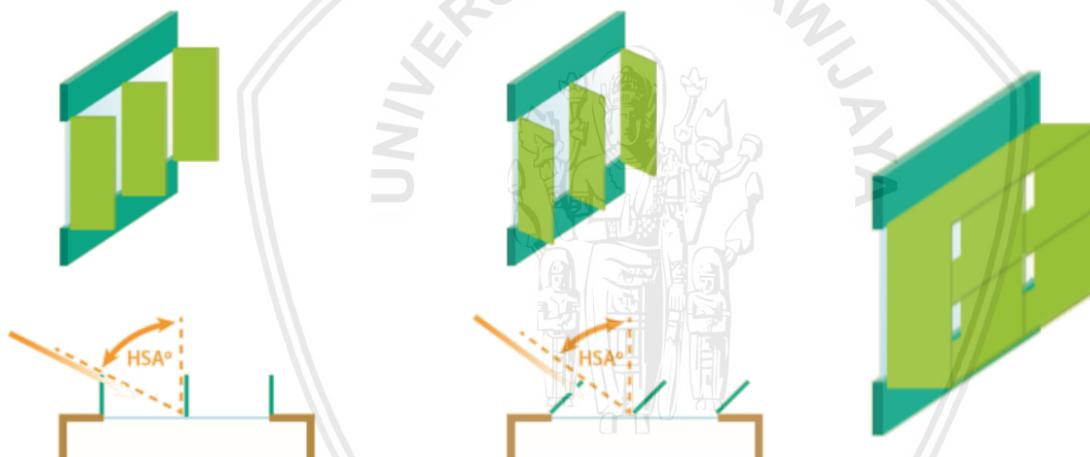
#### 4.6.3 Alternatif Desain *Shading Device*

Upaya selanjutnya dalam menurunkan suhu didalam ruangan adalah membuat *shading device*. *Shading device* berfungsi untuk mengurani sinar matahari yang masuk kedalam bangunan dan untuk mengalirkan angin untuk masuk kedalam bangunan. Langkah – langkah untuk memodifikasi *shading device* adalah menentukan alternatif *shading device*, kemudian simulasi alternatif dan membandingkan hasil simulasi alternatif *shading device* untuk menemukan desain *shading device* mana yang bekerja palin optimal dalam menurunkan suhu. Berikut adalah beberapa desain *shading device* menurut Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1:



Gambar 4.66 Jenis shading device peneduh: Overhang

Sumber: Vol 1 Selubung Bangunan, 2012



Gambar 4.67 Jenis shading device: Sirip vertikal(Kiri) dan Eggcrate(Kanan)

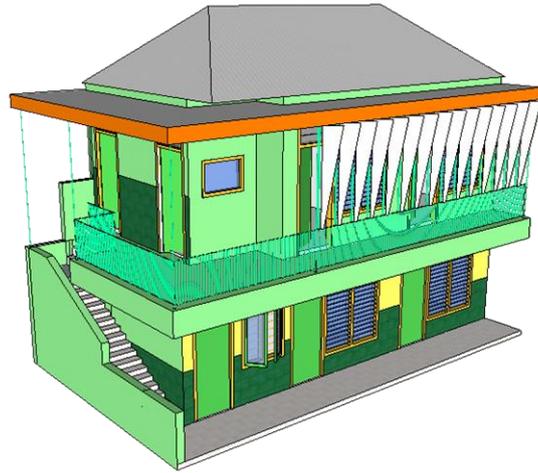
Sumber: Vol 1 Selubung Bangunan, 2012

#### A. Alternatif *Shading Device*

Dari hasil analisis fasad yang paling banyak terpapar matahari adalah sisi timur dan barat. *Shading device* di sisi timur bangunan diperlukan untuk mengurangi banyaknya sinar matahari yang masuk saat pagi hari. Sedangkan di sisi barat *shading device* diperlukan untuk mengurangi panas matahari saat sore hari, dan dapat menjadi alat untuk mengalirkan angin pada bangunan. Berikut ini merupakan alternatif *shading device* pada bangunan.

