

**REKAYASA BUKAAN VENTILASI ALAMI UNTUK
MENINGKATKAN KENYAMANAN TERMAL PONDOK
PESANTREN DARUL HIKAM DI MOJOKERTO**

SKRIPSI

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**YUSUF UTOMO N.S.N
NIM. 145060501111032**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**REKAYASA BUKAAN VENTILASI ALAMI UNTUK
MENINGKATKAN KENYAMANAN TERMAL PONDOK
PESANTREN DARUL HIKAM DI MOJOKERTO**

SKRIPSI

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**YUSUF UTOMO N.S.N
NIM. 145060501111032**

Proposal Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 21 Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur

Dosen Pembimbing

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

Wasiska Iyati, ST., MT.
NIK. 201304 870504 2 001





LEMBAR ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi/Tesis/Disertasi 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/Tesis/Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi/Tesis/Disertasi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 24 Desember 2018

Yusuf Utomo N.S.N

14506660501111032



*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Dosen Pembimbing Bapak Wasiska Iyati, ST., MT
Serta Ayahanda dan Ibunda tercinta*





**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 : arsfutub@ub.ac.id

**LEMBAR HASIL
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Yusuf Utomo N.S.N
 NIM : 1450660501111032
 Judul Skripsi : REKAYASA BUKAAN VENTILASI ALAMI UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN TERMAL PONDOK PESANTREN DARUL HIKAM DI MOJOKERTO
 Dosen Pembimbing : Wasiska Iyati, ST., MT
 Periode Skripsi : Semester Genap 2017-2018
 Alamat Email : yusufutomo1@gmail.com

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
22 Desember 2018	1	3%	
	2		
	3		

Malang, 26 Desember 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Kepala Laboratorium
Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Wasiska Iyati, ST., MT
NIK. 201304 870504 2 001

Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA
NIP.19531231 198403 1 009

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



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat guna mencapai gelar Sarjana Teknik di Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orang tua, ayahanda tercinta Bambang Sudarmanto dan ibunda tersayang Siti Cholimah yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
2. Wasiska Iyati. ST., MT selaku dosen Pembimbing Skripsi yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan penulis selama menyusun skripsi dan memberikan banyak ilmu serta solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
3. Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D dan Iwan Wibisono, ST., MT selaku dosen Penguji
4. Dosen dan staf pengajar Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya atas segala ilmu dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis
5. Pengelola Pondok Pesantren Darul Hikam yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat melangsungkan penelitian dan pengambilan data
6. Seluruh teman-teman seangkatan, Arsitektur Angkatan 2014
7. Teman-teman kontrakan piranha asoy yang telah memberikan semangat untuk penyelesaian skripsi



8. Serta seluruh pihak yang ikut membantu baik langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu

Malang, 21 Desember 2018

Penulis,

Yusuf Utomo N.S.N





DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
LEMBAR ORISINALITAS.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
RINGKASAN	xvi
SUMMARY	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian	3
1.6. Manfaat Penelitian	3
1.7. Kerangka Pemikiran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kenyamanan Termal	5
2.1.1 Kenyamanan Termal	5
2.2 Iklim Tropis.....	5
2.2.1 Iklim Tropis Lembab.....	6
2.2.2 Karakteristik Iklim Lembab	7
2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal	8



2.4 Jendela	10
2.5 Ventilasi	12
2.6 Perancangan Sistem Ventilasi	13
2.7 Lingkungan Termal	14
2.8 Arah dan Kecepatan Angin	14
2.9 Metode Simulasi	15
2.9.1 Software Ecotect	15
2.10 Tinjauan Terdahulu	16
2.11 Kerangka Teori	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Metode Umum	23
3.2 Jenis Data	24
3.2.1 Data Primer	24
3.2.2 Data Sekunder	24
3.3 Variabel Penelitian	24
3.4 Metode dan Teknik Pengumpulan Data	25
3.4.1 Observasi Primer	25
3.4.2 Observasi Data Sekunder	25
3.5 Waktu Penelitian	26
3.6 Instrumen Penelitian	26
3.7 Kerangka Metode Penelitian	27



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Deskripsi Objek Penelitian	28
4.1.1 Siteplan Pondok Pesantren	32
4.1.2 Eksisting Bukaan dan Ruang Luar	34
4.2 Analisis Perbandingan Hasil Pengukuran Lapangan dan Simulasi digital Kondisi Eksisting Objek Penelitian	36
4.2.1 Hasil Pengukuran Lapangan	36
4.2.2 Hasil Simulasi	43
4.2.3 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting.....	64
4.3 Analisis Alternatif Rekomendasi Desain	70
4.3.1 Analisis Permasalahan	70
4.3.2 Analisis Alternatif	74
4.4 Simulasi Alternatif Rekomendasi Desain	76
4.4.1 Hasil Rekomendasi Desain Ruang Kelas SMP dan SMA.....	76
4.4.2 Hasil Simulasi Rekomendasi Desain Asrama SMP dan SMA	121
4.5 Hasil Akhir	136
4.5.1 Hasil Akhir Desain Bukaan	137
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	141
5.1 Kesimpulan	141
5.2 Saran	142
DAFTAR PUSTAKA	

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Lokasi Pondok	28
Gambar 4.2 Batas Bangunan Pondok	29
Gambar 4.3 Tampak Depan Bangunan	29
Gambar 4.4 Batas Timur Bangunan	30
Gambar 4.5 Batas Utara Bangunan	30
Gambar 4.6 Batas Selatan Bangunan.....	30
Gambar 4.7 Batas Barat Bangunan.....	31
Gambar 4.8 Siteplan Bangunan	32
Gambar 4.9 Potongan Tapak A-A'	33
Gambar 4.10 Potongan Tapak B-B'	33
Gambar 4.11 Fokus Objek Penelitian	34
Gambar 4.12 Pintu dan Jendela Kelas	35
Gambar 4.13 Ventilasi Kelas	35
Gambar 4.14 Fokus Penelitian SMP	36
Gambar 4.15 Fokus Penelitian SMA	40
Gambar 4.16 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMP (1) 13 Juli	45
Gambar 4.17 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMP (1) 14 Juli	45
Gambar 4.18 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMP (2) 13 Juli	47
Gambar 4.19 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMP (2) 14 Juli	47
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMP (3) 13 Juli	49

Gambar 4.21 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMP (3) 14 Juli	49
Gambar 4.22 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMP (1) 13 Juli	51
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMP (1) 14 Juli	51
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMP (1) 13 Juli	53
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMP (1) 14 Juli	53
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 13 Juli	55
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 14 Juli	55
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 13 Juli	57
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 14 Juli	57
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 13 Juli	59
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 14 Juli	59
Gambar 4.22 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMA (1) 13 Juli	61
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMA (1) 14 Juli	61
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMA (1) 13 Juli	63
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Eksisting Asrama SMA (1) 14 Juli	63
Gambar 4.36 Analisis Arah Angin SMP	71
Gambar 4.37 Analisis Arah Angin SMA	72
Gambar 4.38 Analisis Arah Angin Asrama	73
Gambar 4.39 Posisi Bukaan Kelas	74
Gambar 4.40 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 1 SMP (1) 13 Juli	77
Gambar 4.41 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 1 SMP (1) 14 Juli	77



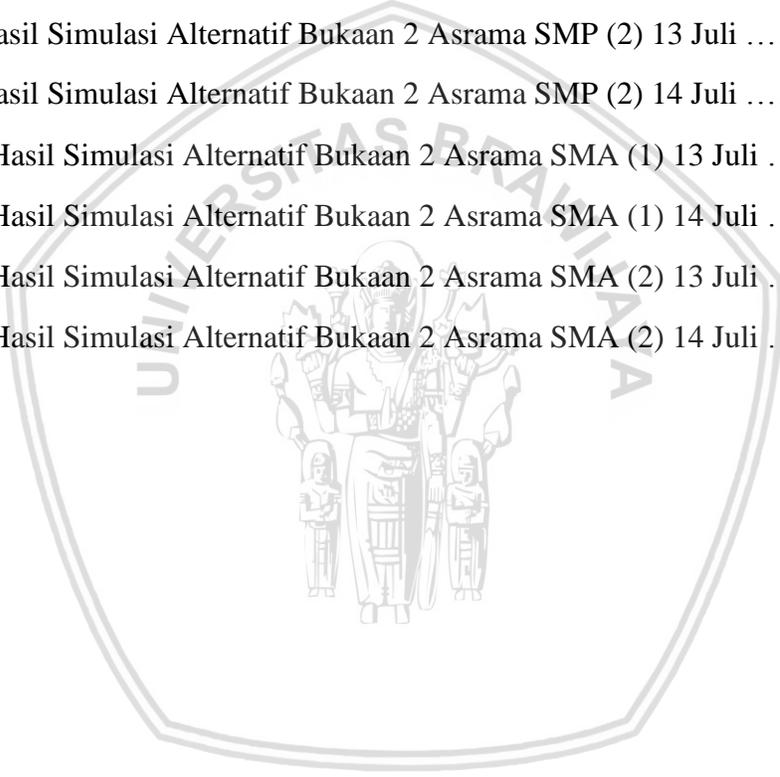
Gambar 4.42 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMP (2) 13 Juli	78
Gambar 4.43 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMP (2) 14 Juli	79
Gambar 4.44 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMP (3) 13 Juli	80
Gambar 4.45 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMP (3) 14 Juli	81
Gambar 4.46 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMA (1) 13 Juli	82
Gambar 4.47 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMA (1) 14 Juli	83
Gambar 4.48 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMA (2) 13 Juli	83
Gambar 4.49 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMA (2) 14 Juli	84
Gambar 4.50 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMA (3) 13 Juli	85
Gambar 4.51 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMA (3) 14 Juli	86
Gambar 4.52 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP (1) 13 Juli	87
Gambar 4.53 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP (1) 14 Juli	88
Gambar 4.54 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP (2) 13 Juli	89
Gambar 4.55 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP (2) 14 Juli	90
Gambar 4.56 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP (3) 13 Juli	90
Gambar 4.57 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP (3) 14 Juli	91
Gambar 4.58 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMA (1) 13 Juli	92
Gambar 4.59 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMA (1) 14 Juli	93
Gambar 4.60 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMA (2) 13 Juli	94
Gambar 4.61 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMA (2) 14 Juli	95
Gambar 4.62 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMA (3) 13 Juli	95
Gambar 4.63 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMA (3) 14 Juli	96
Gambar 4.64 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP (1) 13 Juli	98
Gambar 4.65 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP (1) 14 Juli	99
Gambar 4.66 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP (2) 13 Juli	100



Gambar 4.67 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP (2) 14 Juli	101
Gambar 4.68 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP (3) 13 Juli	102
Gambar 4.69 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP (3) 14 Juli	102
Gambar 4.70 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA (1) 13 Juli	103
Gambar 4.71 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA (1) 14 Juli	104
Gambar 4.72 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA (2) 13 Juli	105
Gambar 4.73 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA (2) 14 Juli	106
Gambar 4.74 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA (3) 13 Juli	107
Gambar 4.75 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA (3) 14 Juli	108
Gambar 4.76 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMP (1) 13 Juli	110
Gambar 4.77 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMP (1) 14 Juli	111
Gambar 4.78 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMP (2) 13 Juli	112
Gambar 4.79 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMP (2) 14 Juli	113
Gambar 4.80 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMP (3) 13 Juli	113
Gambar 4.81 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMP (3) 14 Juli	114
Gambar 4.82 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMA (1) 13 Juli	115
Gambar 4.83 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMA (1) 14 Juli	116
Gambar 4.84 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMA (2) 13 Juli	117
Gambar 4.85 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMA (2) 14 Juli	118
Gambar 4.86 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMA (3) 13 Juli	119
Gambar 4.87 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMA (3) 14 Juli	120
Gambar 4.88 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMP (1) 13 Juli	122
Gambar 4.89 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMP (1) 14 Juli	123
Gambar 4.90 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMP (2) 13 Juli	124
Gambar 4.91 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMP (2) 14 Juli	125



Gambar 4.92 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMA (1) 13 Juli	126
Gambar 4.93 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMA (1) 14 Juli	126
Gambar 4.94 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMA (2) 13 Juli	127
Gambar 4.95 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMA (2) 14 Juli	128
Gambar 4.96 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMP (1) 13 Juli	129
Gambar 4.97 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMP (1) 14 Juli	130
Gambar 4.98 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMP (2) 13 Juli	131
Gambar 4.99 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMP (2) 14 Juli	132
Gambar 4.100 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMA (1) 13 Juli	133
Gambar 4.101 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMA (1) 14 Juli	134
Gambar 4.102 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMA (2) 13 Juli	135
Gambar 4.103 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMA (2) 14 Juli	136

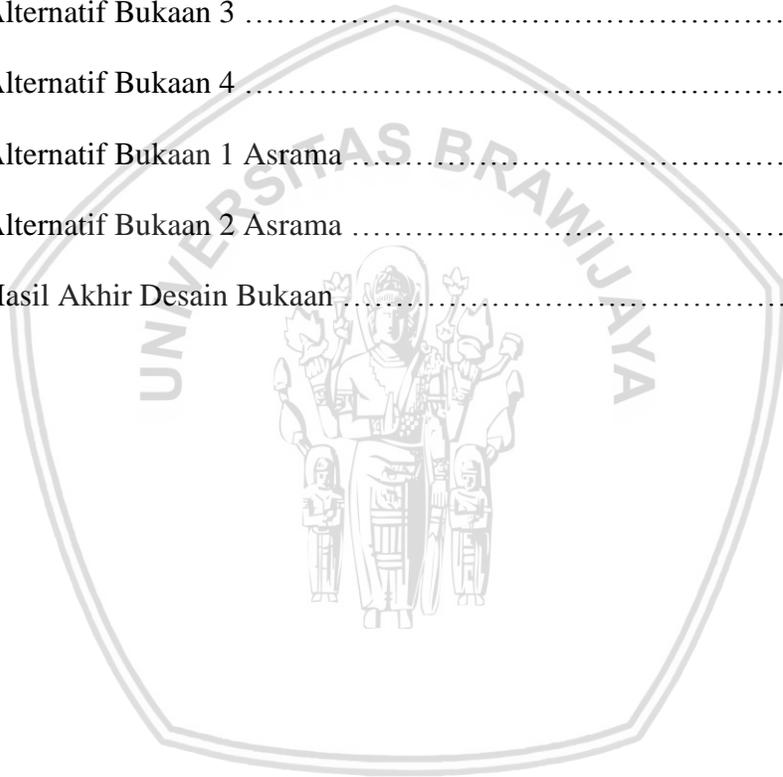


DAFTAR TABEL

Table 2.1 klasifikasi iklim berdasarkan daerahnya	7
Table 2.2 Kecepatan udara yang baik menurut SNI 03-6573-2001	9
Table 2.3 Pengaruh Aktivitas Terhadap Metabolisme Tubuh	10
Table 2.4. Jenis Jendela	12
Table 2.5 Klasifikasi kecepatan angin berdasarkan skala beaufort	15
Table 2.5 Tinjauan Terdahu	16
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Lapangan R. Kelas SMP 13 Juli	36
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Lapangan R. Kelas SMP 14 Juli	38
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Lapangan R. Kelas SMA 13 Juli	40
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Lapangan R. Kelas SMA 14 Juli	42
Tabel 4.5 Hasil Simulasi SMP (1) 13 Juli 2018	44
Tabel 4.6 Hasil Simulasi SMP (1) 14 Juli 2018	44
Tabel 4.7 Hasil Simulasi SMP (2) 13 Juli 2018	46
Tabel 4.8 Hasil Simulasi SMP (2) 14 Juli 2018	46
Tabel 4.9 Hasil Simulasi SMP (3) 13 Juli 2018	48
Tabel 4.10 Hasil Simulasi SMP (3) 14 Juli 2018	48
Tabel 4.11 Hasil Simulasi Asrama SMP (4) 13 Juli 2018	50
Tabel 4.12 Hasil Simulasi Asrama SMP (4) 14 Juli 2018	50
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Asrama SMP (5) 13 Juli 2018	52
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Asrama SMP (5) 14 Juli 2018	52
Tabel 4.15 Hasil Simulasi SMA (1) 13 Juli 2018	54

Tabel 4.16 Hasil Simulasi SMA (1) 14 Juli 2018	54
Tabel 4.17 Hasil Simulasi SMA (2) 13 Juli 2018	56
Tabel 4.18 Hasil Simulasi SMA (2) 14 Juli 2018	56
Tabel 4.19 Hasil Simulasi SMA (3) 13 Juli 2018	58
Tabel 4.20 Hasil Simulasi SMA (3) 14 Juli 2018	58
Tabel 4.21 Hasil Simulasi Asrama SMA (4) 13 Juli 2018	60
Tabel 4.22 Hasil Simulasi Asrama SMA (4) 14 Juli 2018	60
Tabel 4.23 Hasil Simulasi Asrama SMA (5) 13 Juli 2018	62
Tabel 4.24 Hasil Simulasi Asrama SMA (5) 14 Juli 2018	62
Tabel 4.25 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMP (1)	64
Tabel 4.26 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMP (2)	64
Tabel 4.27 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMP (3)	65
Tabel 4.28 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting Asrama SMP (5).....	66
Tabel 4.29 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting Asrama SMP (5)	66
Tabel 4.30 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMA (1)	67
Tabel 4.31 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMA (2)	67
Tabel 4.32 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMA (3)	68
Tabel 4.33 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting Asrama SMA (4)	69

Tabel 4.34 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting Asrama SMA (5)	69
Tabel 4.35 Dimensi Bukaan Eksisting dan Rekomendasi.....	75
Tabel 4.36 Alternatif Bukaan 1	76
Tabel 4.37 Alternatif Bukaan 2	87
Tabel 4.38 Alternatif Bukaan 3	97
Tabel 4.39 Alternatif Bukaan 4	109
Tabel 4.40 Alternatif Bukaan 1 Asrama	121
Tabel 4.41 Alternatif Bukaan 2 Asrama	129
Tabel 4.42 Hasil Akhir Desain Bukaan	137



Ringkasan

Yusuf Utomo N.S.N, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Desember 2018, *Rekayasa Bukaannya Ventilasi Alami Untuk Meningkatkan Kenyamanan Termal Pondok Pesantren Darul Hikam di Mojokerto*, Dosen Pembimbing: Wasiska Iyati, ST., MT

Pondok Pesantren Darul Hikam yang terletak di Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Pondok pesantren Darul hikam merupakan salah satu pondok yang berdampak pada meningkatnya jumlah pendaftar santri sehingga ruang-ruang pondok harus dapat memberikan kenyamanan kepada para santri dan ustadznya. Pondok Pesantren sendiri kurang memadai dalam hal kenyamanan termal bangunan. Penghawaan pada ruang kelas dan asrama menggunakan penghawaan alami, sehingga dibutuhkan bukaan yang baik agar bisa mengalirkan udara dengan baik. Ruang kelas digunakan untuk kegiatan belajar-mengajar selama ± 9 jam dan asrama digunakan untuk kegiatan santri selama 24 jam. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan deskriptif evaluatif. Data temperatur ruang dalam kelas dan asrama diambil menggunakan alat termometer dan anemometer dan disimulasikan dengan software Ecotect Analysis 2011. Variabel bebas yang diteliti yaitu bukaan meliputi posisi, dimensi, jenis bukaan. Sedangkan variabel terikat yaitu data temperatur ruang kelas. Standar temperatur ruang dalam adalah $25\text{ }^{\circ}\text{C} - 27\text{ }^{\circ}\text{C}$. setelah dilakukan rekayasa terhadap bukaan di setiap ruang kelas dan asrama yang meliputi perubahan dimensi, jenis, dan posisi bukaan temperatur ruang dalam yang didapat adalah $29\text{ }^{\circ}\text{C}$. dari hasil tersebut didapat bahwa dengan melakukan perubahan terhadap bukaan ruang kelas dan asrama masih dapat meningkatkan kinerja bukaan 13.8%.

Pada umumnya penelitian dilakukan bertujuan untuk pembuktian, dan pembenaran demi mendapatkan informasi tentang keragu-raguan peneliti terhadap salah satu teori dengan keadaan sebenarnya. Dalam penjabaran yang sedang dihadapi, Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan pendekatan deskriptif evaluatif dengan metode eksperimental. Pendekatan deskriptif evaluatif digunakan dalam penelitian awal untuk menghimpun dan memaparkan data tentang kondisi eksisting, kemudian dilakukan simulasi

eksperimental menggunakan *software ecotect analisys 2011* untuk menganalisis rekomendasi desain.

Dari hasil pengukuran lapangan dan simulasi menggunakan *Ecotect Analysis* didapat bahwa temperatur ruang dalam asrama dan kelas tidak memenuhi standart SNI. Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Bukaannya jendela dengan tipe jendela gantung serta ventilasi yang dimiliki oleh ruang kelas dan asrama memiliki kinerja yang kurang optimal serta belum memenuhi standar. Hal ini dapat dilihat dari luas bukaan jendela dan bukaan ventilasi yang kurang memenuhi standar sehingga pergerakan udara di dalam ruangan tidak dapat dimaksimalkan. Setelah dilakukan proses simulasi rekomendasi dengan mengganti tipe bukaan inlet dan outlet serta mengubah dimensi bukaan didapatkan hasil peningkatan kinerja serta menyeimbangkan kondisi temperatur udara dalam ruangan agar kenyamanan termal tetap terjaga.
- b. Hasil rekomendasi desain terpilih akan diterapkan pada seluruh lantai. Melihat hasil pengukuran awal yang dilakukan pada 3 ruang kelas SMP, 3 ruang kelas SMA, 2 asrama SMP, dan 2 asrama SMA yang menunjukkan kondisi udara belum memenuhi kriteria kenyamanan termal.

Dengan menggunakan proses desain metode eksperimental ditemukan beberapa rekomendasi desain bukaan yang dapat mengoptimalkan penghawaan alami pada bangunan kelas dan asrama, yaitu:

Hasil rekomendasi menunjukkan bahwa bangunan kelas dan asrama masih bisa mengoptimalkan penghawaan alami sebesar 13.8%. Agar tidak memakan biaya tambahan untuk alat penghawaan buatan yang relative besar dan penghawaan yang sesuai standar pada pagi, siang, dan sore hari, terutama pada saat kegiatan belajar mengajar.

Summary

Yusuf Utomo N.S.N, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya. December 2018, Engineering of Natural Ventilation Openings to Improve Thermal Comfort of Darul Hikam Islamic Boarding School in Mojokerto, Supervisor: Wasiska Iyati, ST., MT

Darul Hikam Islamic Boarding School located in Mojokerto Regency, East Java Province. Darul Hikam Islamic Boarding School is one of the huts which has an impact on the increasing number of student applicants so that the halls of the huts must be able to provide comfort to the student and their religious teachers. Islamic boarding schools themselves are inadequate in terms of the thermal comfort of the building. Appreciation in classrooms and dormitories uses natural ventilation, so good openings are needed so that air can flow properly. Classrooms are used for teaching and learning activities for ± 9 hours and dormitories are used for student activities for 24 hours. This study uses an experimental method with an evaluative descriptive approach. Room temperature data in class and dormitory were taken using a thermometer and anemometer and simulated with the Ecotect Analysis 2011 software. The independent variables studied were openings covering the position, dimensions, type of openings. While the dependent variable is the class temperature data. The standard indoor temperature is $25^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$. after engineering of openings in each classroom and dormitory which includes changes in dimensions, types, and positions of openings in the inside room temperature obtained is 29°C . from these results it was found that by making changes to the classroom and dormitory openings it could still improve the performance of openings by 13.8%.

In general, research is carried out aimed at verification, and justification in order to obtain information about the researchers' doubts about one theory with the actual situation. In the translation that is being faced, the research method used is to use an evaluative descriptive approach with the experimental method. An evaluative descriptive approach was used in the initial research to collect and present data about the existing conditions, then an experimental

simulation was carried out using Ecotect Analysis 2011 software to analyze design recommendations.

From the results of field measurements and simulations using Ecotect Analysis, it was found that the room temperature in the dormitory and class did not meet SNI standards. Based on the results of measurements and simulations, conclusions can be drawn as follows:

- a. Window openings with hanging window type and ventilation owned by classrooms and dormitories have less than optimal performance and do not meet standards. This can be seen from the wide window openings and ventilation openings that do not meet the standards so that air movement in the room cannot be maximized. After the recommendation simulation process is done by changing the type of inlet and outlet openings and changing the dimensions of the openings the results of performance enhancements are obtained and balancing the indoor air temperature conditions so that thermal comfort is maintained
- b. The results of selected design recommendations will be applied to the entire floor. Seeing the results of the initial measurements carried out in 3 junior high school classrooms, 3 high school classrooms, 2 junior high school dormitories, and 2 high school dormitories which showed that the air condition did not meet the thermal comfort criteria.

By using the experimental method design process there are several recommendations for openings design that can optimize natural airing in classrooms and dormitories, namely:

The results of the recommendations show that classrooms and dormitories can still optimize natural exposure by 13.8%. In order not to incur additional costs for a relatively large artificial aerial device and suitable standard breathing in the morning, afternoon and evening, especially during teaching and learning activities.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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. Kelas menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) merupakan tempat belajar di sekolah, sehingga kenyamanan ruang kelas sangat berpengaruh pada kegiatan belajar mengajar di sekolah. Asrama merupakan bangunan tempat tinggal bagi kelompok orang untuk sementara waktu, terdiri atas sejumlah kamar, dan dipimpin oleh seorang kepala asrama, asrama menjadi tempat yang paling banyak digunakan santri pada saat berada di Pondok Pesantren karena merupakan tempat tinggal sementara untuk santri.

Kabupaten Mojokerto memiliki kisaran temperatur udara rata-rata 21-32°C dengan kelembapan udara 74,3 – 84,8 Mb / hari dan kecepatan angin rata-rata berkisar 3,88 – 6,88 Km/jam. Kenyamanan temperature udara juga memiliki batasan yang dijelaskan oleh Lippsmeir (1997) yaitu batas kenyamanan untuk wilayah katulistiwa antara 19°C-26°C TE.

Objek yang dikaji dalam penelitian ini adalah ruang kelas dan asrama pada Pondok Pesantren Darul Hikam yang terletak di Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa timur. Pondok pesantren Darul hikam merupakan salah satu pondok yang berdampak pada meningkatnya jumlah pendaftar santri sehingga ruang-ruang pondok harus dapat memberikan kenyamanan kepada para santri dan ustadznya. Objek merupakan Pondok Pesantren berskala Internasional, dibuktikan dengan adanya beberapa santri yang berasal dari Negara tetangga. Prestasi Pondok Pesantren juga sudah berskala Internasional. Namun bangunan Pondok Pesantren sendiri kurang memadai dalam hal

kenyamanan termal. Penghawaan pada ruang kelas dan asrama menggunakan penghawaan alami, sehingga dibutuhkan bukaan yang baik agar bisa mengalirkan udara dan angin dengan baik. Ruang kelas digunakan untuk kegiatan belajar-mengajar selama ± 9 jam dan asrama digunakan untuk kegiatan santri selama 24 jam. Jendela sebagai jalur perputaran udara pada ruang kelas dan asrama mempengaruhi konsentrasi santri dalam kegiatan belajar-mengajar dapat stabil. Objek memiliki 3 lantai pada bangunan namun kondisi bukaan pada ruang kelas kurang dimanfaatkan dengan maksimal karena tertutup oleh bangunan di sebelahnya, sehingga sirkulasi udara dan angin tidak bisa berjalan dengan baik. Serta banyaknya santri di Pondok Pesantren Darul Hikam menyebabkan kelas dan asrama harus menampung banyak santri pada satu ruangan.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah dijabarkan, indentifikasi pada penelitian ruang kelas dan asrama Pondok Pesantren Darul Hikam. Antara lain:

1. Bukaan ventilasi tidak difungsikan dengan baik menyebabkan temperatur udara menjadi panas dan menjadi tidak nyaman saat melakukan kegiatan belajar-mengajar.
2. Terdapat beberapa ruang yang hanya mengandalkan bukaan ventilasi alami dari 1(satu) sisi saja, sehingga sirkulasi udara tidak bisa maksimal.

1.3 Rumusan Masalah

Dari pemaparan identifikasi masalah diatas, maka di rumuskan masalah sebagaimana berikut:

1. Bagaimana evaluasi tingkat kenyamanan termal penghuni kelas dan asrama Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto?
2. Bagaimana rekayasa bukaan yang tepat dan dapat menghasilkan kenyamanan termal dengan memaksimalkan fungsi ventilasi alami?

1.4 Batasan Masalah

Batasan lingkup pembahasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Masalah pada penelitian ini dibatasi dengan meneliti aspek kenyamanan termal pada ruang kelas dan asrama Pondok Pesantren Darul Hikam.
2. Penelitian mencakup kelembapan udara, kecepatan angin, suhu ruangan.
3. Dalam kasus ini, objek yang diteliti adalah ruang kelas dan asrama Pondok Pesantren Darul Hikam.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

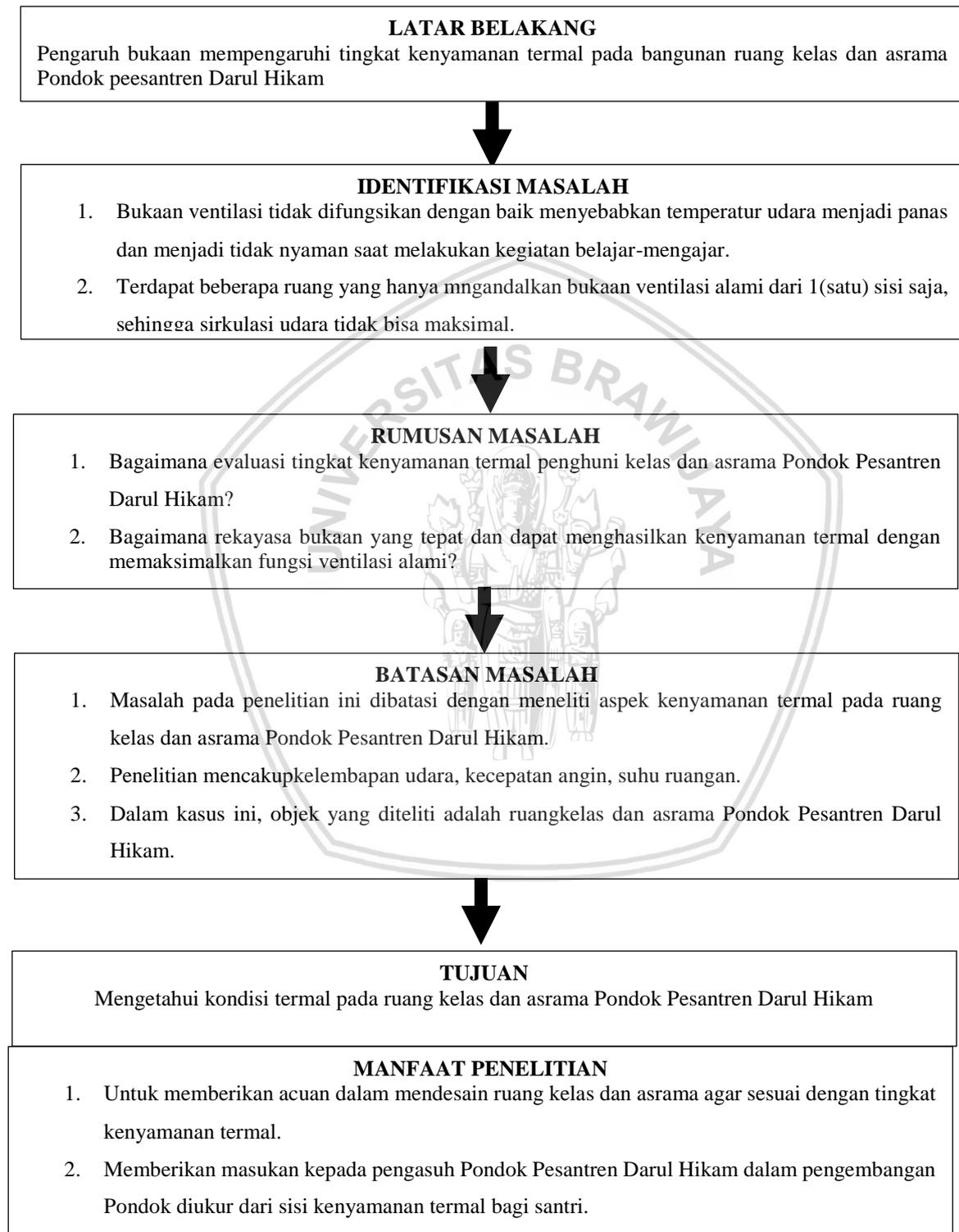
1. Untuk melakukan rekayasa bukaan dengan memaksimalkan ventilasi alami kemudian dilakukan evaluasi kenyamanan termal pada ruang kelas dan asrama Pondok Pesantren Darul Hikam dan mengajukan rekomendasi yang difokuskan pada bukaan alami.
2. Mengetahui rekomendasi desain bukaan yang tepat untuk dapat menghasilkan Kenyamanan termal dengan memaksimalkan fungsi ventilasi alami.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Untuk memberikan acuan dalam mendesain ruang kelas dan asrama agar sesuai dengan tingkat kenyamanan termal.
2. Memberikan masukan kepada pengasuh Pondok Pesantren Darul Hikam dalam pengembangan Pondok diukur dari sisi kenyamanan termal bagi santri.

1.7 Kerangka Pemikiran



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kenyamanan Termal

2.1.1 Kenyamanan Termal

Menurut Nugroho (2011), kenyamanan termal merupakan suatu kondisi dari pikiran manusia yang menunjukkan kepuasan dengan lingkungan termal. Menurut Szokolay (1973) pada '*Manual of Tropical Housing and Building*' merupakan proses yang melibatkan kondisi fisik fisiologis dan psikologis. Kenyamanan termal adalah hasil pemikiran seseorang yang mengekspresikan mengenai kepuasan dirinya terhadap lingkungan termalnya. Sementara itu, menurut Snyder (1989) kenyamanan termal merupakan suatu keadaan yang berhubungan dengan alam yang dapat mempengaruhi manusia dan dapat dikendalikan oleh arsitektur. ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer) mendefinisikan kenyamanan termal sebagai suatu kondisi dimana ada kepuasan terhadap keadaan termal di sekitarnya.

2.2 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 °C (Koenigsberger *et 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° LU - 6° LS dan 95° BB – 141 ° BT. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara beriklim tropis lembab. Kondisi suhu di Indonesia berkisar antara 26 – 38 °C pada musim kemarau dan 20 – 29 °C 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 mm/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.

2.2.1 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 – 38⁰C pada musim kemarau dan 25 – 29⁰C 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 sekita 5 m/detik. Pada umumnya, manusia yang tinggal di daerah iklim tropis lembab akan mampu beradaptasi dengan suhu 24 – 30⁰C. 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 2.1 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

2.2.2 Karakteristik Iklim Tropis Lembab

Ciri-ciri umum dari iklim tropis lembab diwilayah 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 $27^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$ sedangkan minimum rata-rata adalah $20^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$.
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 $7000 \text{ kandela}/\text{m}^2$, sedangkan untuk secara keseluruhan tertutup oleh awan tebal sekitar $850 \text{ kandela}/\text{m}^2$.
6. Radiasi matahari global harian rata-rata bulanan sekitar $400 \text{ watt}/\text{m}^2$.
7. Kecepatan angin yang rendah yaitu 2-4 m/s. (Satwiko, 2004)

2.3 Faktor Faktor yang mempengaruhi Kenyamanan Termal

Menurut ASHRAE (1989) kenyamanan termal dipengaruhi 6 faktor antara lain, temperatur udara, kecepatan angin, kelembapan, aktivitas, dan insulasi pakaian. Factor-faktor tersebut terbagi menjadi 2 variabel yang mempengaruhi kenyamanan termal. Variabel pertama adalah variabel biologis yang meliputi metabolisme tubuh pakaian, dan aktifitas yang sedang dilakukan, sedangkan variabel kedua adalah variabel iklim yang meliputi kecepatan angin, temperatur udara, kelembapan dan radiasi.

1. Temperatur udara

Temperatur udara adalah salah satu factor utama dari kenyamanan termal walaupun factor ini tergantung pada ciri perasaan subjektif dan kenyamanan berperilaku. Ukuran kenyamanan temperatur udara sulit untuk diidentifikasi akibat adanya berbagai pengaruh seperti pergerakan udara, kelembapan, serta kecepatan angin yang kemudian membentuk temperatur efektif.

2. Kelembapan Udara

Menurut Susanti dan Aulia (2013), kelembapan relatif merupakan perbandingan antara uap air yang terdapat pada udara dengan jumlah maksimum uap air yang dapat ditampung pada temperatur tersebut. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula udara menyerap airkelembapan udara relatif yang dianjurkan untuk daerah tropis sekitar 40-50%. Untuk ruangan yang memiliki kapasitas padat seperti ruang pertemuan, kelembapan udara relatif yang dianjurkan antara 55-60%.

3. Kecepatan Angin

Kecepatan angin dapat mengubah kondisi termal tanpa merubah kondisi udara. Pergerakan angin dapat mengurangi panas pada bangunan apabila suhu diluar ruangan kurang dari 40 °C. jika suhu ruangan lebih dari 40 °C, penambahan kecepatan angin tidak mampu bekerja mengurangi panas dalam bangunan (Szokolay, 2004). Udara bergerak dengan kecepatan yang sesuai kebutuhan untuk memperoleh kenyamanan termal. Jika udara tidak bergerak pada kecepatan yang cukup maka laju udara dan pergantian udara perjam tidak dapat memenuhi syarat minimal sesuai fungsi ruang.

Kecepatan udara yang baik menurut SNI 03-6572-2001 adalah 0,25 m/s. kecepatan udara tersebut dapat diubah tergantung kondisi temperatur udara kering dalam ruangan.

Tabel 2.2 Kecepatan udara yang baik menurut SNI 03-6573-2001

Kecepatan udara, m/detik	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35
Temperatur udara kering, °C	25	26,8	26,9	27,1	27,2

Sumber: SNI 03-6572-2001

Tabel diatas juga menunjukkan kebutuhan peningkatan udara untuk menyeimbangkan kenaikan temperatur udara kering agar tingkat kenyamanan dalam ruang tetap terjaga. Peningkatan kecepatan udar ruang dalam dalam dicapai dengan menggunakan system ventilasi silang.

4. Temperatur Radiant

Radiasi matahari mempunyai pengaruh yang besar terhadap sensasi termal.

5. Insulasi pakaian

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

6. Aktivitas Orang

Segala aktivitas yang dilakukan akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan metabolime tubuh. Semakin tinggi aktivitas tersebut makan semakin besar dan semakin meningkat pula metabolisme yang terjadi di dalam tubuh sehingga energi yang dikeluarkan semakin tinggi.

Tabel 2.3 Pengaruh Aktivitas Terhadap Metabolisme Tubuh

Tingkat aktivitas	Tipe Penggunaan	Kalor total Dewasa, pria		Kalor total yang disesuaikan untuk wanita.		Kalor sensibel		Kalor laten	
		Btu/jam	W	Btu/jam	W	Btu/jam	W	Btu/jam	W
Duduk di gedung pertunjukan	siang hari	390	114	330	97	225	66	105	31
Duduk di gedung pertunjukan.	malam hari	390	114	350	103	245	72	105	31
Duduk, kerja amat ringan	Kantor, hotel, Apartemen	4 50	132	400	117	245	72	155	45
Kerja kantor dengan keaktifan sedang	Kantor, hotel, apartemen.	475	139	450	132	250	73	200	59
Berdiri, kerja ringan, berjalan	Pusat belanja, pertokoan.	550	162	450	132	250	73	200	59
Berjalan; berdiri	Apotik, Bank	550	162	500	146	250	73	250	73
Pekerjaan terus menerus. ^c	Restoran	490	144	550	162	275	81	275	81
Pekerjaan bengkel ringan	Pabrik	800	235	750	220	275	81	475	139
Berdansa	Hal dansa	900	264	850	249	305	89	545	160
Berjalan 3 mph; pekerjaan mesin yang ringan	Pabrik	1000	293	1000	293	375	110	625	183
Bowling. ^d	Bowling alley.	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Pekerjaan berat	Pabrik	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Pekerjaan mesin yang berat, mengangkat	Pabrik	1600	469	1600	469	635	186	965	283
Atletik	Gimnasium	2000	586	1800	528	710	208	1090	320

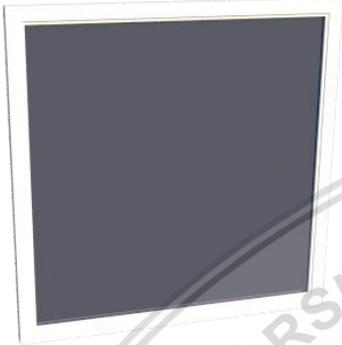
Sumber: Nur laela Latifa, Fisika Bangunan 1

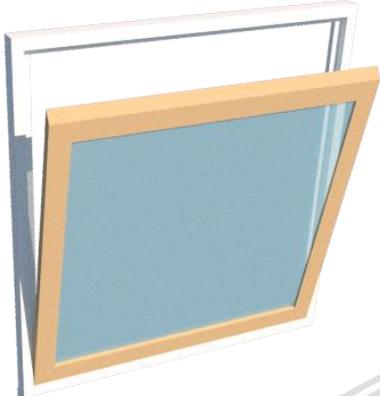
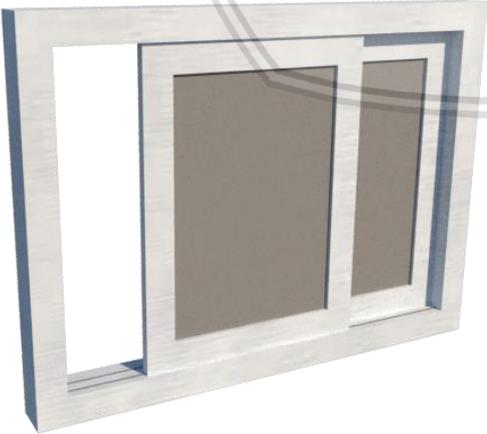
2.4 Jendela

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 jendela:

Tabel 2.4. Jenis Jendela

Bentuk Jendela	Keterangan
<p data-bbox="352 528 719 562">Fixed window (Kaca Mati)</p> 	<p data-bbox="858 528 1390 725">Jendela mati biasanya digunakan pada ruang tertutup ber AC. Jendela mati biasanya dipasang dengan kusen agar dapat menjaga suhu di dalam ruangan.</p>
<p data-bbox="240 954 730 987">Casement Window (Jendela Hidup)</p> 	<p data-bbox="858 954 1390 1256">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.</p>

<p>Hopper Window (Jendela Jatuh)</p> 	<p>Jendela jatuh hanya memiliki satu bukaan diatas. Sehingga, aliran udara hanya terjadi di satu arah.</p>
<p>Louvre (Jendela Nako)</p> 	<p>Jendela ini menghasilkan pergerakan udara didalam ruangan secara optimal. Jendela ini memiliki kisi-kisi yang dapat diatur sedemikian rupa untuk mengatur laju serta kapasitas udara yang diinginkan.</p>
<p>Sliding Window (Jendela Geser)</p> 	<p>Jendela geser pada umumnya digunakan dengan tujuan agar ruang dalam tidak terganggu oleh bukaan jendela. Selain itu, udara dan cahaya bisa masuk dengan optimal.</p>

Sumber: Windows: Performance, Design and Installation

2.5 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 Kabupaten Mojokerto, 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.

2.6 Perancangan Sistem Ventilasi Alami

Perancangan system ventilasi alami dilakukan sebagai berikut :

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

2.6.1 Ventilasi Gaya Angin

Faktor yang mempengaruhi laju ventilasi yang disebabkan gaya angin termasuk :

1. Kecepatan rata-rata.
2. Arah angin kuat.
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)

2.6.1.1 Penempatan outlet yang diinginkan

1. pada sisi arah tempat teduh dari bangunan yang berlawanan langsung dengan inlet.
2. pada atap, dalam area tekanan rendah yang disebabkan oleh aliran angin yang tidak menerus.
3. pada sisi yang berdekatan ke muka arah angin dimana area tekanan rendah terjadi.
4. dalam pantauan pada sisi arah tempat teduh,
5. dalam ventilator atap, atau
6. pada cerobong.

2.7 Lingkungan Termal

Lingkungan termal didefinisikan sebagai lingkungan yang mempengaruhi manusia dalam hal kualitas termalnya, sehingga manusia dapat merasakan lingkungan tersebut sebagai lingkungan yang dingin atau panas. Salah satu unsur utama yang membentuk lingkungan termal adalah temperatur udara, disamping unsur lain seperti temperatur radiasi, kelembapan, dan pergerakan udara. Perubahan lingkungan termal di perkotaan pada penelitian ini dilihat dari berubahnya temperatur udara.

2.8 Arah dan Kecepatan Angin

Kecepatan angin di daerah iklim tropis lembab umumnya rendah. Angin yang dibutuhkan untuk keperluan ventilasi (untuk kesehatan dan kenyamanan penghuni di dalam bangunan). Ventilasi adalah proses dimana udara 'bersih' (udara luar), dipaksa masuk ke dalam ruang dan sekaligus mendorong udara kotor di dalam ruang ke luar. Ventilasi dibutuhkan untuk keperluan supply oksigen bagi metabolisme tubuh, menghalau polusi udara sebagai hasil proses metabolisme tubuh (CO₂ dan bau) dan kegiatan-kegiatan di dalam bangunan. Untuk kenyamanan, ventilasi berguna dalam proses pendinginan udara dan pencegahan peningkatan kelembapan udara (khususnya di daerah tropik basah), terutama untuk bangunan rumah tinggal. Kebutuhan terhadap ventilasi tergantung pada jumlah manusia serta fungsi bangunan.

Basaria Talarosha (2005) menggambarkan posisi bangunan yang melintang terhadap angin primer sangat dibutuhkan untuk pendinginan suhu udara. Jenis, ukuran, dan posisi lubang jendela pada sisi atas dan bawah bangunan dapat meningkatkan efek ventilasi silang (pergerakan udara) di dalam ruang, sehingga penggantian udara panas di dalam ruang dan peningkatan kelembapan udara dapat dihindari.

Pada suatu area dimana kondisi lingkungan sekitar merupakan kawasan yang padat bangunan, angin tidak dapat mengalir pada arah 90° (frontal tegak lurus jendela). Kondisi bangunan yang rapat mengakibatkan angin yang datang membentuk sudut lancip (kurang dari 90°) terhadap jendela. Kondisi ini disebabkan karena angin memerlukan jarak tempuh setidaknya 6 kali tinggi penghalang yang dilewatinya untuk kembali pada arahnya semula (Koenigsberger, 1973 dalam Mediastika 2002 : 79).

Tabel 2.5 Klasifikasi kecepatan angin berdasarkan skala beaufort

No.	Kecepatan Angin		Macam Angin	Indikator di Daratan
	(m/s)	(km/jam)		
1.	0,0-0,5	0-1	Reda	Tiap asap tegak
2.	0,6-1,7	2-6	Sepoi-sepoi	Tiang asap miring
3.	1,8-3,3	7-12	Lemah	Daun bergerak
4.	3,4-5,2	13-18	Sedang	Ranting bergerak
5.	5,3-7,4	19-26	Agak keras	Dahan bergerak
6.	7,5-9,8	27-35	Keras	Batang pohon bergerak
7.	9,9-12,4	36-44	Sangat keras	Batang pohon besar bergerak
8.	12,5-15,2	45-54	Ribut	Dahan patah
9.	15,3-18,2	55-65	Ribut hebat	Pohon kecil patah
10.	18,3-21,5	66-77	Badai	Pohon besar tumbang
11.	21,6-25,1	78-90	Badai hebat	Rumah roboh
12.	25,2-29,0	91-204	Taifun	Benda berat berterbangan
13.	>29,0	>105	Taifun hebat	Benda berterbangan sejauh beberapa kilometer

Sumber: BMKG, 2000

2.9 Metode Simulasi

2.9.1 *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*

(Elmira, 2011) salah satunya adalah elemen simulasi. Elemen pada software Ecotect yakni:

Tabel 2.6 Elemen *Software Ecotect Analysis 2011*

Elemen	Value
U-Value (W/m ² .K)	0.280
Admittance (W/m ² .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

2.10 Tinjauan terdahulu

Tabel 2.7 Tinjauan Terdahulu

Judul	Evaluasi Kenyamanan Termal pada Ruang Kelas Pondok Pesantren Daar el-Huda di Kabupaten Tangerang	PENGARUH KARAKTERISTIK VENTILASI DAN LINGKUNGAN TERHADAP TINGKAT KENYAMANAN TERMAL RUANG	KAJIAN KENYAMANAN TERMAL PADA RUMAH TINGGAL DENGAN MODEL INNERCOURT

		KELAS SMPN DI JAKARTA SELATAN	
Penulis dan Penerbit	Azka Noor dan Heru Sufianto dari Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Diterbitkan oleh Jurnal Mahasiswa Arsitektur VOL 6. NO 1 tahun 2018	Humairoh Razak, Dedes Nur Gandarum, Jimmy Siswanto Juwana dari Unnversitas Trisakti. Diterbitkan oleh AGORA, Jurnal Arsitektur, Volume 15, Nomor 2, Desember 2015	Ronim Azizah dari Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Diterbitkan oleh Jurnal Arsitektur NALARs Volume 13 No 2 Juli 2014: 73-88
Tujuan	Untuk mengetahui kondisi termal pada ruang kelas Gedung Arwana Pondok Pesantren Daar el-Huda yang kemudian dilakukan evaluasi dan mengajukan rekomendasi yang difokuskan pada bukaan jendela.	untuk mengukur seberapa besar pengaruh karakteristik ventilasi dan lingkungan terhadap tingkat kenyamanan termal di dalam ruang kelas.	berupaya membangun konsep desain yang membantu memecahkan permasalahan kenyamanan termal pada rumah tinggal di perkotaan yang padat dengan cara menguji kenyamanan termal pada rumah tinggal dengan model innercourt.
Metode Penelitian	Kuantitatif	Kuantitatif	Kuantitatif- asionalistik