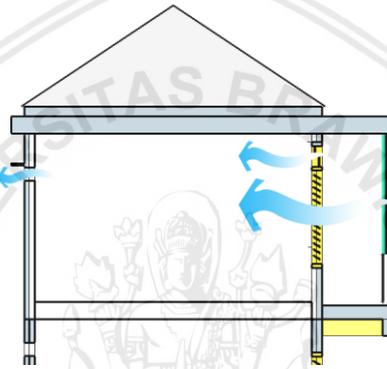
Tabel 4.24 Alternatif *shading device*

Jenis Alternatif	Gambar
Alternatif i-4.1	<div data-bbox="657 297 1225 763"> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="756 790 938 819">• Perspective</li> </ul> <div data-bbox="703 853 1182 1317"> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="756 1335 1098 1364">• Potongan shading device</li> </ul> <div data-bbox="657 1379 1382 1554"> <p data-bbox="1094 1429 1382 1458">Shading device: Overhang</p> </div> <div data-bbox="657 1559 1414 1962"> <p data-bbox="1289 1653 1342 1682">Besi</p> <p data-bbox="1134 1727 1187 1756">Kayu</p> <p data-bbox="1054 1823 1414 1852">Shading device: Sirip Horizontal</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="756 1984 1059 2013">• Detail shading device</li> </ul>

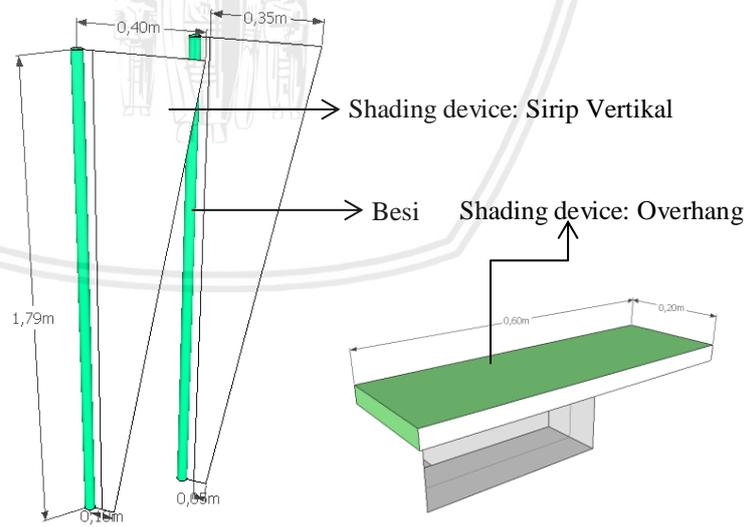


• Perspektif

Alternatif i-4.2



• Potongan Shading Device



• Detail Shading Device



## B. Simulasi *Shading Device*

Simulasi terhadap kedua alternatif *shading device* dilakukan pada tanggal 5 April. Setelah itu keduanya dibandingkan untuk mengetahui suhu rata-rata terendah di dalam ruang kelas. Berikut merupakan hasil simulasi alternatif *shading device*.

Tabel 4.25 Hasil simulasi alternatif *shading device*

Alternatif	Hasil Simulasi
Alternatif i-4.1	28,4°C
Alternatif i-4.2	28,67°C

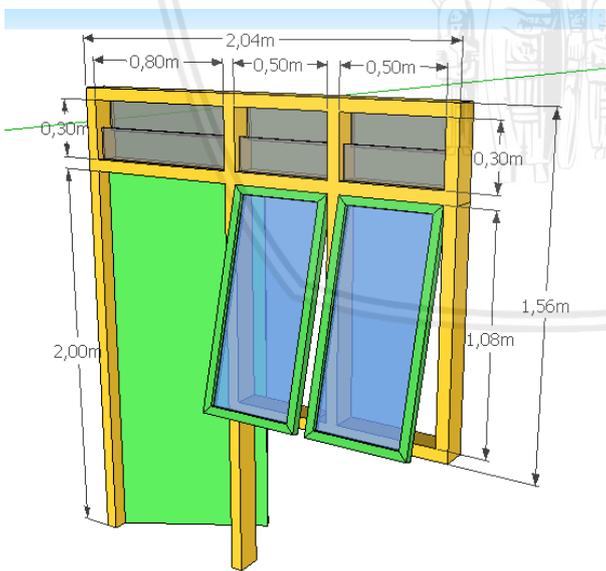
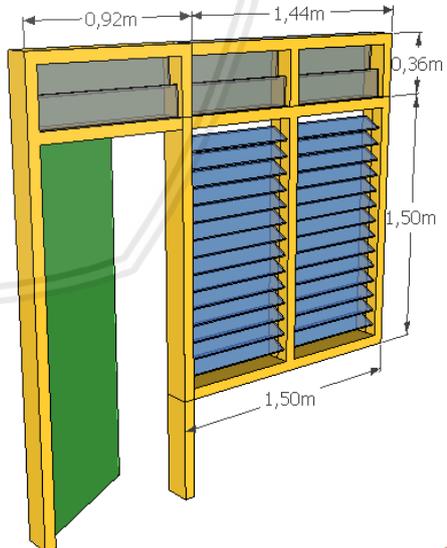
## C. Alternatif Terpilih