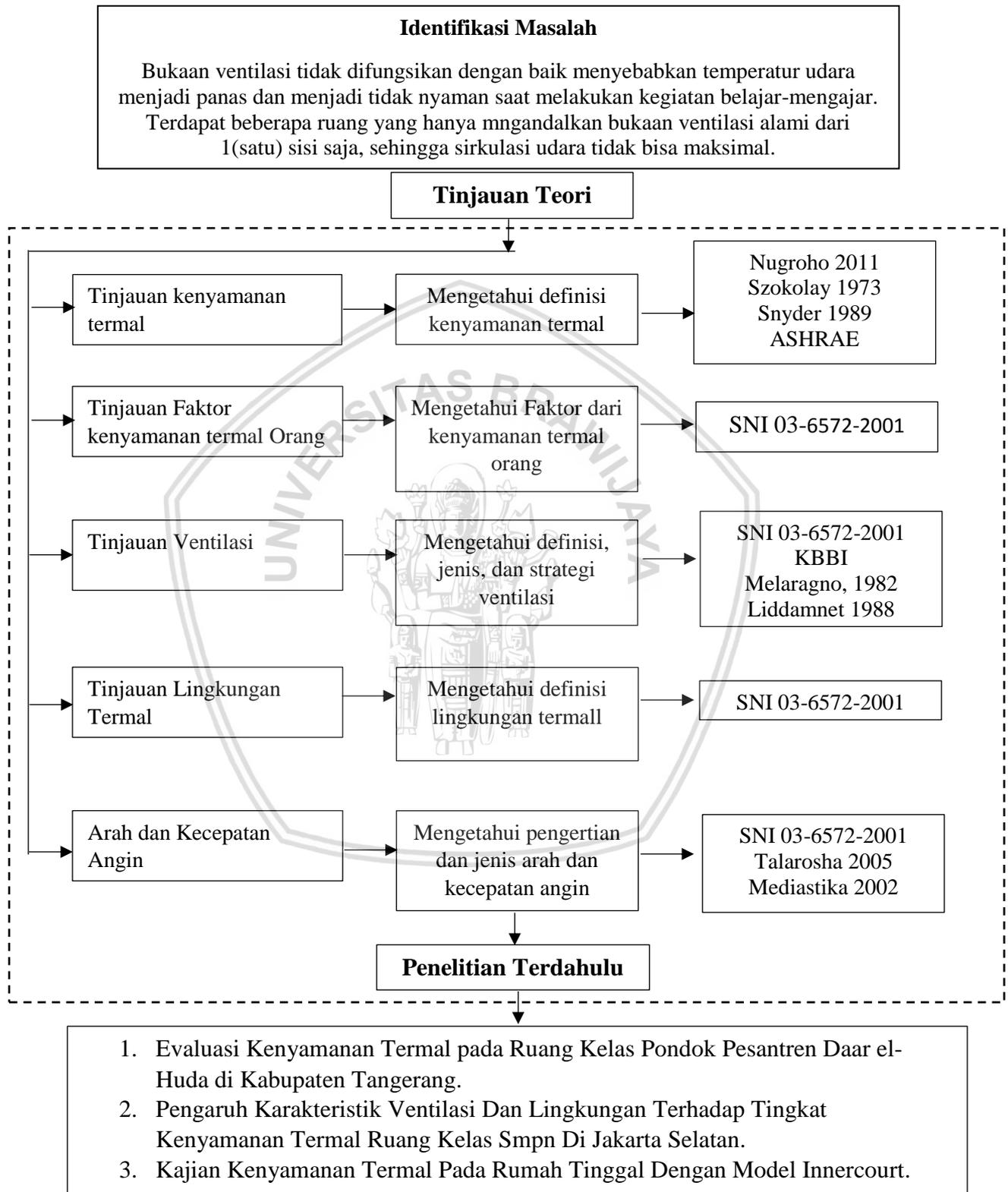
Variable Penelitian	Temperatur udara, Kelembapan udara, Kecepatan angin, pakaian siswa, aktivitas, sensasi kenyamanan termal. Variable bebas berupa bukaan jendela dan ventilasi.	Waktu, suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin.	Pengukuran Kecepatan Angin, Pengukuran Kelembapan Udara, Data Pengukuran
Instrument	<i>Thermohyrometer, anemometer, spss 16.0, Ecotec Analysis 2011</i>	<i>Digital Instruments, The Art of Measurement, 4in1 Environment Tester,</i> meteran, balon, buku catatan, pensil, laptop,	LM-81HT dan LM-81AM
Hasil	Pada kondisi eksisting bangunan, temperatur udara masih berada diatas ambang kenyamanan temperatur udara yang ditentukan oleh SNI. Begitu pula pada kelembapan udara yang cukup tinggi dan kecepatan angin pada eksisting yang sangat rendah. Pada kuesioner yang dibagikan kepada siswa pada siang hari didapatkan hasil hampir dari seluruh responden mengatakan nyaman pada temperatur udara tersebut dengan mengharapkan agar	Pada konteks lingkungan yang memiliki suhu udara berkisar dari 22°C sampai 35°C pada Bulan September sampai Bulan November maka terjadi hubungan yang signifikan antar beberapa variabel ventilasi dengan kenyamanan termal. <input type="checkbox"/> Pada variabel jarak antar bukaan, pada	Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa bagian penting sebagai berikut: -Rumah tinggal kuno yang masih memiliki ruang terbuka di bagian belakang rumah atau disebut

	<p>temperatur udara diturunkan. Rekomendasi bukaan yang dihasilkan adalah pada ruang kelas lantai 1 dapat menggunakan jendela jenis horizontal pivoted dengan ukuran jendela mengikuti eksisting. Dapat menurunkan $1,10^{\circ}\text{C}$. Dengan penambahan shading pada bagian bukaan sisi timur tidak banyak terdapat perbedaan hasil temperatur udara yang signifikan. Untuk rekomendasi ruang kelas lantai 2, dapat menggunakan jendela jenis horizontal pivoted dengan penambahan jumlah jendela, memperbesar ukuran jendela aktif, dan menambahkan shading pada bukaan dinding sisi timur dapat menurunkan temperatur udara yang cukup yaitu $0,6^{\circ}\text{C}$.</p>	<p>kondisi pagi dan menjelang siang hari saling mendukung, yakni apabila jarak bertambah maka temperatur efektif akan bertambah pula, begitu pula sebaliknya. Sehingga rancangan ventilasi yang paling baik adalah apabila jarak antar bukaan tidak terlalu jauh.</p> <p>□ Pada variabel rasio hambatan angin masuk, hal ini hanya terjadi di siang hari dikarenakan pada siang hari suhu udara di luar ruangan sangat tinggi, sedangkan suhu di dalam ruangan cukup rendah karena lebih teduh akibat tertutup oleh dinding dan atap, udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, jadi suhu dingin di dalam ruangan akan ke luar,</p>	<p>inner court mempunyai fungsi sebagai media penghisap udara luar dengan tujuan untuk mendinginkan udara di sekitarnya.</p> <p>-Lantai satu yang langsung berhubungan dengan inner court, dapat menghasilkan penurunan suhu pada ruang dalam mencapai 4°C sedangkan pada lantai dua yang berhubungan langsung dengan ruang terbuka berupa lantai dak dan void, dapat menghasilkan penurunan suhu pada ruang dalam mencapai 2°C.</p> <p>-Lantai tiga atau loteng tidak menghasilkan kenyamanan suhu.</p>
--	--	---	--

		apabila luasan bukaan membesar, maka semakin cepat suhu dingin di dalam akan ke luar.	
--	--	---	--



2.11 Kerangka Teori



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Umum

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan oleh peneliti yang sesuai dengan tujuan penelitian, dapat dibenarkan oleh akal pikiran manusia diperlukan metode-metode tertentu yang dapat mendukung tercapainya tujuan penelitian agar peneliti mendapatkan data yang valid, serta dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya, sehingga penelitian tersebut bisa membuktikan dan mengembangkan suatu masalah. Seperti yang dikemukakan oleh Sugiyono (2011) Setiap penelitian mempunyai tujuan dan kegunaan tertentu. Secara umum, tujuan penelitian ada tiga macam, yaitu yang bersifat penemuan, pembuktian, dan pengembangan.

Pada umumnya penelitian dilakukan bertujuan untuk pembuktian, dan pembenaran demi mendapatkan informasi tentang keragu-raguan peneliti terhadap salah satu teori dengan keadaan sebenarnya. Dalam penjabaran yang sedang dihadapi, Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan pendekatan deskriptif evaluatif dengan metode eksperimental. Pendekatan deskriptif evaluatif digunakan dalam penelitian awal untuk menghimpun dan memaparkan data tentang kondisi eksisting, kemudian dilakukan simulasi eksperimental menggunakan *software ecotect analisis 2011* untuk menganalisis rekomendasi desain

Data yang dihasilkan berupa angka-angka hasil pengamatan di lapangan secara langsung, setelah data terkumpul kemudian data hasil pengukuran tersebut di analisis, yang selanjutnya dibandingkan dengan standar dan kriteria yang ada. Kemudian setelah itu, hasil dari analisis tersebut dievaluasi untuk mengetahui sejauh mana kenyamanan termal berpengaruh pada proses belajar mengajar sehingga dapat di tarik kesimpulannya dan dibuatkan rekomendasi desain atau saran dari hasil penelitian tersebut.

3.2 Jenis Data

Data yang dikumpulkan dan berkaitan dengan penelitian mengenai kinerja bukaan untuk kenyamanan termal Pondok Pesantren Darul Hikam ini dibagi menjadi dua jenis data, yakni data primer dan data sekunder seperti berikut:

3.2.1 Data Primer

Data primer yakni data yang diperoleh dari survey lapangan atau pengamatan secara langsung. Penelitian mengenai kinerja bukaan untuk meningkatkan kenyamanan termal dibutuhkan data primer seperti:

1. Pengukuran suhu udara dalam dan luar bangunan
2. Pengukuran kelembapan dalam dan luar bangunan
3. Pengukuran kecepatan angin dalam dan luar bangunan
4. Dokumentasi dalam dan luar bangunan

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dari kajian pustaka maupun instansi yang berkaitan . data yang diperoleh dari instansi yakni sebagai berikut:

1. Data fisik Pondok Pesantren Darul Hikam
2. Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6572-2001) mengenai Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung.
3. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers(ANSI/ASHRAE Standard 55-2013) Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
4. Idham, Noor Choliz. 2015. Arsitektur dan Kenyamanan Termal. Andi Offset: Yogyakarta.

3.3 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 suatu atribut atau sifat atau

nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Variabel pada penelitian ini terdiri dari 2 (dua) variabel yaitu:

1. Variabel terikat

Kondisi lingkungan Pondok Pesantren Darul Hikam dan kondisi kenyamanan termal yang meliputi selisih temperatur udara ruang dalam dan ruang luar. Mengamati kondisi lingkungan sekitar dan mengukur dimensi bukaan dan kondisi eksisting ruang kelas dan asrama.

2. Variabel bebas

Jenis bukaan ventilasi, posisi ventilasi, dan ukuran ventilasi merupakan pengamatan dan pertimbangan untuk menghasilkan kenyamanan termal

3.4 Metode dan Teknik Pengumpulan Data

Metode yang dipilih dalam pengumpulan data adalah metode observasi dan dibagi menjadi dua data, yakni data primer dan sekunder

3.4.1 Observasi Primer

Data primer diperoleh melalui beberapa cara, yaitu:

1. Pengukuran kondisi luas bangunan
2. Pengukuran kondisi bukaan pada bangunan ruang kelas dan asrama menggunakan meteran
3. Pengukuran kondisi suhu dan kelembapan udara bangunan menggunakan alat pengukur suhu (*termo-hygrometer*)
4. Pengukuran kondisi kecepatan angin dalam dan luar bangunan menggunakan alat pengukur kecepatan angin (*anemometer*)

3.4.2 Observasi Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder ini dapat bersumber dari literatur maupun studi kepustakaan. Studi kepustakaan yang dimaksud didapat dari buku, jurnal dan standar acuan yang berhubungan dengan kinerja termal lingkungan pada bangunan

3.5 Waktu Penelitian

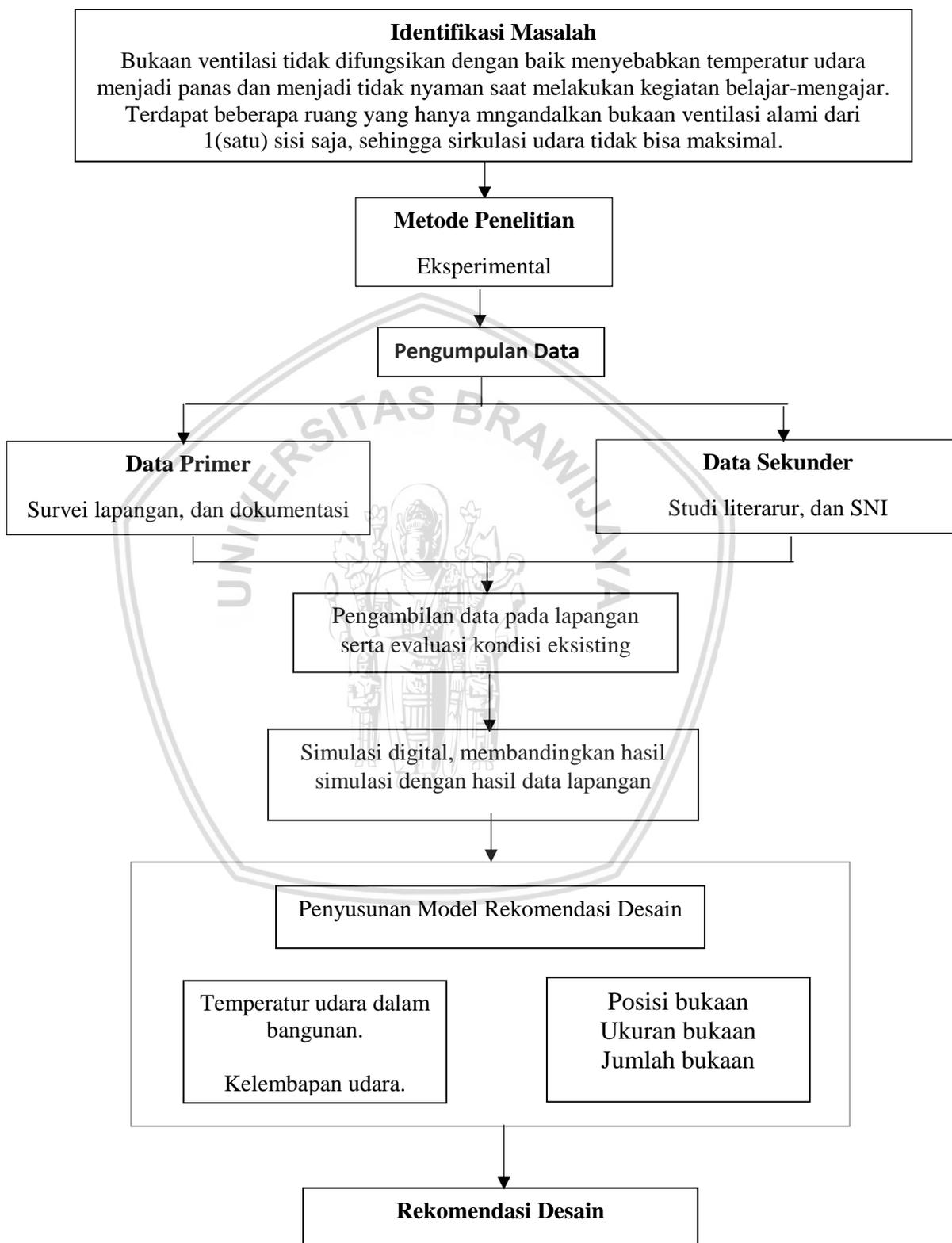
Penelitian ini dilakukan pada 13-14 Juli 2018 dengan cuaca cerah. Waktu pengukuran penelitian ini dilakukan pada pagi, siang, dan sore yakni jam 09.00-selesai (pagi), 12.00-selesai (siang), 15.00-selesai (sore).

3.6 Instrumen Penelitian

Dalam membantu pengambilan data dan analisis data, diperlukan alat-alat yang mendukung sebagai berikut:

1. Kamera
Kamera digunakan untuk alat dokumentasi secara visual kondisi bangunan eksisting hingga bukaan ruang kelas dan asrama Pondok Pesantren Darul Hikam.
2. Software Ecotect Analysis 2011
Sebagai alat simulasi data
3. Software Sketchup
Sebagai alat modeling untuk simulasi
4. Meteran
Sebagai alat pengukur Panjang, lebar, ketinggian dan luas bangunan
5. Termometer Digital
Sebagai alat pengukur kondisi suhu dan kelembapan dalam bangunan maupun luar bangunan
6. Anemometer
Sebagai alat pengukur kecepatan angin dalam bangunan maupun luar bangunan
7. Buku Catatan
Untuk mencatat hasil dari pengukuran tiap ruang dan tiap waktu penelitian

3.7 Kerangka Metode Penelitian





(Halaman Ini Sengaja Dikосongkan)

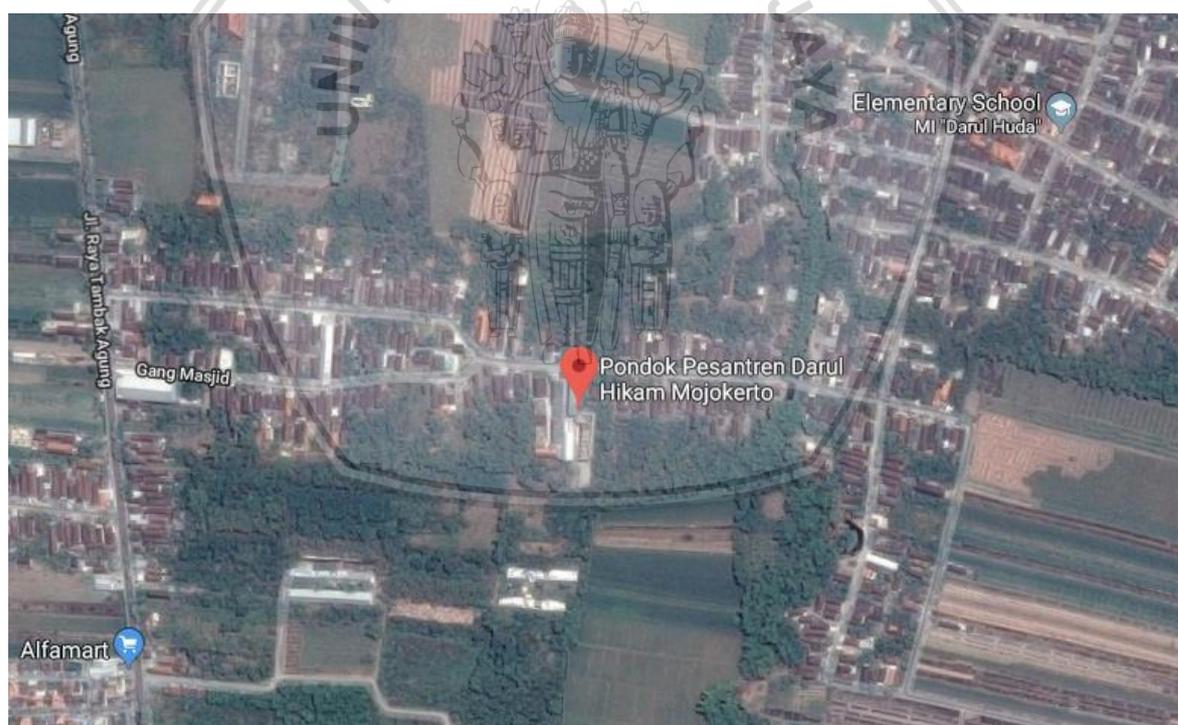


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah ruang kelas pada Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto. Lokasi dari objek ini berada di Dusun Tambaksuruh Desa Tambakagung, Kecamatan Puri Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Batas-batas bangunan Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto antara lain sebagai berikut, sebelah Utara berbatasan dengan rumah warga dengan ketinggian ± 4 meter, sebelah Selatan berbatasan dengan lahan kosong, sebelah Barat berbatasan dengan toko sembako, sebelah Timur berbatasan dengan rumah pengelola pondok dengan ketinggian 3 lantai.



Gambar 4.1 Lokasi Pondok

Berikut bangunan eksisting sekitar Pondok Pesantren Darul Hikam :



Gambar 4.2 Batas Bangunan Pondok



Gambar 4.3 Tampak Depan Bangunan

1



Gambar 4.4 Batas Timur Bangunan

2



Gambar 4.5 Batas Utara Bangunan

4



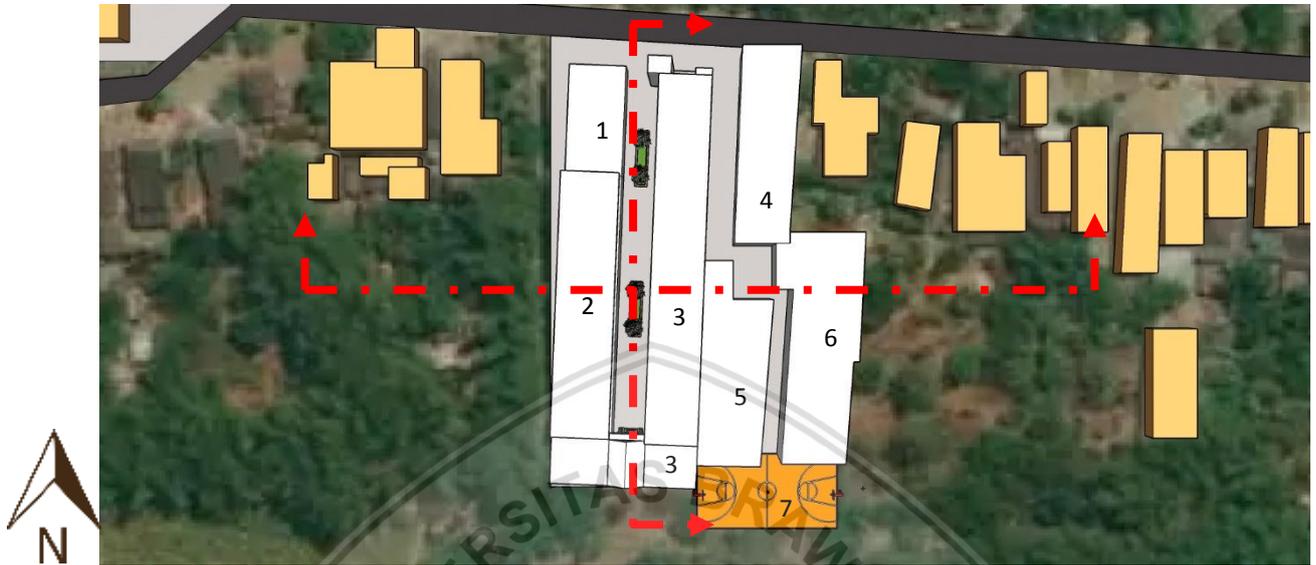
Gambar 4.6 Batas Selatan Bangunan



Gambar 4.7 Batas Barat Bangunan

Pondok Pesantren Darul Hikam yang terletak di Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa timur. Pondok pesantren Darul hikam merupakan salah satu pondok yang terkena imbas meningkatnya jumlah pendaftar santri sehingga ruang-ruang pondok harus dapat memberikan kenyamanan kepada para santri dan ustadznya. Namun bangunan Pondok Pesantren sendiri kurang memadai dalam hal kenyamanan termal. Penghawaan pada ruang kelas dan asrama menggunakan penghawaan alami, sehingga dibutuhkan bukaan yang baik agar bisa mengalirkan udara dan angin dengan baik. Ruang kelas digunakan untuk kegiatan belajar-mengajar selama ± 9 jam dan asrama digunakan untuk kegiatan santri selama 24 jam. Jendela sebagai jalur perputaran udara pada ruang kelas dan asrama mempengaruhi konsentrasi santri dalam kegiatan belajar-mengajar dapat stabil. Objek memiliki 3 lantai pada bangunan namun kondisi bukaan pada ruang kelas kurang dimanfaatkan dengan maksimal karena tertutup oleh bangunan di sebelahnya, sehingga sirkulasi udara dan angin tidak bisa berjalan dengan baik. Serta banyaknya santri di Pondok Pesantren Darul Hikam menyebabkan kelas dan asrama harus menampung banyak santri pada satu ruangan.

4.1.1 Siteplan Pondok Pesantren



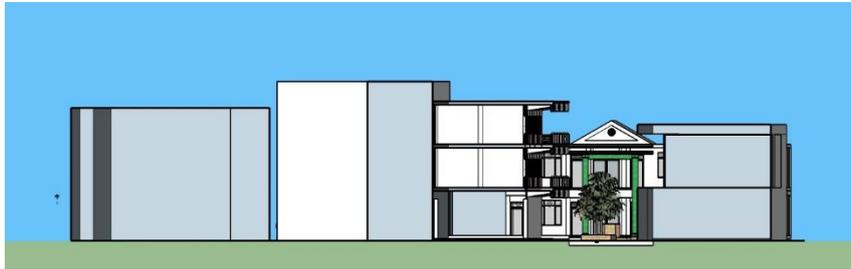
Gambar 4.8 Siteplan Bangunan

KETERANGAN	
1. Kantor Asrama	6. Asrama Putri
2. Asrama Putra	7. Lapangan Olahraga
3. Kelas	
4. Kediaman Pengasuh	

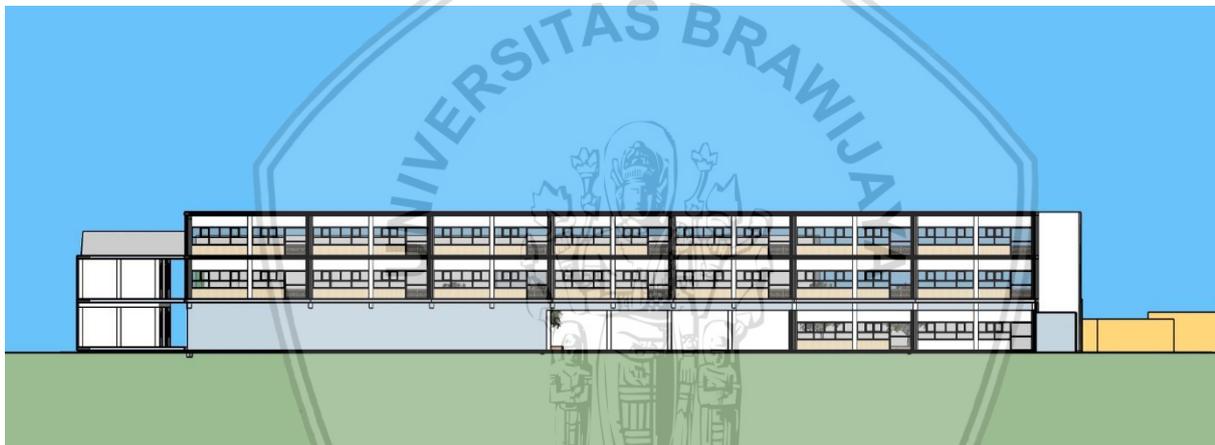
Pondok Pesantren Darul Hikam menghadap ke utara sehingga sehingga pada saat matahari terbit dan terbenam beberapa massa bangunan langsung terkena sinar matahari, massa pada bangunan memiliki 2-3 lantai dan bangunan disekitar pondok pesantren memiliki 1-2 lantai. Fokus penelitian ini merupakan kelas dan asrama putra.

Pondok Pesantren Darul Hikam menghadap ke utara sehingga sehingga pada saat matahari terbit dan terbenam beberapa massa bangunan langsung terkena sinar matahari, massa pada bangunan memiliki 2-3 lantai dan bangunan disekitar pondok pesantren memiliki 1-2 lantai.





Gambar 4.9 Potongan Tapak A-A'



Gambar 4.10 Potongan Tapak B-B'

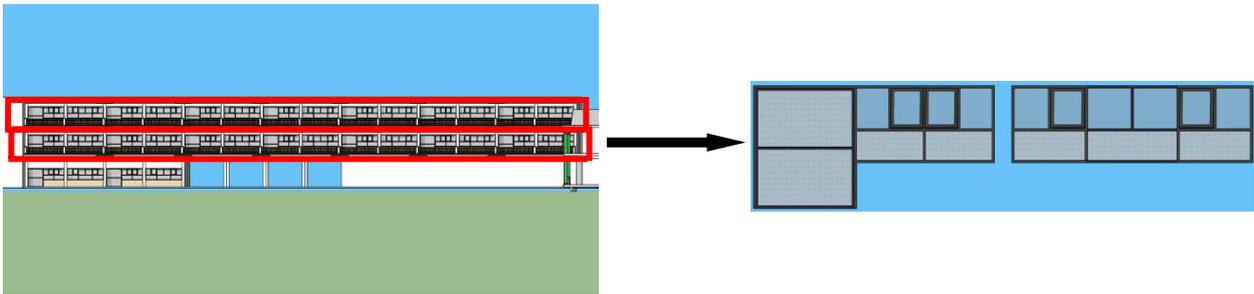


Gambar 4.11 Fokus Objek Penelitian

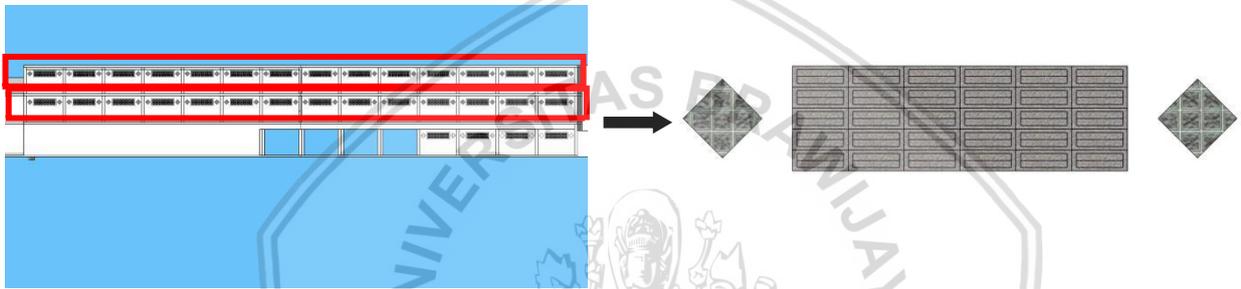
Fokus penelitian ini merupakan kelas dan asrama putra. Setiap lantai terdiri dari 7 kelas dan pengukuran dilakukan pada 3 kelas setiap lantai, lantai 2 merupakan jenjang SMP dan lantai 3 merupakan jenjang SMA, untuk asrama pengukuran dilakukan di 4 ruangan asrama putra.

4.1.2 Eksisting Bukaan dan Ruang Luar

Bangunan untuk kelas Pondok Pesantren Darul Hikam menggunakan sistem penghawaan alami untuk sistem penghawaan, namun dikarenakan bukaan dan ventilasi kurang maksimal sehingga di setiap ruangan dibantu dengan kipas angin untuk penghawaan. Dengan kecepatan yang cukup besar sangat disayangkan setiap kelas memiliki kipas angin untuk membantu penghawaan ruang kelas.



Gambar 4.12 Pintu dan Jendela Kelas

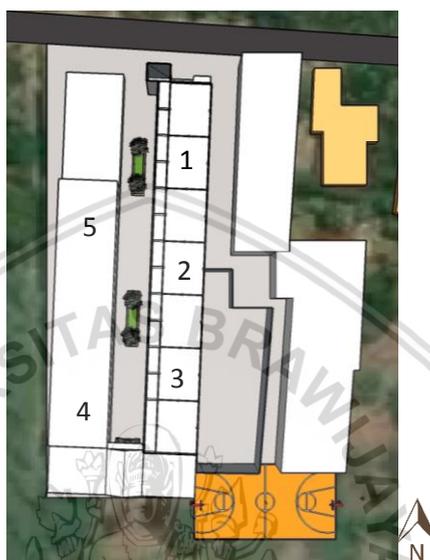


Gambar 4.13 Ventilasi Kelas

Tipe bukaan pada ruang kelas menggunakan ventilasi silang, yaitu angin yang masuk melalui sisi kanan dan keluar melalui sisi kiri, kombinasi jendela *awning* dan *fixed window* tidak memaksimalkan masuk dan keluarnya angin dikarenakan modul jendela yang tidak semuanya bisa dibuka sehingga angin tidak bisa masuk ke dalam ruang kelas, masing-masing kelas menggunakan jenis jendela yang tipikal.

4.2 Analisis Perbandingan Hasil Pengukuran Lapangan dan Simulasi digital Kondisi Eksisting Objek Penelitian

4.2.1 Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Dalam Pada R. Kelas SMP dan SMA

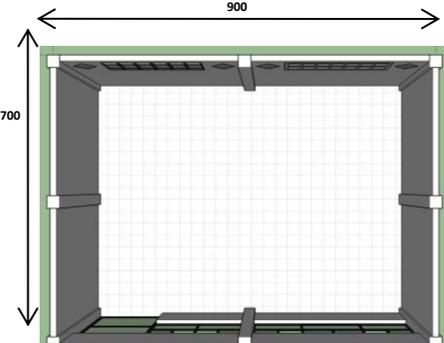
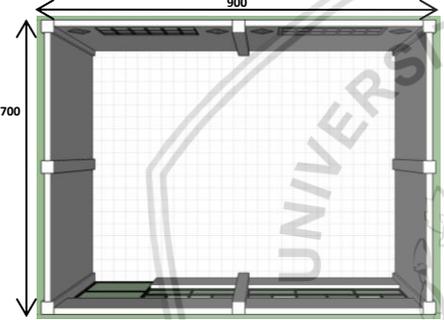
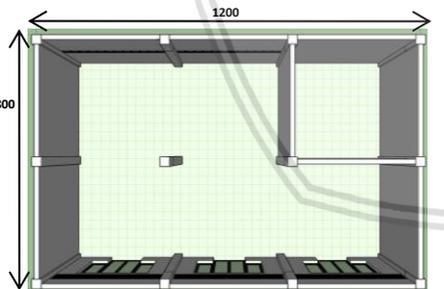
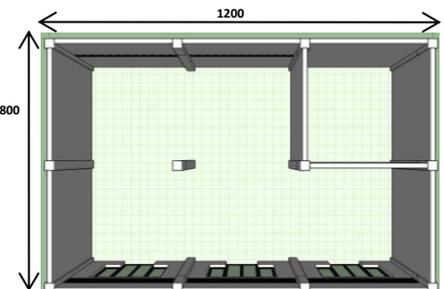


Gambar 4.14 Fokus Penelitian SMP

1. Hasil Pengukuran Temperatur ruang dalam pada R. Kelas SMP (13 Juli 2018)

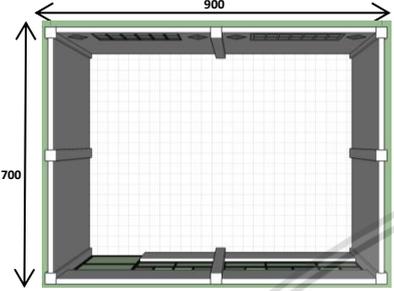
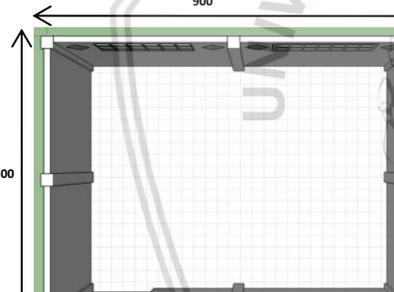
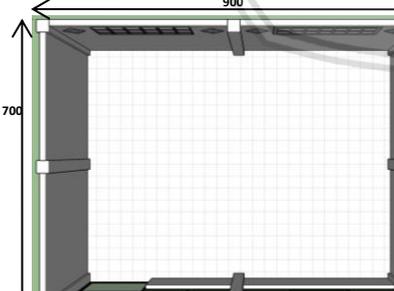
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Dalam Lapangan SMP 13 Juli

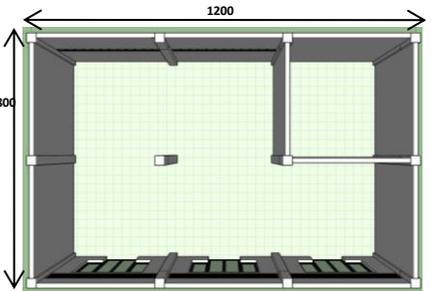
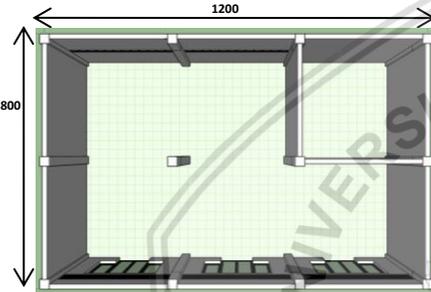
No	Luas Ruangan	Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Dalam			
		Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin R. Dalam R. Luar
1	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	30,0	60,0	0,5 2,5
		12.00	33,0	50,0	0,2 1,8
		15.00	32,0	53,0	0,2 0,9

2	<p>Luas Ruang $9\text{m} \times 7\text{m} = 63\text{ m}^2$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Waktu</th> <th rowspan="2">Suhu (°C)</th> <th rowspan="2">Kelembapan</th> <th colspan="2">Angin</th> </tr> <tr> <th>R. Dalam</th> <th>R. Luar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09.00</td> <td>30,0</td> <td>60,0</td> <td>0,3</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> <td>32,0</td> <td>51,0</td> <td>0,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>15.00</td> <td>31,0</td> <td>50,0</td> <td>0,2</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin		R. Dalam	R. Luar	09.00	30,0	60,0	0,3	2,5	12.00	32,0	51,0	0,3	1,8	15.00	31,0	50,0	0,2	0,9
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan				Angin																		
			R. Dalam	R. Luar																				
09.00	30,0	60,0	0,3	2,5																				
12.00	32,0	51,0	0,3	1,8																				
15.00	31,0	50,0	0,2	0,9																				
3	<p>Luas Ruang $9\text{m} \times 7\text{m} = 63\text{ m}^2$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Waktu</th> <th rowspan="2">Suhu (°C)</th> <th rowspan="2">Kelembapan</th> <th colspan="2">Angin</th> </tr> <tr> <th>R. Dalam</th> <th>R. Luar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09.00</td> <td>30,8</td> <td>63,0</td> <td>0,1</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> <td>33,5</td> <td>47,0</td> <td>0,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>15.00</td> <td>34,0</td> <td>46,0</td> <td>0,1</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin		R. Dalam	R. Luar	09.00	30,8	63,0	0,1	2,5	12.00	33,5	47,0	0,3	1,8	15.00	34,0	46,0	0,1	0,9
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan				Angin																		
			R. Dalam	R. Luar																				
09.00	30,8	63,0	0,1	2,5																				
12.00	33,5	47,0	0,3	1,8																				
15.00	34,0	46,0	0,1	0,9																				
4	<p>Luas Ruang $12\text{m} \times 8\text{m} = 96\text{ m}^2$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Waktu</th> <th rowspan="2">Suhu (°C)</th> <th rowspan="2">Kelembapan</th> <th colspan="2">Angin</th> </tr> <tr> <th>R. Dalam</th> <th>R. Luar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09.00</td> <td>29,0</td> <td>60,0</td> <td>0,3</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> <td>31,0</td> <td>40,0</td> <td>0,6</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>15.00</td> <td>32,0</td> <td>52,0</td> <td>0,3</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin		R. Dalam	R. Luar	09.00	29,0	60,0	0,3	2,5	12.00	31,0	40,0	0,6	1,8	15.00	32,0	52,0	0,3	0,9
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan				Angin																		
			R. Dalam	R. Luar																				
09.00	29,0	60,0	0,3	2,5																				
12.00	31,0	40,0	0,6	1,8																				
15.00	32,0	52,0	0,3	0,9																				
5	<p>Luas Ruang $12\text{m} \times 8\text{m} = 96\text{ m}^2$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Waktu</th> <th rowspan="2">Suhu (°C)</th> <th rowspan="2">Kelembapan</th> <th colspan="2">Angin</th> </tr> <tr> <th>R. Dalam</th> <th>R. Luar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09.00</td> <td>30,0</td> <td>60,0</td> <td>0,2</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> <td>31,0</td> <td>40,0</td> <td>0,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>15.00</td> <td>32,0</td> <td>47,0</td> <td>0,4</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin		R. Dalam	R. Luar	09.00	30,0	60,0	0,2	2,5	12.00	31,0	40,0	0,3	1,8	15.00	32,0	47,0	0,4	0,9
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan				Angin																		
			R. Dalam	R. Luar																				
09.00	30,0	60,0	0,2	2,5																				
12.00	31,0	40,0	0,3	1,8																				
15.00	32,0	47,0	0,4	0,9																				

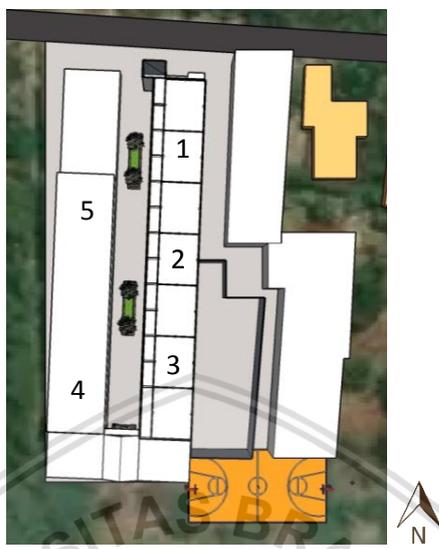
2. Hasil Pengukuran Temperatur ruang dalam pada R. Kelas SMP (14 Juli 2018)

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Dalam Lapangan R. Kelas SMP

No	Luas Ruangan	Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Dalam				
		Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin	
					R. Dalam	R. Luar
1	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	29,6	60,0	0,3	1,8
		12.00	33,0	50,0	0,2	1,5
		15.00	33,0	48,0	0,3	1,2
2	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	29,6	60,0	0,3	1,8
		12.00	32,0	53,0	0,2	1,5
		15.00	31,0	50,0	0,3	1,2
3	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	30,8	61,0	0,1	1,8
		12.00	33,0	55,0	0,1	1,5
		15.00	33,0	50,0	0,2	1,2

4	Luas Ruang 12m x 8m = 96 m ² 	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin	
					R. Dalam	R. Luar
		09.00	29,0	61,0	0,3	1,8
		12.00	31,0	40,0	0,5	1,5
		15.00	31,0	40,0	0,4	1,2
5	Luas Ruang 12m x 8m = 96 m ² 	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin	
					R. Dalam	R. Luar
		09.00	29,6	60,0	0,3	1,8
		12.00	32,0	40,0	0,4	1,5
		15.00	32,5	48,0	0,2	1,2

Pengukuran dilakukan pada tanggal 13-14 juli 2018, pengukuran menggunakan alat *termometer* dan *Anemometer*. Titik pengukuran hanya ada 1 yaitu di tengah ruangan, dalam sehari pengukuran dilakukan 3 kali yaitu pukul 08.45-selesai, 12.32-selesai, dan pukul 15.30-selesai dengan cuaca cerah, ruang kelas SMP berada di Lantai 2 bangunan dengan luas ruangan 63 m², sementara untuk asrama putra memiliki luas 96 m². Dari hasil pengukuran diatas, diketahui bahwa suhu dalam ruang kelas melebihi dari standar yang telah ditentukan SNI.

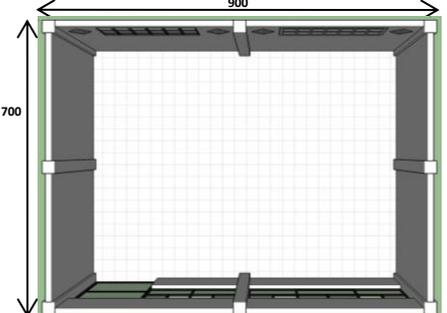
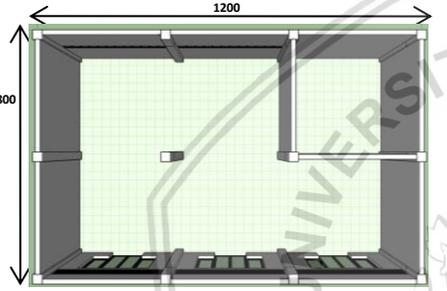
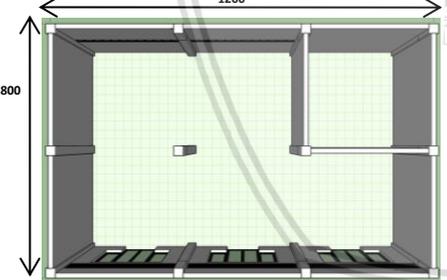


Gambar 4.15 Fokus Penelitian SMA

3. Hasil Temperatur ruang dalam pada R. Kelas SMA (13 Juli 2018)

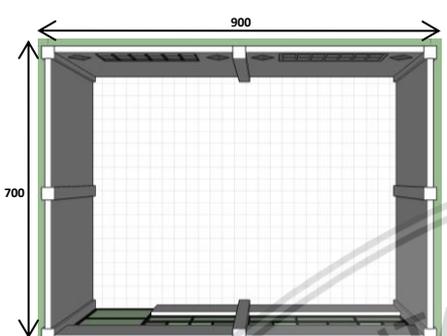
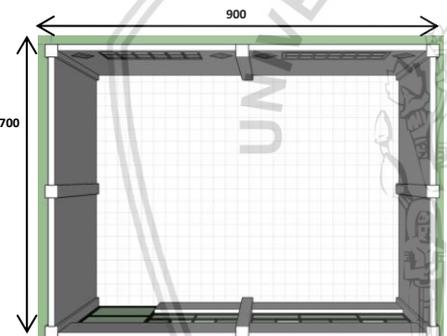
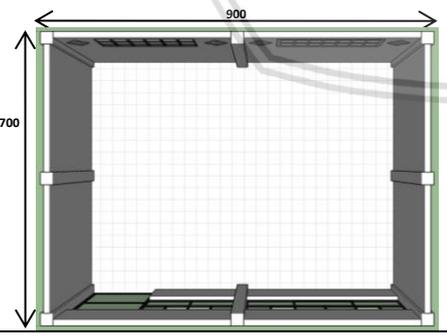
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Dalam Lapangan R. Kelas SMA 13 Juli

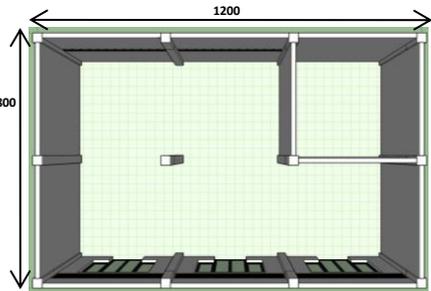
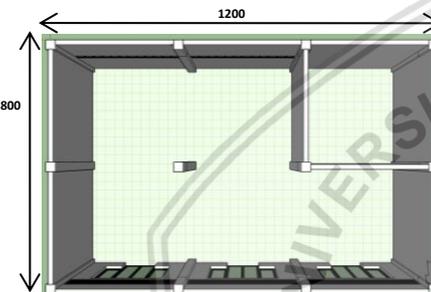
No	Luas Ruangan	Hasil Pengukuran				
		Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin	
					R. Dalam	R. Luar
1	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	33,0	58,0	0,5	2,5
		12.00	33,0	50,0	0,2	1,8
		15.00	32,0	53,0	0,2	1,0
2	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	33,0	58,0	0,5	2,5
		12.00	32,0	51,0	0,3	1,8
		15.00	31,5	49,0	0,3	1,0

3	<p>Luas Ruang $9\text{m} \times 7\text{m} = 63\text{ m}^2$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Waktu</th> <th rowspan="2">Suhu (°C)</th> <th rowspan="2">Kelembapan</th> <th colspan="2">Angin</th> </tr> <tr> <th>R. Dalam</th> <th>R. Luar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09.00</td> <td>34,0</td> <td>55,0</td> <td>0,3</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> <td>33,5</td> <td>47,0</td> <td>0,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>15.00</td> <td>33,0</td> <td>50,0</td> <td>0,1</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin		R. Dalam	R. Luar	09.00	34,0	55,0	0,3	2,5	12.00	33,5	47,0	0,3	1,8	15.00	33,0	50,0	0,1	1,0
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan				Angin																		
			R. Dalam	R. Luar																				
09.00	34,0	55,0	0,3	2,5																				
12.00	33,5	47,0	0,3	1,8																				
15.00	33,0	50,0	0,1	1,0																				
4	<p>Luas Ruang $12\text{m} \times 8\text{m} = 96\text{ m}^2$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Waktu</th> <th rowspan="2">Suhu (°C)</th> <th rowspan="2">Kelembapan</th> <th colspan="2">Angin</th> </tr> <tr> <th>R. Dalam</th> <th>R. Luar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09.00</td> <td>30,0</td> <td>60,0</td> <td>0,3</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> <td>31,0</td> <td>40,0</td> <td>0,6</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>15.00</td> <td>32,0</td> <td>40,0</td> <td>0,4</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin		R. Dalam	R. Luar	09.00	30,0	60,0	0,3	2,5	12.00	31,0	40,0	0,6	1,8	15.00	32,0	40,0	0,4	1,0
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan				Angin																		
			R. Dalam	R. Luar																				
09.00	30,0	60,0	0,3	2,5																				
12.00	31,0	40,0	0,6	1,8																				
15.00	32,0	40,0	0,4	1,0																				
5	<p>Luas Ruang $12\text{m} \times 8\text{m} = 96\text{ m}^2$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Waktu</th> <th rowspan="2">Suhu (°C)</th> <th rowspan="2">Kelembapan</th> <th colspan="2">Angin</th> </tr> <tr> <th>R. Dalam</th> <th>R. Luar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09.00</td> <td>29,0</td> <td>60,0</td> <td>0,2</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> <td>31,0</td> <td>38,0</td> <td>0,2</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>15.00</td> <td>30,0</td> <td>44,0</td> <td>0,3</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin		R. Dalam	R. Luar	09.00	29,0	60,0	0,2	2,5	12.00	31,0	38,0	0,2	1,8	15.00	30,0	44,0	0,3	1,0
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan				Angin																		
			R. Dalam	R. Luar																				
09.00	29,0	60,0	0,2	2,5																				
12.00	31,0	38,0	0,2	1,8																				
15.00	30,0	44,0	0,3	1,0																				

4. Hasil Pengukuran Temperatur ruang dalam pada R. Kelas SMA (14 Juli 2018)

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Dalam Lapangan R. Kelas SMA 14 Juli

No	LUAS RUANGAN	HASIL PENGUKURAN				
		Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin	
					R. Dalam	R. Luar
1	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	30,0	53,0	0,3	2,0
		12.00	32,0	50,0	0,2	1,5
		15.00	31,0	50,0	0,3	0,9
2	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	30,0	50,0	0,2	2,0
		12.00	32,0	53,0	0,2	1,5
		15.00	31,0	50,0	0,3	0,9
3	Luas Ruangan 9m x 7m = 63 m ² 	09.00	32,0	50,0	0,1	2,0
		12.00	33,0	55,0	0,2	1,5
		15.00	33,0	48,0	0,1	0,9

4	Luas Ruang 12m x 8m =96 m ² 	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin	
					R. Dalam	R. Luar
		09.00	30,0	0,0	0,0	2,0
		12.00	31,0	0,0	0,0	1,5
15.00	31,0	0,0	0,0	0,9		
5	Luas Ruang 12m x 8m =96 m ² 	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan	Angin	
					R. Dalam	R. Luar
		09.00	29,0	58,0	0,3	2,0
		12.00	32,0	45,0	0,2	1,5
15.00	30,0	50,0	0,3	0,9		

Pengukuran dilakukan pada tanggal 13-14 juli 2018, pengukuran menggunakan alat *termometer* dan *Anemometer*. Titik pengukuran hanya ada 1 yaitu di tengah ruangan, dalam sehari pengukuran dilakukan 3 kali yaitu pukul 08.45-selesai, 12.32-selesai, dan pukul 15.30-selesai dengan cuaca cerah dan jendela dalam keadaan terbuka, ruang kelas SMP berada di Lantai 2 bangunan dengan luas ruangan 63 m², sementara untuk asrama putra memiliki luas 96 m², dari hasil pengukuran diatas dapat diketahui bahwa penghawaan ruang kelas dan asrama masih belum memenuhi standar SNI 03-6572-2001 yaitu 25 – 27⁰ C. Sementara hasil pengukuran memiliki suhu rata-rata 30⁰ C.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Simulasi Temperatur ruang Dalam Kelas dan Asrama

Ruang Pengukuran	Hasil (°C)		Studi Literatur		
	13 Juli	14 Juli	Sesuai	Tidak Sesuai	Keterangan
SMP					
R. Kelas SMP (1)	31.7	31.9		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
R. Kelas SMP (2)	31.0	30.9		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
R. Kelas SMP (3)	32.8	32.3		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
Asrama SMP (4)	30.7	30.3		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
Asrama SMP (5)	30.9	31.4		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
SMA					
R. Kelas SMA (1)	32.7	31.0		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
R. Kelas SMA (2)	32.2	31.0		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
R. Kelas SMA (3)	33.5	32.7		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
Asrama SMA (4)	31.0	30.7		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001
Asrama SMA (5)	30.0	30.3		√	Melebihi Standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001

4.2.2 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Ruang Kelas SMP dan SMA

Simulasi diperlukan guna mengetahui tingkat kenyamanan termal pada ruang kelas dan asrama dengan menggunakan software *Ecotect Analysis 2011*. Proses simulasi dimulai dengan membuat model dengan kondisi yang semirip mungkin dengan kondisi eksisting. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai/mendekati dengan hasil pengukuran lapangan agar data yang didapatkan bisa dikatakan *valid*. Simulasi diatur pada waktu yang sama sesuai dengan pengukuran lapangan yaitu tanggal 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 pada pagi (09.00), siang (12.00), dan sore (15.00).



1. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Kelas dan Asrama SMP

1. Ruang Kelas SMP (1)

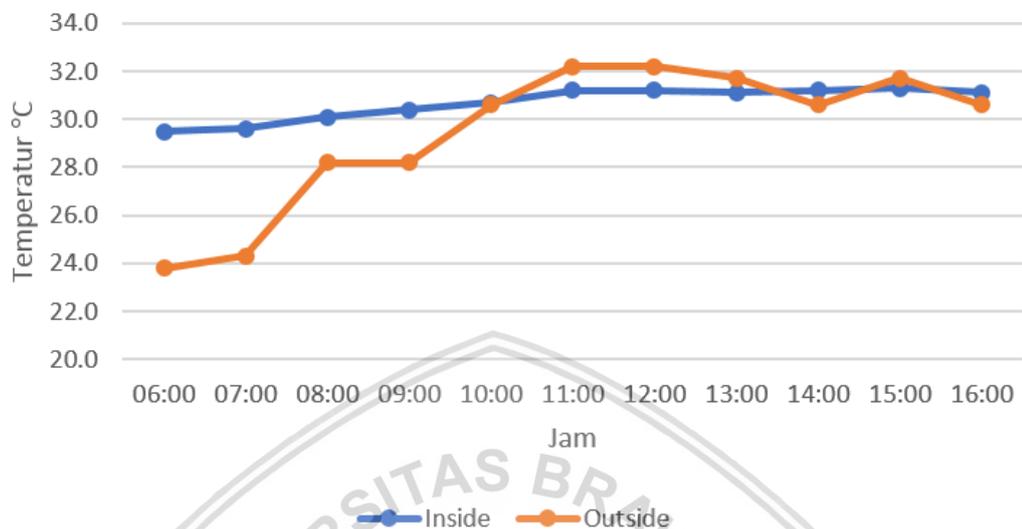
Tabel 4.5 Hasil Simulasi SMP (2)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	30.0	26.1	3.9
01.00	29.8	25.0	4.8
02.00	29.7	25.0	4.7
03.00	29.7	25.0	4.7
04.00	29.6	24.3	5.3
05.00	29.6	24.3	5.3
06.00	29.5	23.8	5.7
07.00	29.6	24.3	5.3
08.00	30.1	28.2	1.9
09.00	30.4	28.2	2.2
10.00	30.7	30.6	0.1
11.00	31.2	32.2	-1.0
12.00	31.2	32.2	-1.0
13.00	31.1	31.7	-0.6
14.00	31.2	30.6	0.6
15.00	31.3	31.7	-0.4
16.00	31.1	30.6	0.5
17.00	31.0	30.0	1.0
18.00	30.7	28.8	1.9
19.00	30.7	28.2	2.5
20.00	30.4	27.7	2.7
21.00	30.2	27.2	3.0
22.00	30.2	26.7	3.5
23.00	30.1	26.1	4.0

Gambar 4.6 Hasil Simulasi SMP (2)
14 Juli 2018

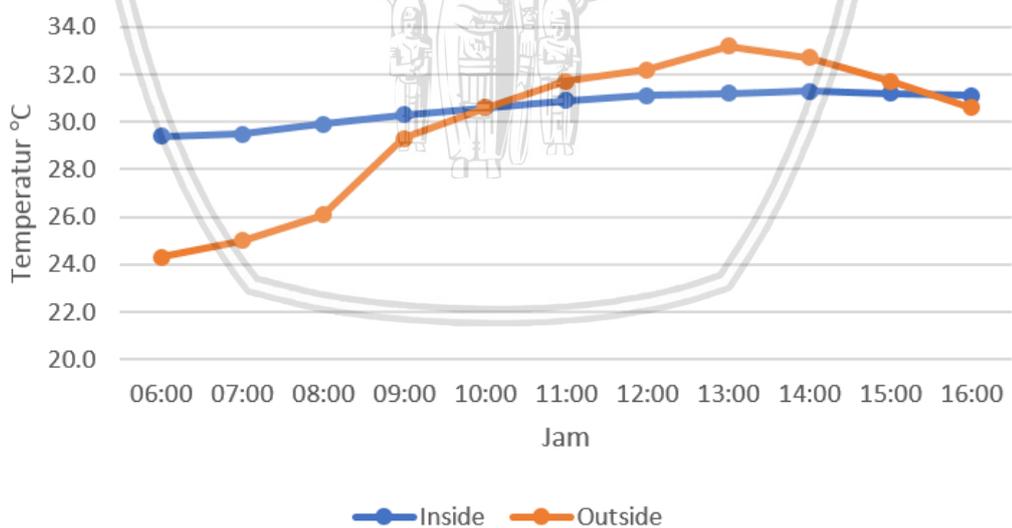
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.8	26.1	3.7
01.00	29.7	25.6	4.1
02.00	29.6	25.6	4.0
03.00	29.6	25.6	4.0
04.00	29.5	25.0	4.5
05.00	29.4	25.0	4.4
06.00	29.4	24.3	5.1
07.00	29.5	25.0	4.5
08.00	29.9	26.1	3.8
09.00	30.3	29.3	1.0
10.00	30.6	30.6	0.0
11.00	30.9	31.7	-0.8
12.00	31.1	32.2	-1.1
13.00	31.2	33.2	-2.0
14.00	31.3	32.7	-1.4
15.00	31.2	31.7	-0.5
16.00	31.1	30.6	0.5
17.00	30.9	30.0	0.9
18.00	30.5	28.8	1.7
19.00	30.5	28.2	2.3
20.00	30.4	27.7	2.7
21.00	30.2	27.2	3.0
22.00	30.1	26.7	3.4
23.00	29.9	25.6	4.3

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMP (1) 13 Juli



Gambar 4.16 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Ruang Kelas SMP (1) 13

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMP (1) 14 Juli



Gambar 4.17 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting ruang kelas SMP (1) 14

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dan dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 30 derajat celsius.

2. Ruang Kelas SMP (2)

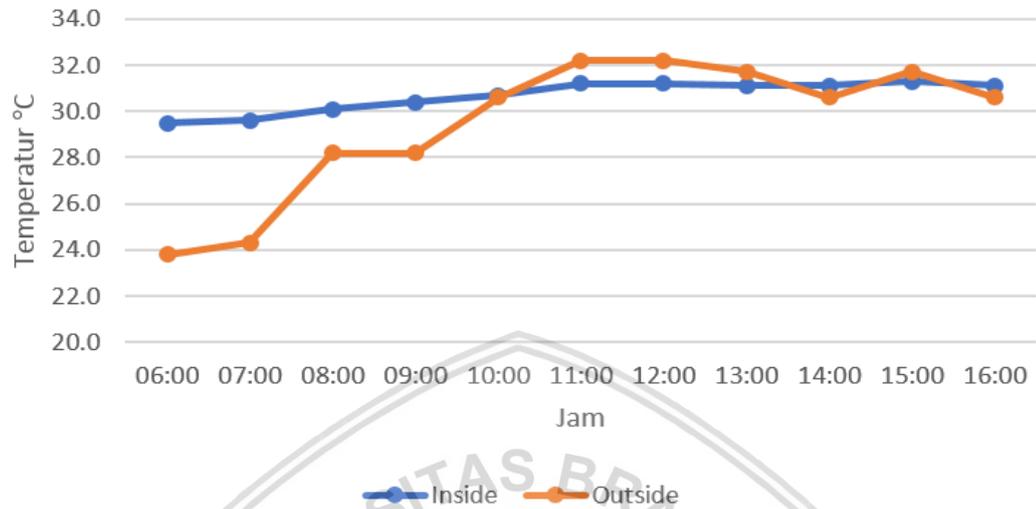
Tabel 4.7 Hasil Simulasi SMP (2)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	30.0	26.1	3.9
01.00	29.8	25.0	4.8
02.00	29.7	25.0	4.7
03.00	29.7	25.0	4.7
04.00	29.6	24.3	5.3
05.00	29.6	24.3	5.3
06.00	29.5	23.8	5.7
07.00	29.6	24.3	5.3
08.00	30.1	28.2	1.9
09.00	30.4	28.2	2.2
10.00	30.7	30.6	0.1
11.00	31.2	32.2	-1.0
12.00	31.2	32.2	-1.0
13.00	31.1	31.7	-0.6
14.00	31.1	30.6	0.5
15.00	31.3	31.7	-0.4
16.00	31.1	30.6	0.5
17.00	31.0	30.0	1.0
18.00	30.7	28.8	1.9
19.00	30.7	28.2	2.5
20.00	30.4	27.7	2.7
21.00	30.2	27.2	3.0
22.00	30.2	26.7	3.5
23.00	30.1	26.1	4.0

Gambar 4.8 Hasil Simulasi SMP (2)
14 Juli 2018

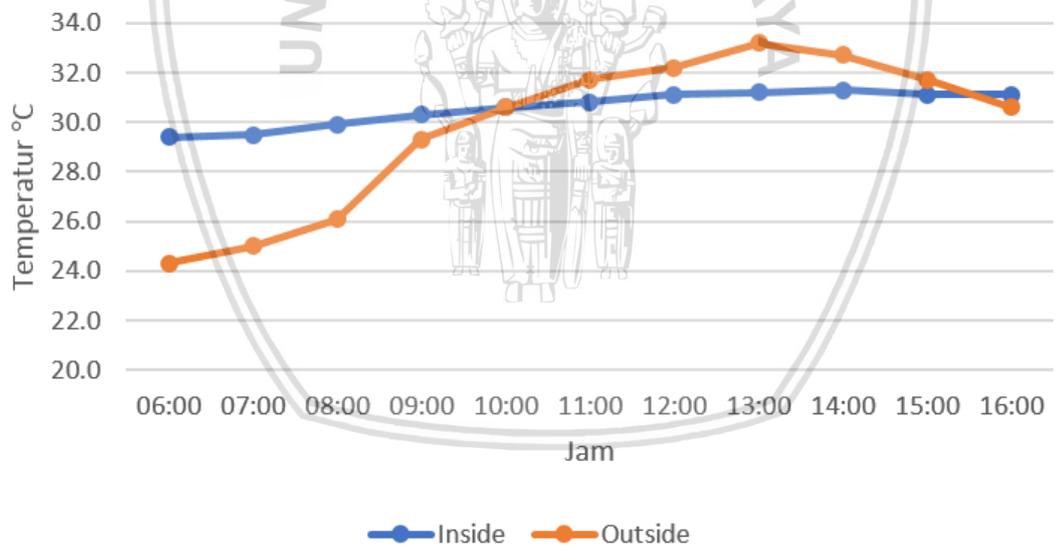
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.8	26.1	3.7
01.00	29.6	25.6	4.0
02.00	29.6	25.6	4.0
03.00	29.5	25.6	3.9
04.00	29.5	25.0	4.5
05.00	29.4	25.0	4.4
06.00	29.4	24.3	5.1
07.00	29.5	25.0	4.5
08.00	29.9	26.1	3.8
09.00	30.3	29.3	1.0
10.00	30.6	30.6	-0.0
11.00	30.8	31.7	-0.9
12.00	31.1	32.2	-1.1
13.00	31.2	33.2	-2.0
14.00	31.3	32.7	-1.4
15.00	31.1	31.7	-0.6
16.00	31.1	30.6	0.5
17.00	30.8	30.0	0.8
18.00	30.4	28.8	1.6
19.00	30.4	28.2	2.2
20.00	30.3	27.7	2.6
21.00	30.2	27.2	3.0
22.00	30.0	26.7	3.3
23.00	29.9	25.6	4.3

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMP (2) 13 Juli



Gambar 4.18 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting ruang kelas SMP (2) 13 Juli

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMP (2) 14 Juli



Gambar 4.19 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting ruang kelas SMP (2) 14

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dan dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 30 derajat celsius.

3. Ruang Kelas SMP (3)

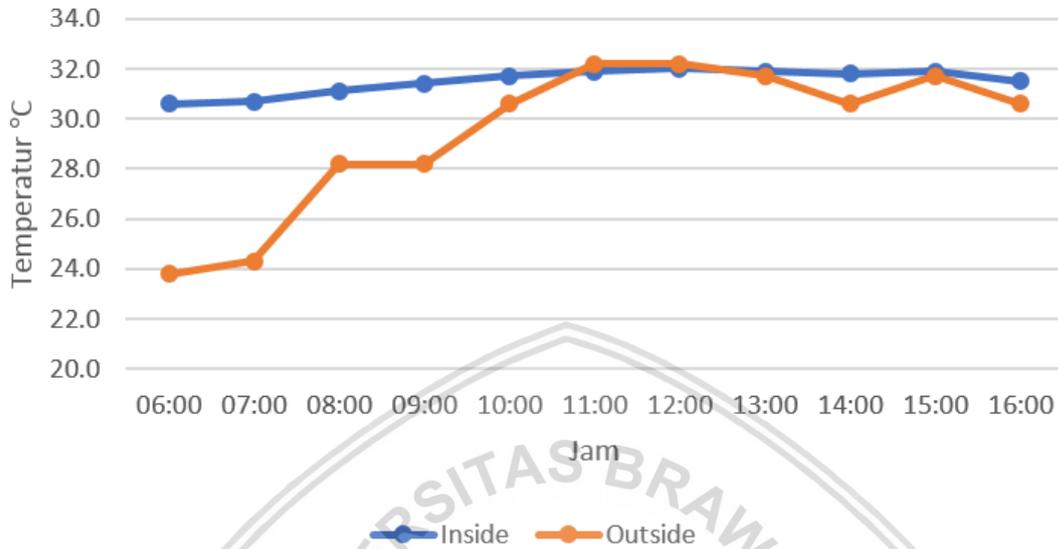
Tabel 4.9 Hasil Simulasi SMP (3)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	31.0	26.1	4.9
01.00	30.8	25.0	5.8
02.00	30.8	25.0	5.8
03.00	30.7	25.0	5.7
04.00	30.7	24.3	6.4
05.00	30.6	24.3	6.3
06.00	30.6	23.8	6.8
07.00	30.7	24.3	6.4
08.00	31.1	28.2	2.9
09.00	31.4	28.2	3.2
10.00	31.7	30.6	1.1
11.00	31.9	32.2	-0.3
12.00	32.0	32.2	-0.2
13.00	31.9	31.7	0.2
14.00	31.8	30.6	1.2
15.00	31.9	31.7	0.2
16.00	31.5	30.6	0.9
17.00	31.7	30.0	1.7
18.00	31.4	28.8	2.6
19.00	31.4	28.2	3.2
20.00	31.3	27.7	3.6
21.00	31.2	27.2	4.0
22.00	31.2	26.7	4.5
23.00	31.1	26.1	5.0

Tabel 4.10 Hasil Simulasi SMP (3)
14 Juli 2018

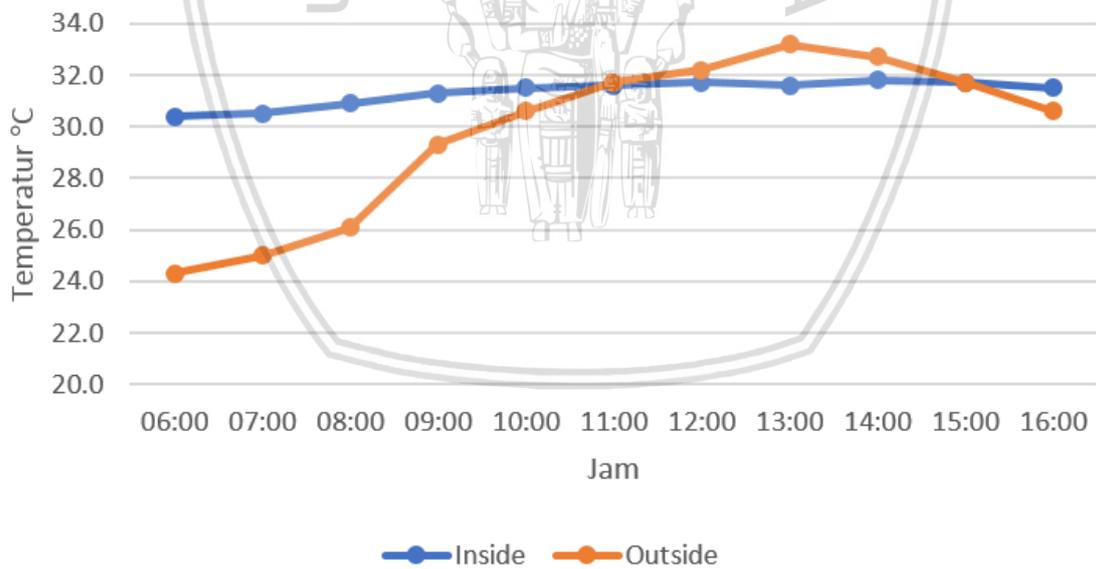
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	30.8	26.1	4.7
01.00	30.6	25.6	5.0
02.00	30.6	25.6	5.0
03.00	30.6	25.6	5.0
04.00	30.5	25.0	5.5
05.00	30.5	25.0	5.5
06.00	30.4	24.3	6.1
07.00	30.5	25.0	5.5
08.00	30.9	26.1	4.8
09.00	31.3	29.3	2.0
10.00	31.5	30.6	0.9
11.00	31.6	31.7	-0.1
12.00	31.7	32.2	-0.5
13.00	31.6	33.2	-1.6
14.00	31.8	32.7	-0.9
15.00	31.7	31.7	-0.0
16.00	31.5	30.6	0.9
17.00	31.4	30.0	1.4
18.00	31.2	28.8	2.4
19.00	31.2	28.2	3.0
20.00	31.2	27.7	3.5
21.00	31.1	27.2	3.9
22.00	31.0	26.7	4.3
23.00	30.8	25.6	5.2

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMP (3) 13 Juli



Gambar 4.20 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting ruang kelas SMP (3) 13

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMP (3) 14 Juli



Gambar 4.21 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting ruang kelas SMP (3) 14 Juli

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dan dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 31 derajat celsius.

4. Asrama (4)

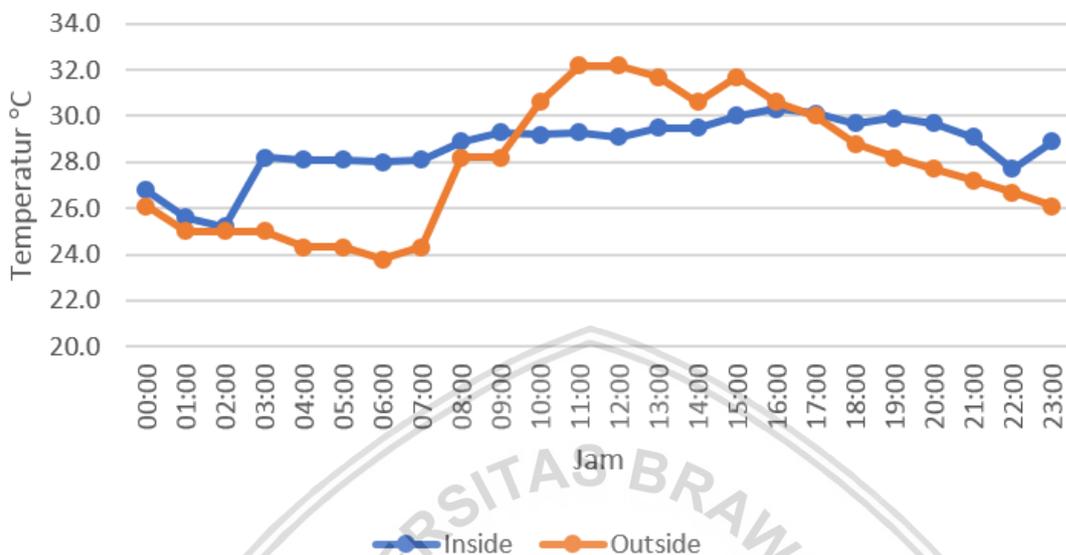
Tabel 4.11 Hasil Simulasi Asrama SMP (4)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	26.8	26.1	0.7
01.00	25.6	25.0	0.6
02.00	25.2	25.0	0.2
03.00	28.2	25.0	3.2
04.00	28.1	24.3	3.8
05.00	28.1	24.3	3.8
06.00	28.0	23.8	4.2
07.00	28.1	24.3	3.8
08.00	28.9	28.2	0.7
09.00	29.3	28.2	1.1
10.00	29.2	30.6	-1.4
11.00	29.3	32.2	-2.9
12.00	29.1	32.2	-3.1
13.00	29.5	31.7	-2.2
14.00	29.5	30.6	-1.1
15.00	30.0	31.7	-1.7
16.00	30.3	30.6	-0.3
17.00	30.1	30.0	0.1
18.00	29.7	28.8	0.9
19.00	29.9	28.2	1.7
20.00	29.7	27.7	2.0
21.00	29.1	27.2	1.9
22.00	27.7	26.7	1.0
23.00	28.9	26.1	2.8

Tabel 4.12 Hasil Simulasi Asrama SMP (4)
14 Juli 2018

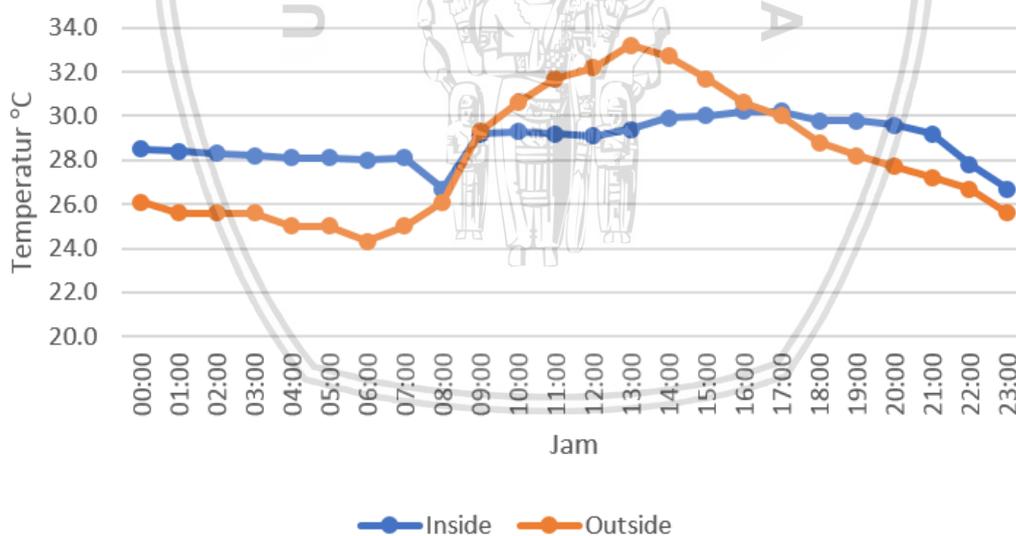
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	28.5	26.1	2.4
01.00	28.4	25.6	2.8
02.00	28.3	25.6	2.7
03.00	28.2	25.6	2.6
04.00	28.1	25.0	3.1
05.00	28.1	25.0	3.1
06.00	28.0	24.3	3.7
07.00	28.1	25.0	3.1
08.00	26.7	26.1	0.6
09.00	29.2	29.3	-0.1
10.00	29.3	30.6	-1.3
11.00	29.2	31.7	-2.5
12.00	29.1	32.2	-3.1
13.00	29.4	33.2	-3.8
14.00	29.9	32.7	-2.8
15.00	30.0	31.7	-1.7
16.00	30.2	30.6	-0.4
17.00	30.2	30.0	0.2
18.00	29.8	28.8	1.0
19.00	29.8	28.2	1.6
20.00	29.6	27.7	1.9
21.00	29.2	27.2	2.0
22.00	27.8	26.7	1.1
23.00	26.7	25.6	1.1

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada Asrama SMP (4) 13 Juli



Gambar 4.22 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMP (4) 13

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada Asrama SMP (4) 14 Juli



Gambar 4.23 Grafik Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMP (4) 14

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 20.5 derajat celsius.