Dari hasil simulasi *shading device* yang menghasilkan suhu paling rendah adalah alternatif i-4.1. Dengan *shading device* diletakkan disisi barat berupa tanaman gantung dan *shading device* berupa tritisan di ventilasi sisi timur bangunan.

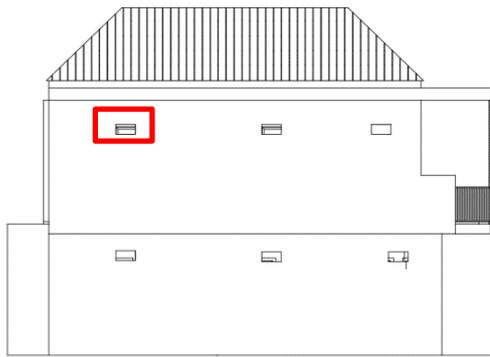
### 4.7 Hasil Rekomendasi

Berikut adalah perbandingan dari kondisi eksisting dengan hasil rekomendasi.

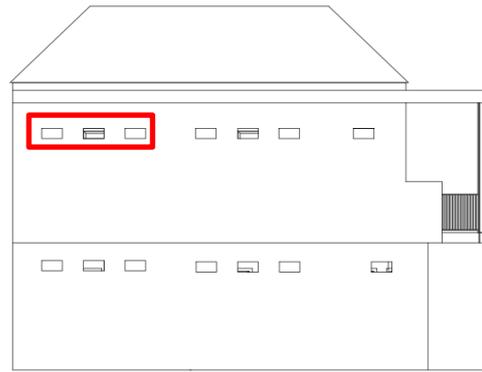
Tabel 4.26 Perbandingan eksisting dengan hasil rekomendasi

Kondisi Eksisting	Hasil Rekomendasi
<p>Bukaan :</p> 	<p>Bukaan:</p> 

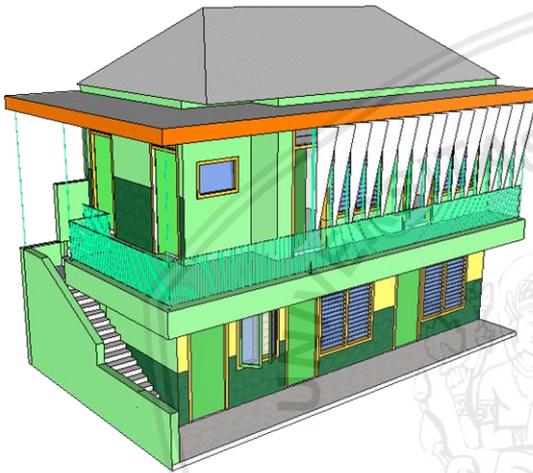
Ventilasi:



Ventilasi:



Shading Device:



Shading Device:



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan yang mencakup tentang kenyamanan termal pada ruang kelas. Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa suhu di didalam ruang kelas masih berada diatas suhu nyaman Kota Malang. Perubahan dimensi jendela berhasil menurunkan suhu didalam ruang kelas dari 32,5°C menjadi 29,98°C meski masih berada diatas suhu nyaman Kota Malang. Tipe jendela dimodifikasi menjadi jendela nako guna karena dapat mengalirkan 90% udara masuk kedalam ruang kelas. Tipe jendela nako juga memiliki keuntungan lainnya yaitu tipe jendela yang dinamis.