5. Asrama (5)

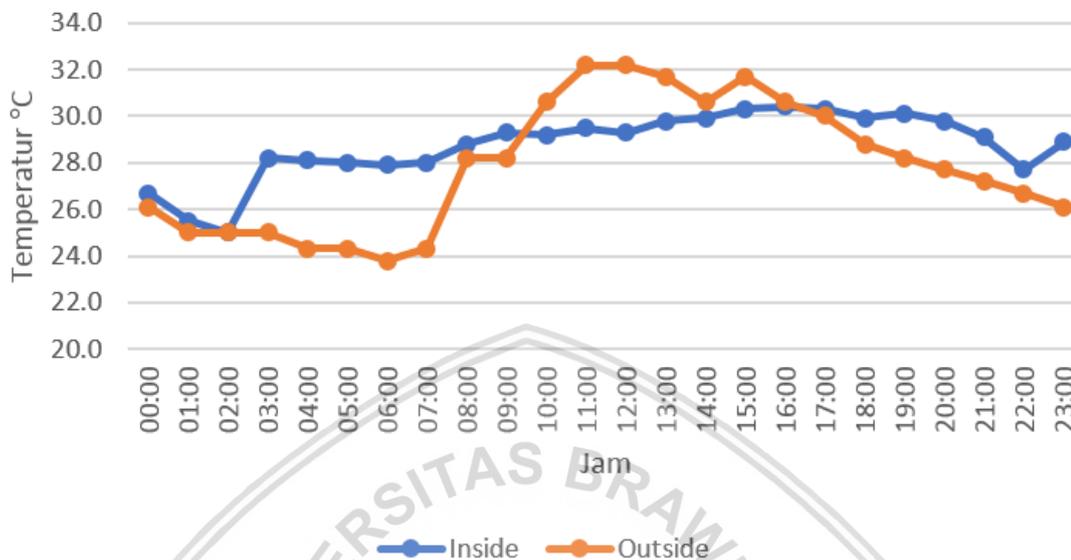
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Asrama SMP (5)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	26.7	26.1	0.6
01.00	25.5	25.0	0.5
02.00	25.0	25.0	0.0
03.00	28.2	25.0	3.2
04.00	28.1	24.3	3.8
05.00	28.0	24.3	3.7
06.00	27.9	23.8	4.1
07.00	28.0	24.3	3.7
08.00	28.8	28.2	0.6
09.00	29.3	28.2	1.1
10.00	29.2	30.6	-1.4
11.00	29.5	32.2	-2.7
12.00	29.3	32.2	-2.9
13.00	29.8	31.7	-1.9
14.00	29.9	30.6	-0.7
15.00	30.3	31.7	-1.4
16.00	30.4	30.6	-0.2
17.00	30.3	30.0	0.3
18.00	29.9	28.8	1.1
19.00	30.1	28.2	1.9
20.00	29.8	27.7	2.1
21.00	29.1	27.2	1.9
22.00	27.7	26.7	1.0
23.00	28.9	26.1	2.8

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Asrama SMP (5)
14 Juli 2018

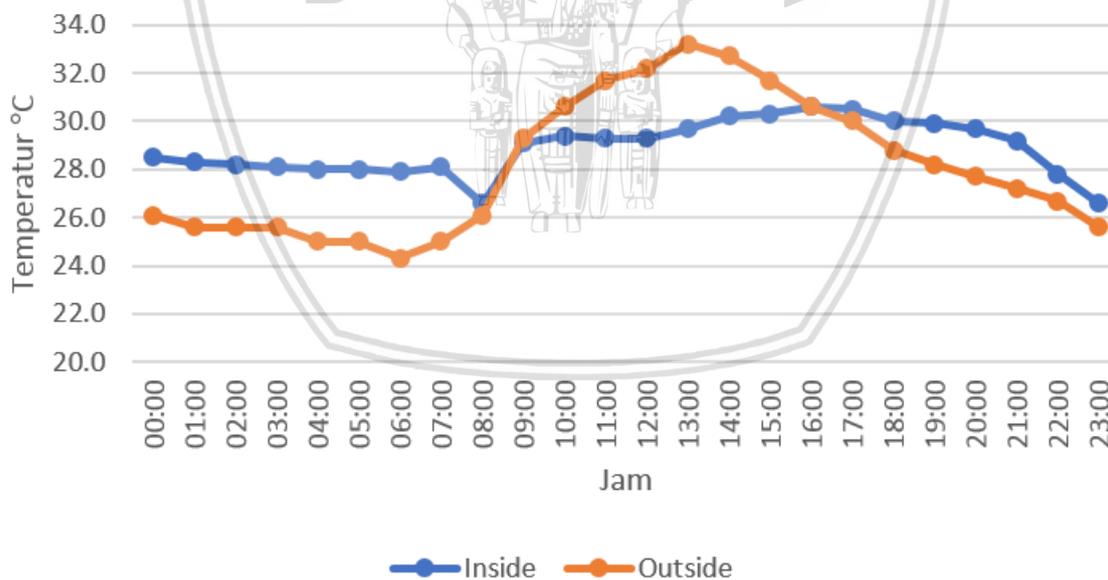
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	28.5	26.1	2.4
01.00	28.3	25.6	2.7
02.00	28.2	25.6	2.6
03.00	28.1	25.6	2.5
04.00	28.0	25.0	3.0
05.00	28.0	25.0	3.0
06.00	27.9	24.3	3.6
07.00	28.1	25.0	3.1
08.00	26.6	26.1	0.5
09.00	29.1	29.3	-0.2
10.00	29.4	30.6	-1.2
11.00	29.3	31.7	-2.4
12.00	29.3	32.2	-2.9
13.00	29.7	33.2	-3.5
14.00	30.2	32.7	-2.5
15.00	30.3	31.7	-1.4
16.00	30.6	30.6	-0.0
17.00	30.5	30.0	0.5
18.00	30.0	28.8	1.2
19.00	29.9	28.2	1.7
20.00	29.7	27.7	2.0
21.00	29.2	27.2	2.0
22.00	27.8	26.7	1.1
23.00	26.6	25.6	1.0

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada Asrama SMP (5) 13 Juli



Gambar 4.24 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMP (5) 13 Juli

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada Asrama SMP (5) 14 Juli



Gambar 4.25 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMP (5) 14

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 31.2 derajat celsius.

2. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Kelas dan Asrama SMA

1. Ruang Kelas SMA 1 (1)

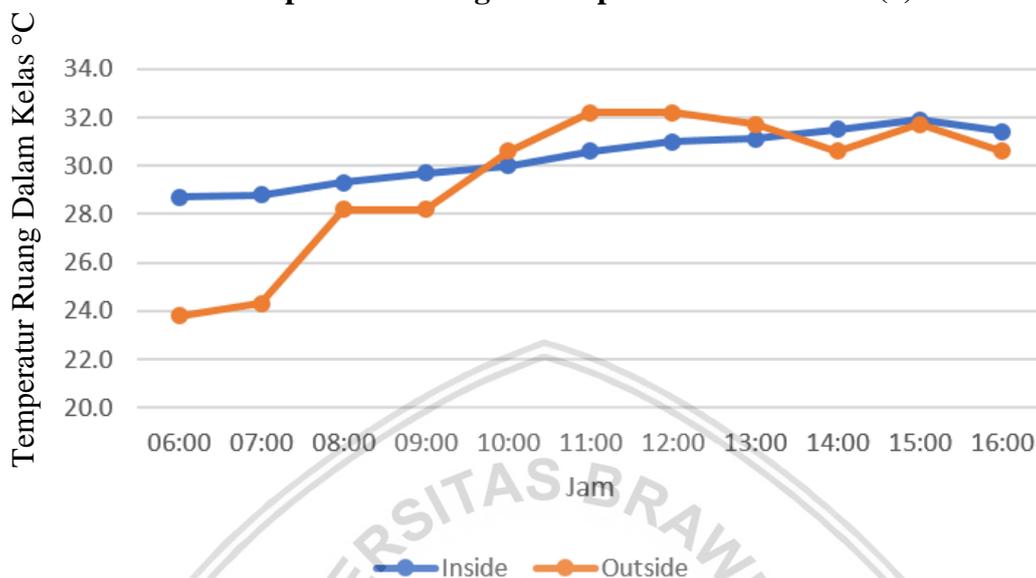
Tabel 4.15 Hasil Simulasi SMA (1)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.4	26.1	3.3
01.00	29.2	25.0	4.2
02.00	29.0	25.0	4.0
03.00	28.9	25.0	3.9
04.00	28.8	24.3	4.5
05.00	28.7	24.3	4.4
06.00	28.7	23.8	4.9
07.00	28.8	24.3	4.5
08.00	29.3	28.2	1.1
09.00	29.7	28.2	1.5
10.00	30.0	30.6	-0.6
11.00	30.6	32.2	-1.6
12.00	31.0	32.2	-1.2
13.00	31.1	31.7	-0.6
14.00	31.5	30.6	0.9
15.00	31.9	31.7	0.2
16.00	31.4	30.6	0.8
17.00	31.0	30.0	1.0
18.00	30.5	28.8	1.7
19.00	30.6	28.2	2.4
20.00	30.2	27.7	2.5
21.00	29.8	27.2	2.6
22.00	29.6	26.7	2.9
23.00	29.4	26.1	3.3

Tabel 4.16 Hasil Simulasi SMA (1)
14 Juli 2018

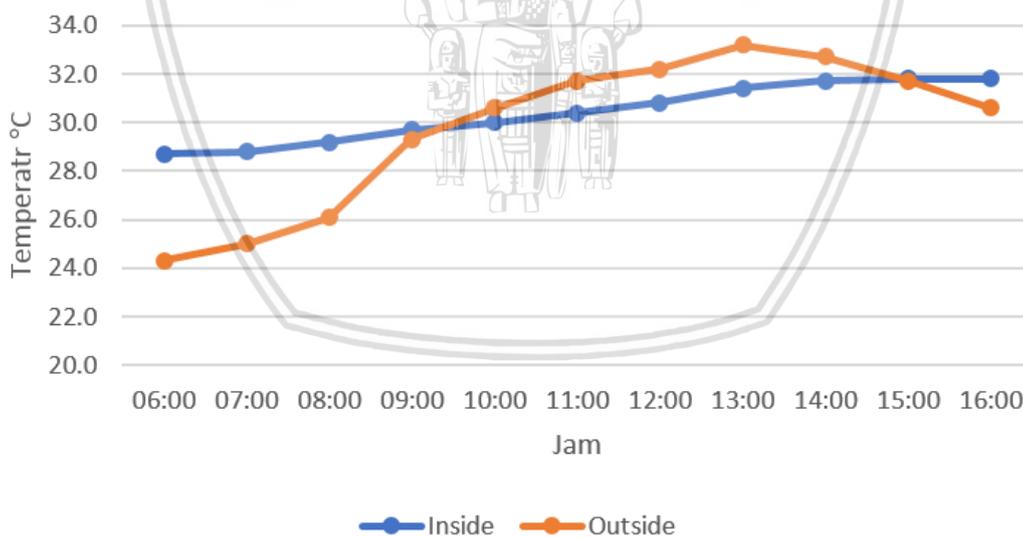
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.2	26.1	3.1
01.00	29.0	25.6	3.4
02.00	28.9	25.6	3.3
03.00	28.9	25.6	3.3
04.00	28.8	25.0	3.8
05.00	28.7	25.0	3.7
06.00	28.7	24.3	4.4
07.00	28.8	25.0	3.8
08.00	29.2	26.1	3.1
09.00	29.7	29.3	0.4
10.00	30.0	30.6	-0.6
11.00	30.4	31.7	-1.3
12.00	30.8	32.2	-1.4
13.00	31.4	33.2	-1.8
14.00	31.7	32.7	-1.0
15.00	31.8	31.7	0.1
16.00	31.8	30.6	1.2
17.00	31.6	30.0	1.6
18.00	30.7	28.8	1.9
19.00	30.4	28.2	2.2
20.00	30.0	27.7	2.3
21.00	29.7	27.2	2.5
22.00	29.5	26.7	2.8
23.00	29.3	25.6	3.7

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (1) 13 Juli



Gambar 4.26 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 13

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (1) 14 Juli



Gambar 4.27 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Ruang Kelas SMA (1) 14 Juli

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 31.8 derajat celsius.

2. Ruang Kelas SMA (2)

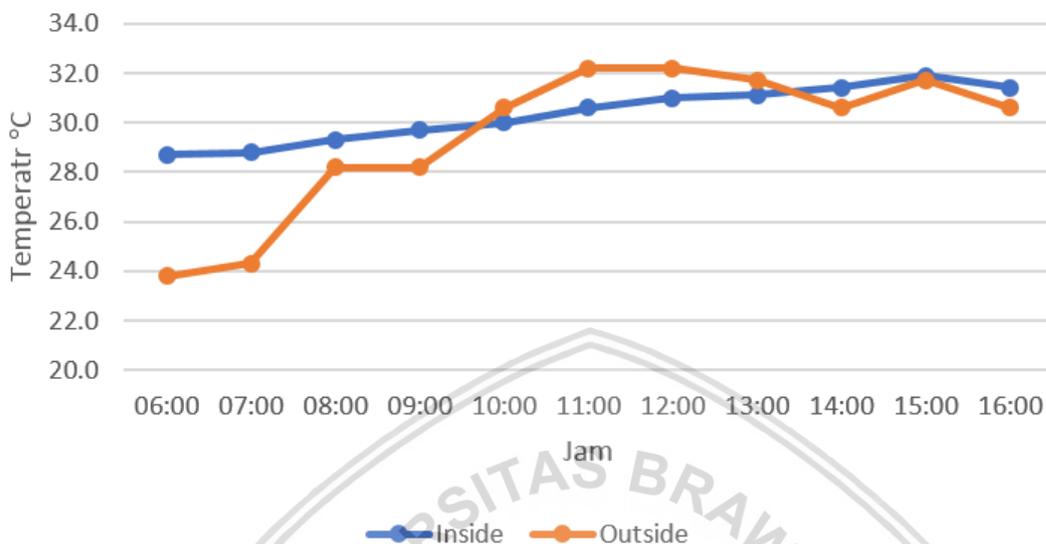
Tabel 4.17 Hasil Simulasi SMA (2)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.4	26.1	3.3
01.00	29.2	25.0	4.2
02.00	29.0	25.0	4.0
03.00	28.9	25.0	3.9
04.00	28.8	24.3	4.5
05.00	28.7	24.3	4.4
06.00	28.7	23.8	4.9
07.00	28.8	24.3	4.5
08.00	29.3	28.2	1.1
09.00	29.7	28.2	1.5
10.00	30.0	30.6	-0.6
11.00	30.6	32.2	-1.6
12.00	31.0	32.2	-1.2
13.00	31.1	31.7	-0.6
14.00	31.4	30.6	0.8
15.00	31.9	31.7	0.2
16.00	31.4	30.6	0.8
17.00	31.0	30.0	1.0
18.00	30.4	28.8	1.6
19.00	30.6	28.2	2.4
20.00	30.2	27.7	2.5
21.00	29.8	27.2	2.6
22.00	29.6	26.7	2.9
23.00	29.4	26.1	3.3

Tabel 4.18 Hasil Simulasi SMA (2)
14 Juli 2018

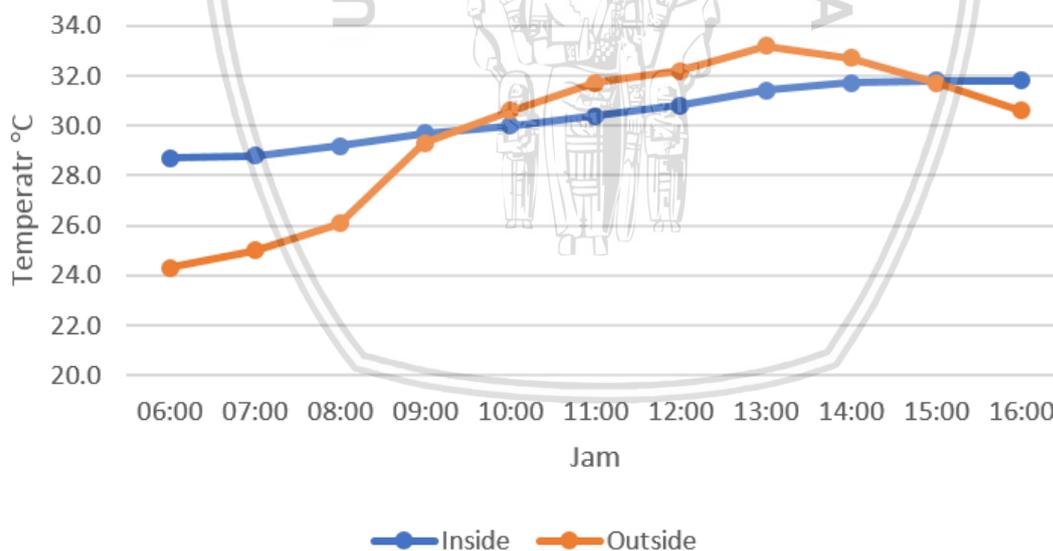
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.2	26.1	3.1
01.00	29.0	25.6	3.4
02.00	28.9	25.6	3.3
03.00	28.9	25.6	3.3
04.00	28.8	25.0	3.8
05.00	28.7	25.0	3.7
06.00	28.7	24.3	4.4
07.00	28.8	25.0	3.8
08.00	29.2	26.1	3.1
09.00	29.7	29.3	0.4
10.00	30.0	30.6	-0.6
11.00	30.4	31.7	-1.3
12.00	30.8	32.2	-1.4
13.00	31.4	33.2	-1.8
14.00	31.7	32.7	-1.0
15.00	31.8	31.7	0.1
16.00	31.8	30.6	1.2
17.00	31.5	30.0	1.5
18.00	30.7	28.8	1.9
19.00	30.4	28.2	2.2
20.00	30.0	27.7	2.3
21.00	29.7	27.2	2.5
22.00	29.5	26.7	2.8
23.00	29.3	25.6	3.7

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (2) 13 Juli



Gambar 4.28 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Ruang Kelas SMA (2) 13 Juli

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (2) 14 Juli



Gambar 4.29 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Ruang Kelas SMA (2) 14

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 31.1 derajat celcius.

3. Ruang Kelas SMA (3)

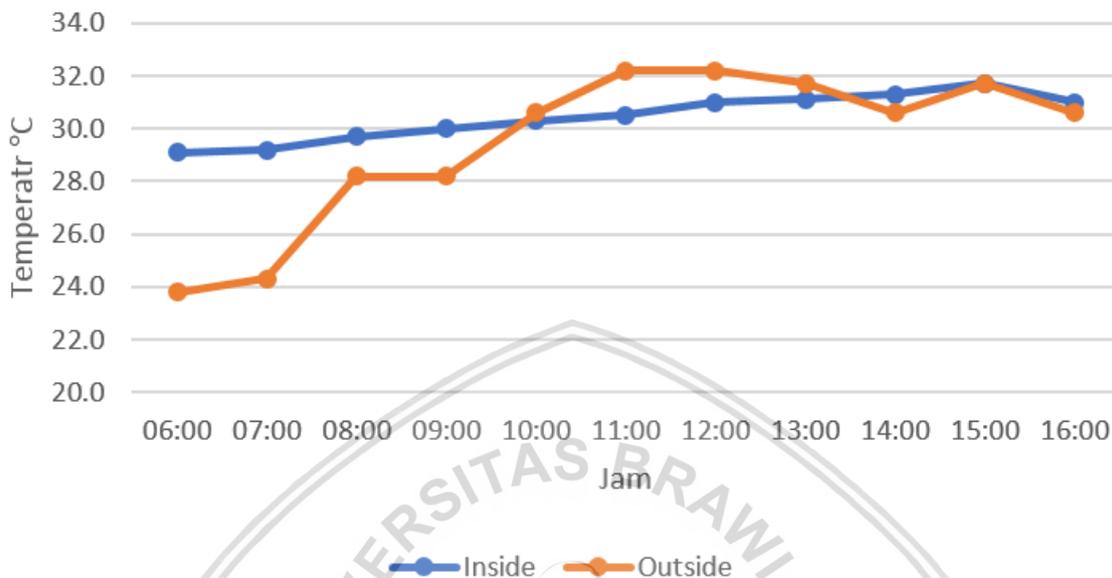
Tabel 4.19 Hasil Simulasi SMA (3)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.7	26.1	3.6
01.00	29.5	25.0	4.5
02.00	29.4	25.0	4.4
03.00	29.3	25.0	4.3
04.00	29.2	24.3	4.9
05.00	29.1	24.3	4.8
06.00	29.1	23.8	5.3
07.00	29.2	24.3	4.9
08.00	29.7	28.2	1.5
09.00	30.0	28.2	1.8
10.00	30.3	30.6	-0.3
11.00	30.5	32.2	-1.7
12.00	31.0	32.2	-1.2
13.00	31.1	31.7	-0.6
14.00	31.3	30.6	0.7
15.00	31.7	31.7	0.0
16.00	31.0	30.6	0.4
17.00	31.0	30.0	1.0
18.00	30.5	28.8	1.7
19.00	30.6	28.2	2.4
20.00	30.3	27.7	2.6
21.00	30.0	27.2	2.8
22.00	29.9	26.7	3.2
23.00	29.8	26.1	3.7

Tabel 4.20 Hasil Simulasi SMA (3)
14 Juli 2018

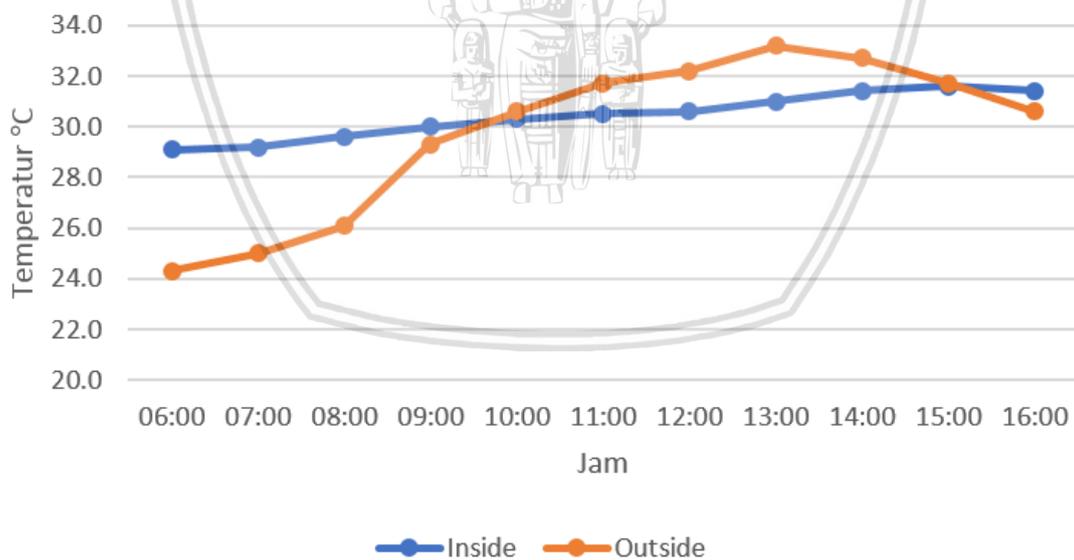
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	29.5	26.1	3.4
01.00	29.4	25.6	3.8
02.00	29.3	25.6	3.7
03.00	29.2	25.6	3.6
04.00	29.2	25.0	4.2
05.00	29.1	25.0	4.1
06.00	29.1	24.3	4.8
07.00	29.2	25.0	4.2
08.00	29.6	26.1	3.5
09.00	30.0	29.3	0.7
10.00	30.3	30.6	-0.3
11.00	30.5	31.7	-1.2
12.00	30.6	32.2	-1.6
13.00	31.0	33.2	-2.2
14.00	31.4	32.7	-1.3
15.00	31.6	31.7	-0.1
16.00	31.4	30.6	0.8
17.00	31.4	30.0	1.4
18.00	30.8	28.8	2.0
19.00	30.5	28.2	2.3
20.00	30.3	27.7	2.6
21.00	30.0	27.2	2.8
22.00	29.8	26.7	3.1
23.00	29.6	25.6	4.0

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (3) 13 Juli



Gambar 4.30 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Ruang Kelas SMA (3) 13

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (3) 14 Juli



Gambar 4.31 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Ruang Kelas SMA (3) 14 Juli

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 33.1 derajat celsius.

4. Asrama (4)

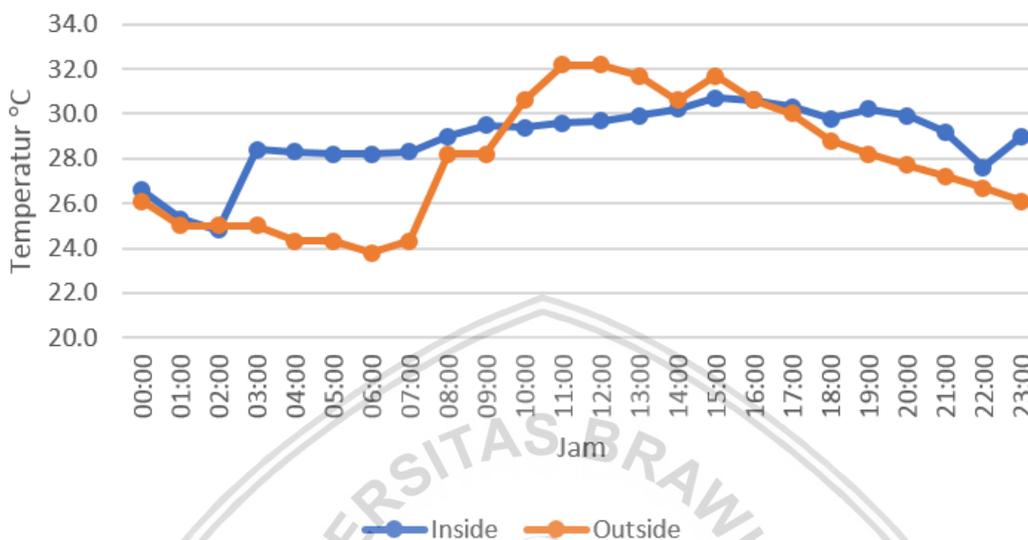
Tabel 4.21 Hasil Simulasi Asrama SMA (4)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	26.6	26.1	0.5
01.00	25.3	25.0	0.3
02.00	24.8	25.0	-0.2
03.00	28.4	25.0	3.4
04.00	28.3	24.3	4.0
05.00	28.2	24.3	3.9
06.00	28.2	23.8	4.4
07.00	28.3	24.3	4.0
08.00	29.0	28.2	0.8
09.00	29.5	28.2	1.3
10.00	29.4	30.6	-1.2
11.00	29.6	32.2	-2.6
12.00	29.7	32.2	-2.5
13.00	29.9	31.7	-1.8
14.00	30.2	30.6	-0.4
15.00	30.7	31.7	-1.0
16.00	30.6	30.6	0.0
17.00	30.3	30.0	0.3
18.00	29.8	28.8	1.0
19.00	30.2	28.2	2.0
20.00	29.9	27.7	2.2
21.00	29.2	27.2	2.0
22.00	27.6	26.7	0.9
23.00	29.0	26.1	2.9

Tabel 4.22 Hasil Simulasi Asrama SMA (4)
14 Juli 2018

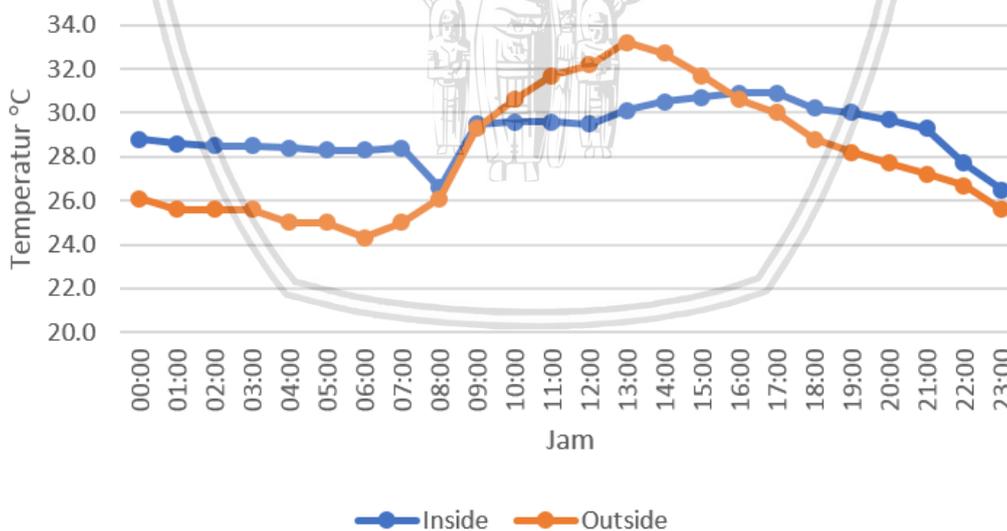
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	28.8	26.1	2.7
01.00	28.6	25.6	3.0
02.00	28.5	25.6	2.9
03.00	28.5	25.6	2.9
04.00	28.4	25.0	3.4
05.00	28.3	25.0	3.3
06.00	28.3	24.3	4.0
07.00	28.4	25.0	3.4
08.00	26.6	26.1	0.5
09.00	29.5	29.3	0.2
10.00	29.6	30.6	-1.0
11.00	29.6	31.7	-2.1
12.00	29.5	32.2	-2.7
13.00	30.1	33.2	-3.1
14.00	30.5	32.7	-2.2
15.00	30.7	31.7	-1.0
16.00	30.9	30.6	0.3
17.00	30.9	30.0	0.9
18.00	30.2	28.8	1.4
19.00	30.0	28.2	1.8
20.00	29.7	27.7	2.0
21.00	29.3	27.2	2.1
22.00	27.7	26.7	1.0
23.00	26.5	25.6	0.9

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada Asrama SMA (4) 13 Juli



Gambar 4.32 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMA (4) 13 Juli

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada Asrama SMA (4) 14 Juli



Gambar 4.33 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMA (4) 14 Juli

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 30.8 derajat celcius.

5. Asrama (5)

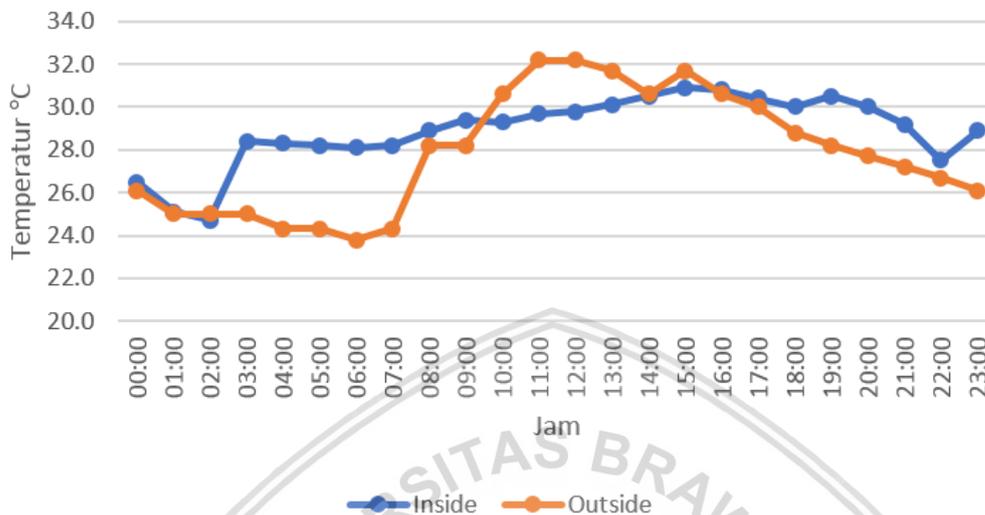
Tabel 4.23 Hasil Simulasi Asrama SMA (5)
13 Juli 2018

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	26.5	26.1	0.4
01.00	25.1	25.0	0.1
02.00	24.7	25.0	-0.3
03.00	28.4	25.0	3.4
04.00	28.3	24.3	4.0
05.00	28.2	24.3	3.9
06.00	28.1	23.8	4.3
07.00	28.2	24.3	3.9
08.00	28.9	28.2	0.7
09.00	29.4	28.2	1.2
10.00	29.3	30.6	-1.3
11.00	29.7	32.2	-2.5
12.00	29.8	32.2	-2.4
13.00	30.1	31.7	-1.6
14.00	30.5	30.6	-0.1
15.00	30.9	31.7	-0.8
16.00	30.8	30.6	0.2
17.00	30.4	30.0	0.4
18.00	30.0	28.8	1.2
19.00	30.5	28.2	2.3
20.00	30.0	27.7	2.3
21.00	29.2	27.2	2.0
22.00	27.5	26.7	0.8
23.00	28.9	26.1	2.8

Tabel 4.24 Hasil Simulasi Asrama SMA (5)
14 Juli 2018

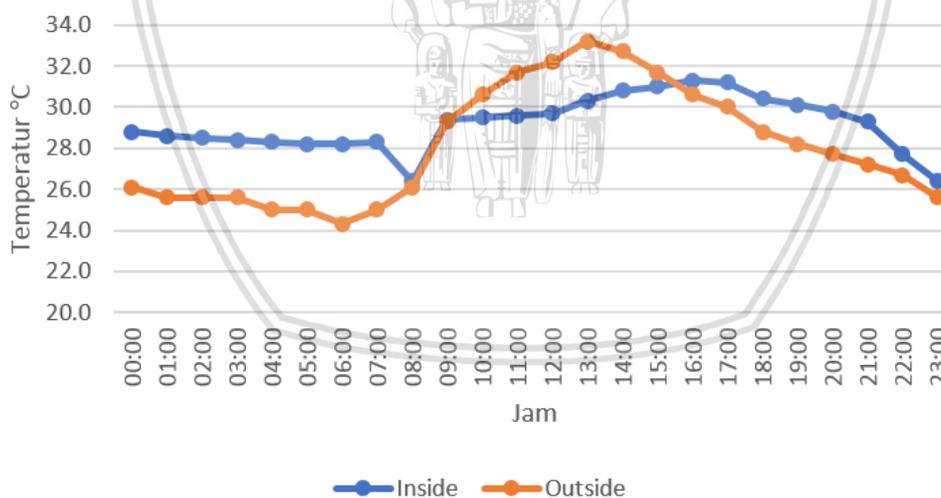
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
00.00	28.8	26.1	2.7
01.00	28.6	25.6	3.0
02.00	28.5	25.6	2.9
03.00	28.4	25.6	2.8
04.00	28.3	25.0	3.3
05.00	28.2	25.0	3.2
06.00	28.2	24.3	3.9
07.00	28.3	25.0	3.3
08.00	26.4	26.1	0.3
09.00	29.4	29.3	0.1
10.00	29.5	30.6	-1.1
11.00	29.6	31.7	-2.1
12.00	29.7	32.2	-2.5
13.00	30.3	33.2	-2.9
14.00	30.8	32.7	-1.9
15.00	31.0	31.7	-0.7
16.00	31.3	30.6	0.7
17.00	31.2	30.0	1.2
18.00	30.4	28.8	1.6
19.00	30.1	28.2	1.9
20.00	29.8	27.7	2.1
21.00	29.3	27.2	2.1
22.00	27.7	26.7	1.0
23.00	26.4	25.6	0.8

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (5) 13 Juli



Gambar 4.34 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMA (5) 13 Juli

Simulasi Temperatur Ruang Dalam pada R. Kelas SMA (5) 14 Juli



Gambar 4.35 Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Eksisting Asrama SMA (5) 14 Juli

Simulasi dilakukan dengan pengaturan waktu 13 dan 14 Juli 2018 dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Hasil simulasi didapat dengan suhu rata-rata ruangan 30.2 derajat celsius.

4.2.3 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting

Validasi hasil simulasi ini dilakukan dengan menghitung prosentase perbedaan/selisih dari suhu hasil pengukuran lapangan dengan suhu hasil simulasi. Batas selisih prosentase yang digunakan yakni 10% (Nugroho, 2011). Validasi ini dilakukan dengan memasukan data pengukuran suhu selama waktu pengukuran lapangan dan disesuaikan dengan tanggal serta waktu pengukuran lapangan dan disesuaikan dengan tanggal serta waktu pengukuran. Berikut merupakan validasi

1. Ruang Kelas dan Asrama SMP

➤ Ruang Kelas SMP 1

Tabel 4.25 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting

Tanggal	Waktu	Temperatur Udara Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	30.0	30.4	1.3%
13-Jul-18	12.00	33.0	31.2	5.5%
13-Jul-18	15.00	32.0	31.3	2.2%

Tanggal	Waktu	Temperatur Udara Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	29.6	29.9	1.0%
14-Jul-18	12.00	32.0	30.4	5.0%
14-Jul-18	15.00	32.0	30.6	4.4%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada ruang kelas SMP (1) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 0,0 – 5,0%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting ruang kelas SMP (1) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

➤ Ruang Kelas SMP 2

Tabel 4.26 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting

Tanggal	Waktu	Temperatur Udara Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	30.0	31.4	4.7%
13-Jul-18	12.00	32.0	31.2	2.5%

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	15.00	31.0	31.3	1.0%
14-Jul-18	09.00	29.6	29.6	0.0%
14-Jul-18	12.00	32.0	31.1	2.8%
14-Jul-18	15.00	31.0	31.1	0.3%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada ruang kelas SMP (2) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 0,0 – 2,8%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting ruang kelas SMP (2) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

➤ Ruang Kelas SMP 3

Tabel 4.27 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMP (3)

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	32.0	31.4	1.9%
13-Jul-18	12.00	33.5	32.0	4.5%
13-Jul-18	15.00	34.0	31.9	6.2%
14-Jul-18	09.00	30.8	31.3	1.6%
14-Jul-18	12.00	33.0	31.7	3.9%
14-Jul-18	15.00	33.0	31.7	3.9%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada ruang kelas SMP (3) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 1,6 – 6,2%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting ruang kelas SMP (3) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

➤ Asrama 4

Tabel 4.28 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting

Tanggal	Waktu	Temperatur Udara Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	30.5	29.3	3.9%
13-Jul-18	12.00	32.0	29.1	9.1%
13-Jul-18	15.00	33.0	30.0	9.1%

Tanggal	Waktu	Temperatur Udara Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	30.0	29.2	2.7%
14-Jul-18	12.00	32.0	29.1	9.1%
14-Jul-18	15.00	32.0	30.0	6.3%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada asrama SMP (4) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 1,6 – 6,2%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting asrama SMP (4) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

➤ Asrama 5

Tabel 4.29 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting

Tanggal	Waktu	Temperatur Udara Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	32.0	29.1	9.1%
13-Jul-18	12.00	32.0	29.3	8.4%
13-Jul-18	15.00	31.0	30.3	2.3%

Tanggal	Waktu	Temperatur Udara Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	32.0	29.3	8.4%
14-Jul-18	12.00	32.0	29.3	8.4%
14-Jul-18	15.00	31.0	30.3	2.3%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada asrama SMP (5) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 2,3 – 9,1%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting asrama SMP (5) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

2. Ruang dan kelas SMA

1. Ruang Kelas SMA (1)

Tabel 4.30 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	33.0	33.0	0.0%
13-Jul-18	12.00	33.0	31.0	6.1%
13-Jul-18	15.00	32.0	31.9	0.3%

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	30.0	29.7	1.0%
14-Jul-18	12.00	32.0	30.8	3.8%
14-Jul-18	15.00	31.0	31.8	2.6%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada ruang kelas SMA (1) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 0 – 6,1%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting ruang kelas SMA (1) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

2. Ruang Kelas SMA (2)

Tabel 4.31 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Eksisting

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	33.0	33.0	0.0%
13-Jul-18	12.00	32.0	31.0	3.1%
13-Jul-18	15.00	31.5	31.9	1.3%

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	30.0	29.7	1.0%
14-Jul-18	12.00	32.0	30.8	3.8%
14-Jul-18	15.00	31.0	31.8	2.6%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada ruang kelas SMA (2) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 0 – 3,8%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting ruang kelas SMA (2) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

3. Ruang Kelas SMA (3)

Tabel 4.32 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi SMA (2)

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	34.0	34.0	0.0%
13-Jul-18	12.00	33.5	31.0	8.1%
13-Jul-18	15.00	33.0	31.7	4.1%

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	32.0	30.0	6.3%
14-Jul-18	12.00	33.0	30.6	7.3%
14-Jul-18	15.00	33.0	31.6	4.2%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada ruang kelas SMA (3) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 0 – 8,1%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting ruang kelas SMA (3) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

4. Asrama (4)

Tabel 4.33 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Asrama SMA (4)

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	30.0	30.0	0.0%
13-Jul-18	12.00	31.0	31.0	0.0%
13-Jul-18	15.00	32.0	32.0	0.0%

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	30.0	29.0	3.3%
14-Jul-18	12.00	31.0	31.0	0.0%
14-Jul-18	15.00	31.0	31.0	0.0%

Hasil validasi simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada asrama SMA (3) adalah valid. Rentang prosentase selisih yang ditunjukkan pada hasil simulasi adalah 0 – 8,1%. Hasil model simulasi yang dilakukan mengikuti kondisi suhu eksisting asrama SMA (3) pada 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 sudah valid untuk digunakan sebagai bahan analisis.

5. Asrama (5)

Tabel 4.34 Hasil Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Asrama SMA (5)

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
13-Jul-18	09.00	29.1	29.3	0.7%
13-Jul-18	12.00	30.0	29.1	3.0%
13-Jul-18	15.00	32.0	30.0	6.3%

Tanggal	Waktu	Temperatur Urada Ruang Dalam		Relative Error
		Peng. Lapangan	Sim. Digital	
14-Jul-18	09.00	30.0	29.3	2.3%
14-Jul-18	12.00	31.4	29.3	6.7%
14-Jul-18	15.00	31.0	30.3	2.3%

Hasil validasi simulasi terhadap suhu menunjukkan bahwa perbedaan dari hasil simulasi dan pengukuran langsung tidak lebih dari 20%. Hasil validasi tersebut dikatakan valid karena kurang dari 20% yaitu paling tinggi 10%. Simulasi menunjukkan suhu dalam ruang kelas dan asrama. Setelah dilakukan validasi hasil pengukuran lapangan dan simulasi, langkah selanjutnya adalah melakukan rekomendasi desain bukaan.

4.3 Analisis Alternatif Rekomendasi Desain

4.3.1 Analisis Permasalahan

Berdasarkan data hasil pengukuran eksisting dan simulasi ecotect analysis 2011 dapat disimpulkan bahwa kinerja bukaan untuk kenyamanan termal masih bisa dioptimalkan. Sehingga, perlu dilakukan analisis kinerja pada beberapa elemen bukaan ruang kelas dan asrama agar dapat menghasilkan rekomendasi desain bukaan yang dapat mengoptimalkan penghawaan alami.

1. Ruag Kelas SMP

a. Ventilasi

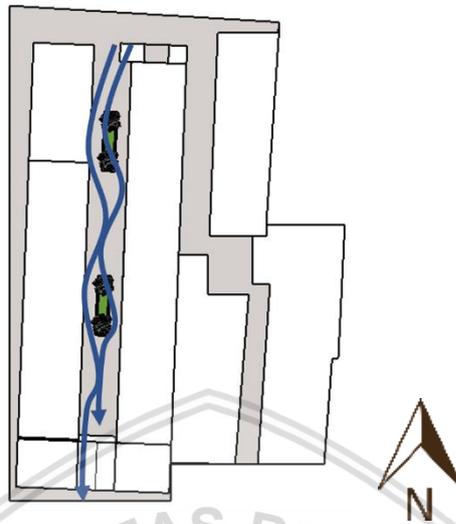
Berdasarkan rasio perhitungan ventilasi pada ruang kelas SMP belum memenuhi yaitu 4%. Standar yang digunakan adalah SNI Departemen Pekerjaan Umum dengan ketentuan minimin jumlah ventilasi tidak kurang dari 5%. Sehingga, penghawaan ruangan kurang optimal.

b. Jendela dan Pintu

Jendela dan pintu pada ruang kelas SMP sudah memenuhi standar SNI yaitu 10%, sementara ruang kelas SMP berjumlah 14%, Namun penghawaan ruangan masih belum optimal. Standar SNI yang digunakan yaitu SNI Departemen Pekerjaan Umum berjumlah 10% dari luas lantai ruang.

c. Arah Angin

Pada analisis arah angin ditemukan permasalahan yaitu arah hadap bangunan tidak menyesuaikan arah angin. Bangunan pondok menghadap timur dan barat, namun arah angin adalah dari utara ke selatan atau selatan ke utara.



Gambar 4.16 Analisis Arah Angin SMP

Sehingga, angin tidak optimal masuk kedalam ruangan dan juga keadaan bukaan pada ruang kelas yang kurang mendukungnya angin memasuki ruang kelas dengan optimal. Berikut arah angin pada Pondok Pesantren Darul Hikam

2. Rang Kelas SMA

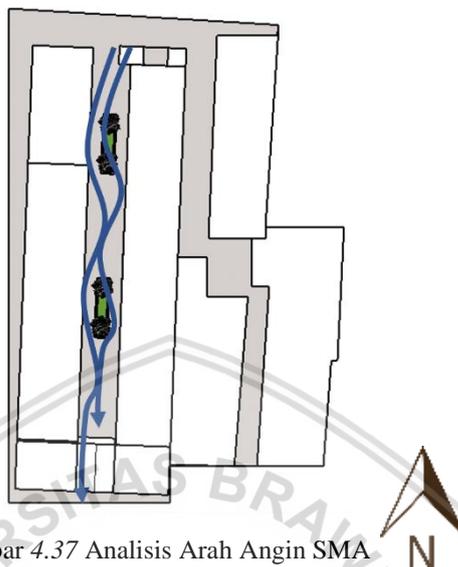
a. Ventilasi

Berdasarkan rasio perhitungan ventilasi pada ruang kelas SMA belum memenuhi yaitu 4%. Standar yang digunakan adalah SNI Departemen Pekerjaan Umum dengan ketentuan minimin jumlah ventilasi tidak kurang dari 5%. Sehingga, penghawaan ruangan kurang optimal.

b. Jendela dan pintu

Jendela dan pintu pada ruang kelas SMP sudah memenuhi standar SNI yaitu 10%, sementara ruang kelas SMP berjumlah 14%, Namun penghawaan ruangan masih belum optimal. Standar SNI yang digunakan yaitu SNI Departemen Pekerjaan Umum berjumlah 10% dari luas lantai ruang.

c. Arah Angin



Gambar 4.37 Analisis Arah Angin SMA

Pada analisis arah angin ditemukan permasalahan yaitu arah hadap bangunan tidak menyesuaikan arah angin. Bangunan pondok menghadap timur dan barat, namun arah angin adalah dari utara ke selatan atau selatan ke utara.

Sehingga, angin tidak optimal masuk ke dalam ruangan dan juga keadaan bukaan pada ruang kelas yang kurang mendukungnya angin memasuki ruang kelas dengan optimal. Berikut arah angin pada Pondok Pesantren Darul Hikam

3. Asrama

a. Ventilasi

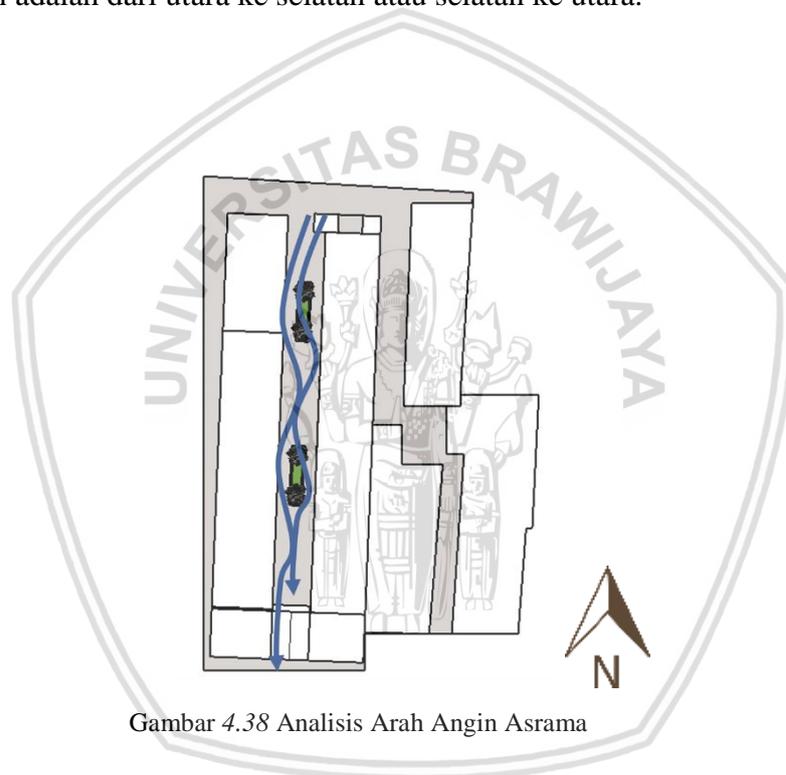
Berdasarkan rasio perhitungan ventilasi pada Asrama sudah memenuhi standar yaitu 9%. Standar yang digunakan adalah SNI Departemen Pekerjaan Umum dengan ketentuan jumlah ventilasi tidak kurang dari 5% dari luas ruangan, namun jumlah ventilasi pada asrama sudah melebihi jumlah ventilasi minimal, tapi penghawaan dalam ruangan belum memenuhi standar SNI.

b. Jendela dan Pintu

Pada asrama jumlah bukaan sudah memenuhi standar SNI yaitu 16%, sementara ketentuan SNI adalah Jumlah bukaan tidak kurang dari 10% dari luas ruangan. Namun, penghawaan pada asrama masih belum optimal.

c. Arah Angin

Pada analisis arah angin ditemukan permasalahan yaitu arah hadap bangunan tidak menyesuaikan arah angin. Bangunan pondok menghadap timur dan barat, namun arah angin adalah dari utara ke selatan atau selatan ke utara.