Tipe jendela nako dapat disesuaikan dengan penghuni ruang kelas yang berganti ganti dari anak TA sampai dengan anak MI. Penambahan shading device pada bangunan juga dapat memberikan penurunan suhu didalam ruang kelas menjadi 28,4°C. Penurunan suhu pada beberapa titik waktu masih membutuhkan tambahan angin agar mencapai kenyamanan termal yang sesuai dengan suhu nyaman Kota Malang.

#### 5.2 Saran

Hasil penelitian yang telah dilakukan ini memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan. Kekurangan tersebut dapat menjadi saran untuk diperbaiki dan dikembangkan strategi untuk menurunkan suhu udara pada ruang kelas Ta- Mi Sunan Kalijaga Malang sehingga dapat meningkatkan kualitas kenyamanan termal bagi aktivitas didalam ruang kelas.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/ASHRAE Standard 55. 2004. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. USA: ASHRAE
- Beckett, Harold Edward dan Godfrey, James Arthur. 1974. *Windows : performance, design and installation*. London : Crosby Lockwood Staples : RIBA Publications Ltd.
- Jalali, Elmira. 2011. *Effect of Green roof in Thermal Performance of the Building An Environmental Assessment in Hot and Humid Climate*. Dubai: The British University
- Frick, Heinz dan Tri Hesti Mulyani. 2006. *Arsitektur Ekologis. seri eko-arsitektur. 2*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hadi, Sutrisno. 1985. *Metodologi Research*. Yogyakarta: Yasbit, Fakultas Psikologi UGM.
- Hoppe, Peter. 2002. *Different Aspects of Assessing Indoor and Outdoor Thermal Comfort*. Netherlands. doi:10.1016/S0378-7788(02)00017-8.
- Idham, Noor Choliz. 2015. *Arsitektur dan Kenyamanan Termal*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Jaedun, Amat. 2011. *Metode Penelitian Eksperimen*. Yogyakarta: Puslit Dikdasmen, Lemlit UNY.
- Koenigsberger, Otto H., Ingersoll, T.G., Mayhew, A., Szokolay, S.V. 1974. *Manual of Tropical Housing and Building, Part 1: Climatic Design*. London: Longman Group Limited.
- Lechner, Norbert. 2015. *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects*. New Jersey: John wiley & sons.
- Lippsmeier, Georg. 1994. *Tropenbau Building in the Tropics, Bangunan Tropis. ( terj.)*. Jakarta: Erlangga.
- Mariyana, Rita, Ali Nugraha dan Yeni Rachmawati. 2010. *Pengelolaan Lingkungan Belajar*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.

- Mediastika, Christina E. 2002. *Desain Jendela Bangunan Domestik untuk Mencapai "Cooling Ventilation"*. Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur. 30 (1).
- Melaragno, Michele G. 1982. *Wind In Architectural and Environmental Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Moore, James F. 1993. *Predators and Prey A New Ecology of Competition*. Harvard Business Review.
- Nugroho, A.M., Ahmad, M.H. and Ossen, D.R. 2007. *A preliminary study of thermal comfort in Malaysia's single storey terraced houses*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 6(1): 175-182.
- Pickard, Quentin. 2002. *The Architect's Handbook*. United States: Blackwell Publishing.
- Satwiko, Prasasto, 2004. *Fisika Bangunan 1 edisi 2*. Yogyakarta : Andi.
- Sugini. 2004. *Pemaknaan Istilah- Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang dalam Kaitan Dengan Variabel Iklim Ruang*. Jurnal Logika Volume 1, No. 2.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta.
- Suhardi, Bambang. 2008. *Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Susanti, Lusi dan Nike Aulia. 2013. *Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Sekolah SMA Negeri di Kota Padang*. Padang: Laboratorium Sistem Kerja dan Ergonomi, Jurusan Teknik Industri, Universitas Andalas.
- Szokolay, Steven V. 2004. *Introduction to Architectural Science the Basic of Sustainable Design*. Great Britain: Elsevier Ltd.
- Taranath, Bungale S. 2005. *Wind and earthquake resistant buildings : structural analysis and design*. New York : Marcel Dekker.