Gambar 4.38 Analisis Arah Angin Asrama

Sehingga, angin tidak optimal masuk kedalam ruangan dan juga keadaan bukaan pada ruang kelas yang kurang mendukungnya angin memasuki ruang kelas dengan optimal. Berikut arah angin pada Pondok Pesantren Darul Hikam

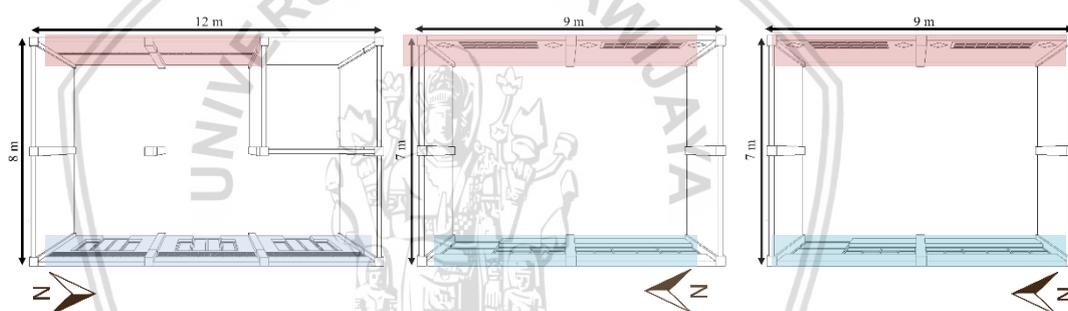
4.3.2 Analisis Alternatif

Setiap ruang yang diteliti memiliki masalah yang berbeda-beda. Dari permasalahan tersebut didapat tahapan analisis rekomendasi desain untuk ruangan tersebut. Analisis ventilasi dilakukan sebagai tahap awal dan dilanjutkan analisis jendela sebagai akhir dari analisis rekomendasi.

1. Ventilasi

Dalam penyusunan sebuah ruang, faktor ventilasi perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan penghawaan alami. Dalam penelitian ini ventilasi menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat penghawaan ruang dalam seperti dimensi, dimensi dan material. Untuk menentukan

A. Posisi



Gambar 4.39 Posisi Bukan Kelas

Pada gambar diatas area dengan warna biru merupakan letak bukaan ventilasi yang berupa void dan jendela, sedangkan area dengan warna ungu merupakan ventilasi yang berupa roster beton. Dengan tata letak ventilasi yang tersedia membuat distribusi haawa panas kurang optimal karena hanya mengandalkan ventilasi, sementara ruangan menggunakan system ventilasi silang.

B. Dimensi

Tabel 4.35 Dimensi Bukaan Eksisting dan Rekomendasi

Ruang	Eksisting	Rekomendasi
SMP & SMA		
Asrama		

Dimensi bukaan sangat mempengaruhi penghwaan ruang dalam sehingga sangat penting sebuah dimensi agar disesuaikan dengan standar SNI dan menyesuaikan dengan kebutuhan ruangan agar kinerja bukaan dapat optimal.

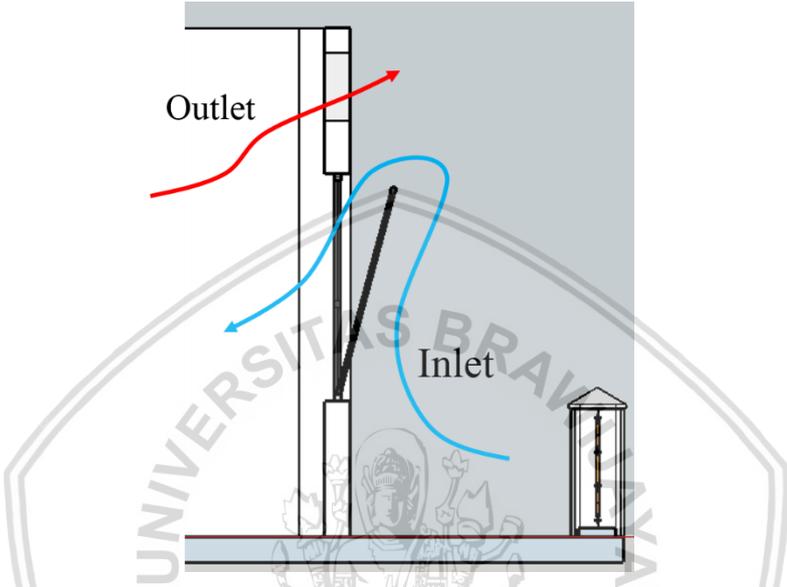


4.4 Simulasi Alternatif Rekomendasi Desain

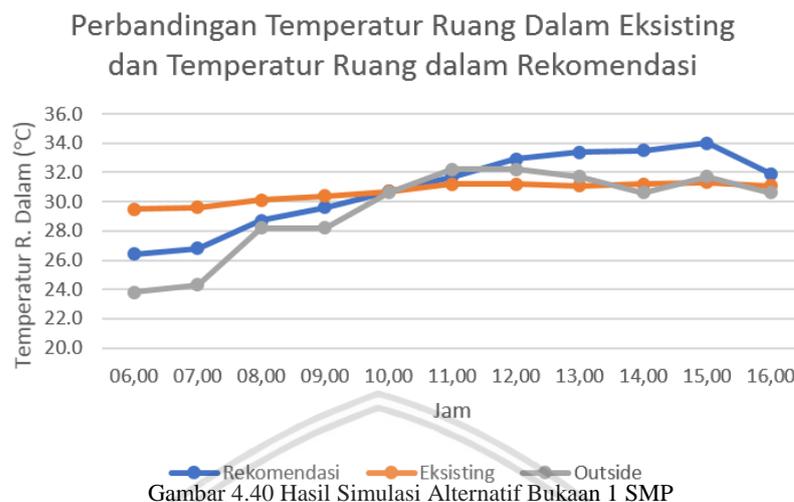
4.4.1 Hasil Rekomendasi Desain Ruang Kelas SMP dan SMA

1. Alternatif Bukaannya 1

Tabel 4.36 Alternatif Bukaannya 1

Alternatif Bukaannya 1	
	
<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none"> -koridor tidak termakan oleh bukaan jendela -bukaan bisa dibuka dengan maksimal -memiliki ukuran yang lebih besar daripada eksisting. 	<p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inlet dan Outlet tidak bisa maksimal karena hawa dingin dalam bangunan tidak bisa masuk dengan maksimal.

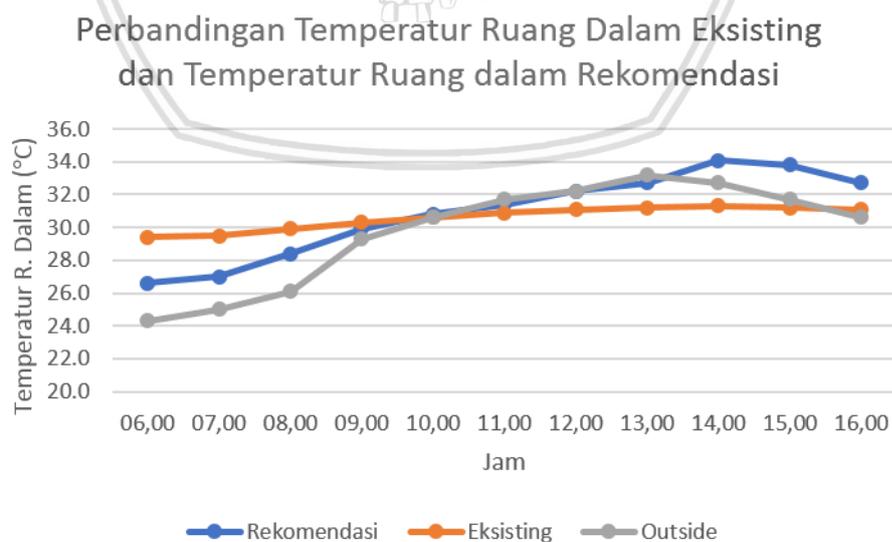
a. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMP (1) 13 Juli



Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 suhu ruangan rekomendasi dibawa suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 suhu ruangan rekomendasi menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-16.00 suhu ruangan rekomendasi sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C

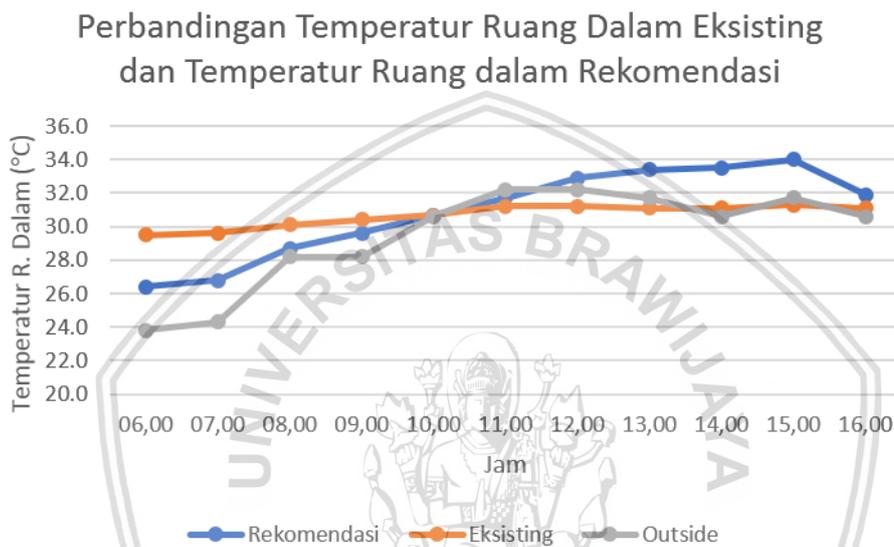
b. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMP (1) 14 Juli



Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (1) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-11.00 suhu ruangan rekomendasi masih lebih dari suhu eksisting yaitu 26 – 31 °C
- 2) Pada jam 12.00 suhu ruangan untuk rekomendasi hamper sama dengan suhu eksisting yaitu 32 °C
- 3) Pada jam 14.00-16.00 suhu ruangan rekomendasi dibawah suhu eksisting yaitu 33 – 31 °C

c. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMP (2) 13 Juli

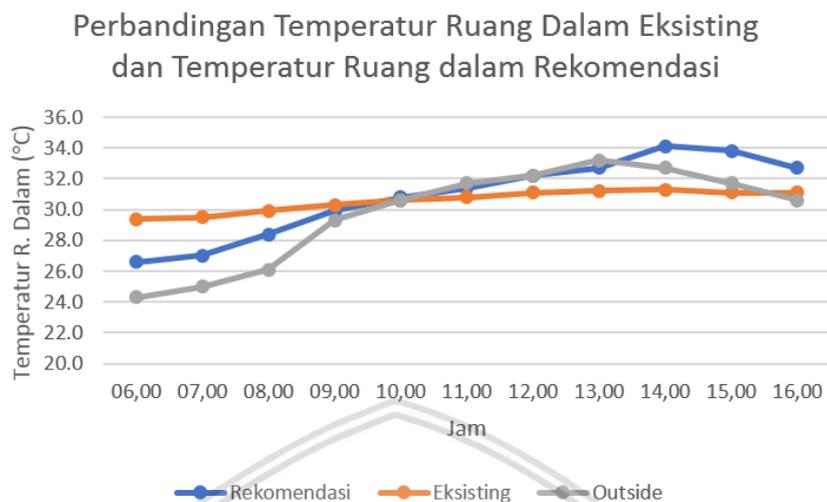


Gambar 4.42 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 1 SMP (2)

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (2) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00 – 09.00 suhu ruangan rekomendasi berada di bawah suhu eksisting yaitu kisaran 26-29 °C
- 2) Jam 10.00 suhu hasil rekomendasi sama dengan suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Jam 11.00- 15.00 suhu hasil rekomendasi mengalami peningkatan menjadi 31-34 °C
- 4) Jam 16.00 suhu hasil rekomendasi mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu 31 °C

d. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMP (2) 14 Juli

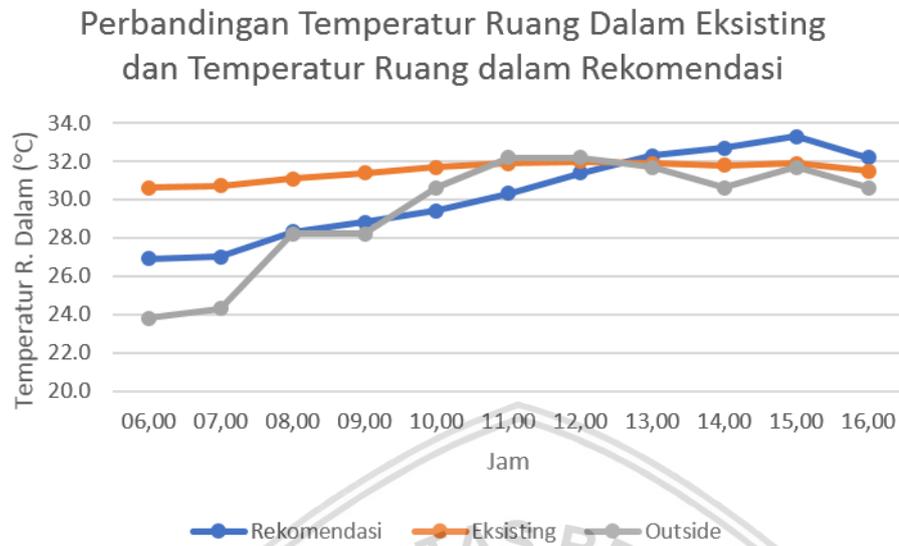


Gambar 4.43 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 09.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 26-29 °C
- 2) Suhu ruangan hasil rekomendasi sama dengan suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada pukul 11.00-14.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 31-34 °C
- 4) Pukul 15.00-16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 33-32 °C

e. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMP (3) 13 Juli

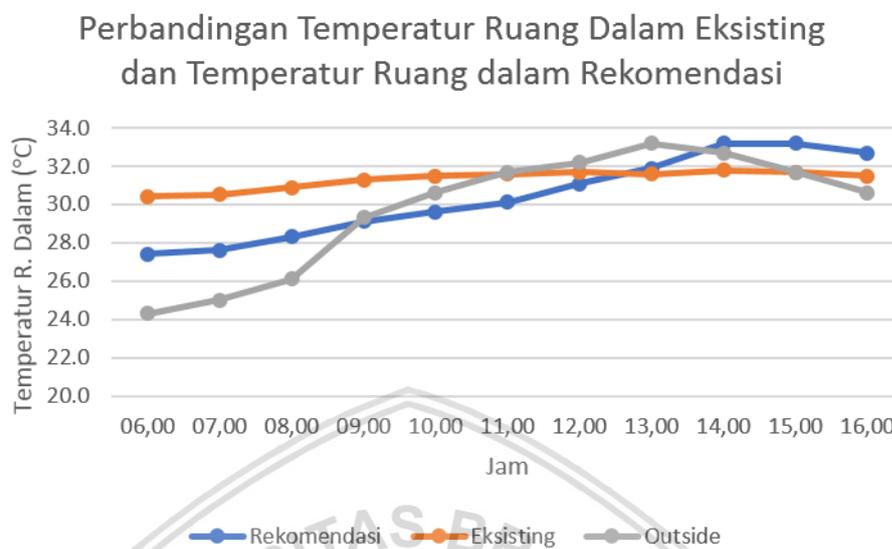


Gambar 4.44 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 1 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (3) 13 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 12.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 26-31 °C
- 2) Pada pukul 13.00-15.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 32-33 °C
- 3) Pukul 16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 32 °C

f. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMP (3) 14 Juli

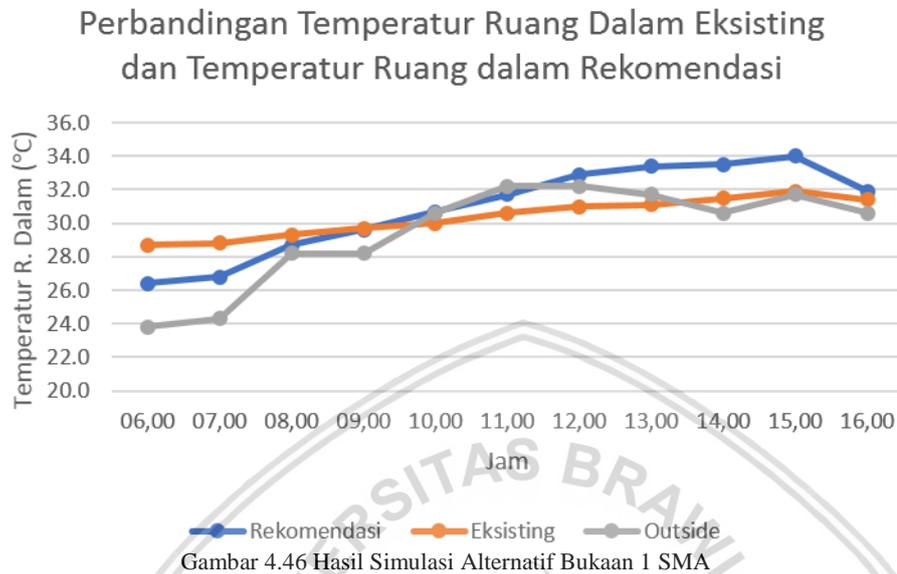


Gambar 4.45 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 1 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (3) 14 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 12.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 27-31 °C
- 2) Pada pukul 13.00-15.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 32-33°C
- 3) Pukul 16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 32 °C

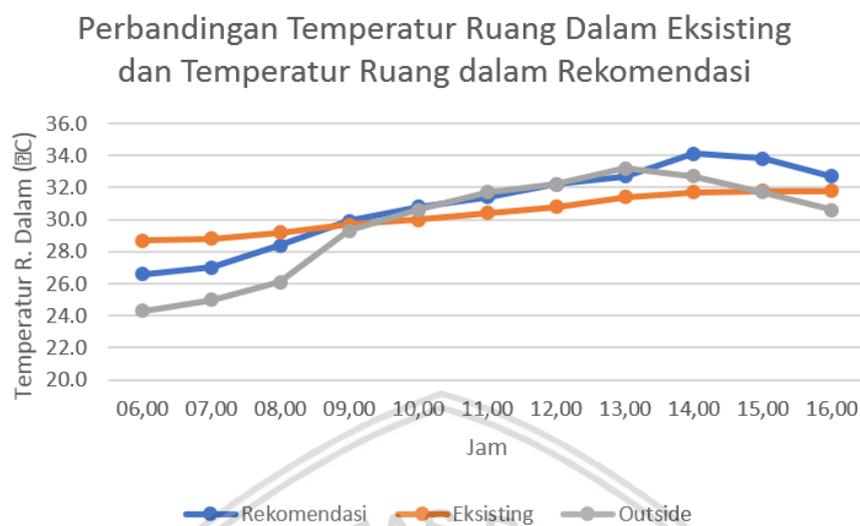
g. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMA (1) 13 Juli



Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (1) 13 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 08.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 26-28 °C
- 2) Pukul 09.00 suhu ruangangan rekomendasi sama dengan suhu eksisting yaitu berada di kisaran 29 °C
- 3) Pada pukul 10.00-15.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 30-34 °C
- 4) Pukul 16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 31 °C

h. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMA (1) 14 Juli

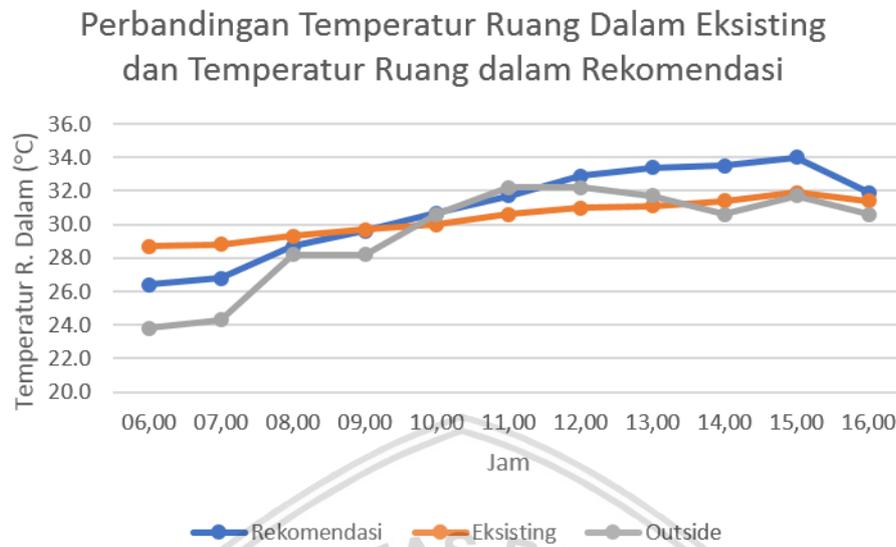


Gambar 4.47 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 1 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (1) 14 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 08.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 26-28 °C
- 2) Pukul 09.00 suhu ruangan rekomendasi sama dengan suhu eksisting yaitu berada di kisaran 29 °C
- 3) Pada pukul 10.00-14.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 30-34 °C
- 4) Pukul 15.00-16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 33-32 °C

i. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMA (2) 13 Juli

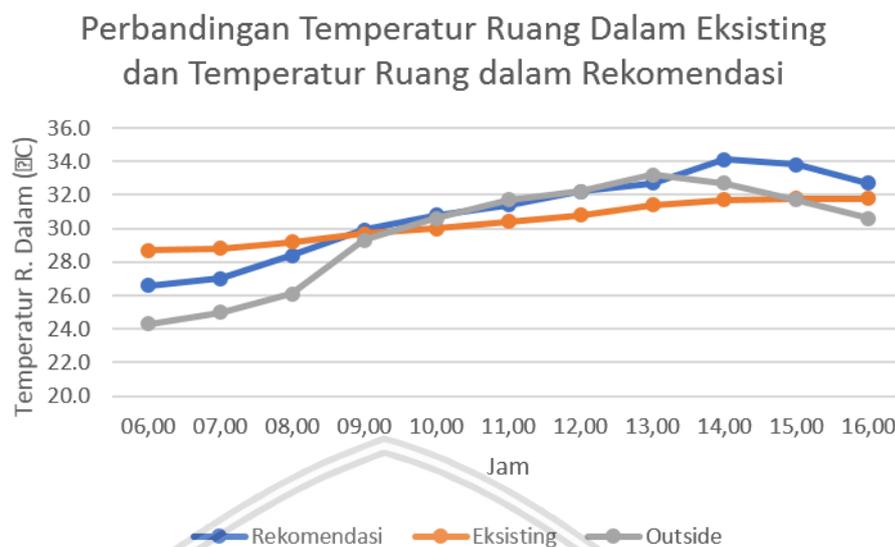


Gambar 4.48 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 1 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (2) 13 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 08.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 26-28 °C
- 2) Pukul 09.00 suhu ruangan rekomendasi sama dengan suhu eksisting yaitu berada di kisaran 29 °C
- 3) Pada pukul 10.00-15.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 30-34 °C
- 4) Pukul 16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 31 °C

j. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMA (2) 14 Juli

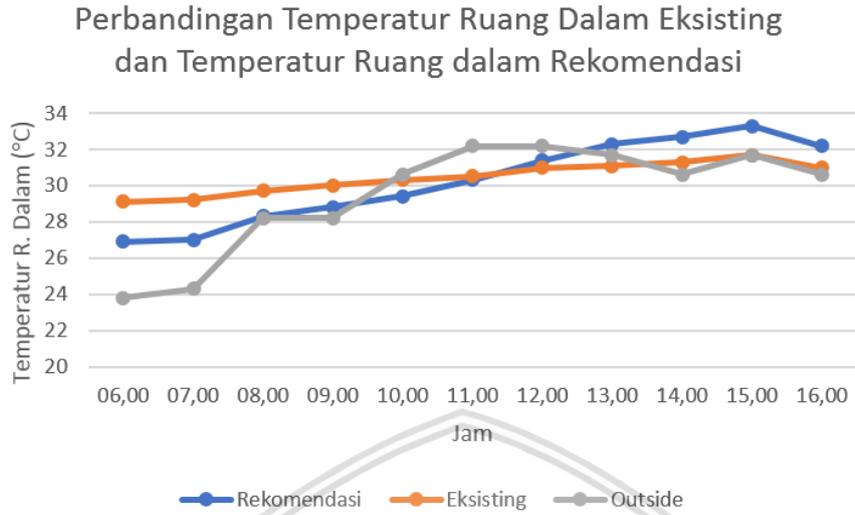


Gambar 4.49 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 1 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (2) 14 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 08.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 26-28 °C
- 2) Pukul 09.00 suhu ruangangan rekomendasi sama dengan suhu eksisting yaitu berada di kisaran 29 °C
- 3) Pada pukul 10.00-14.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 30-34 °C
- 4) Pukul 15.00 - 16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 33-32 °C

k. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMA (3) 13 Juli

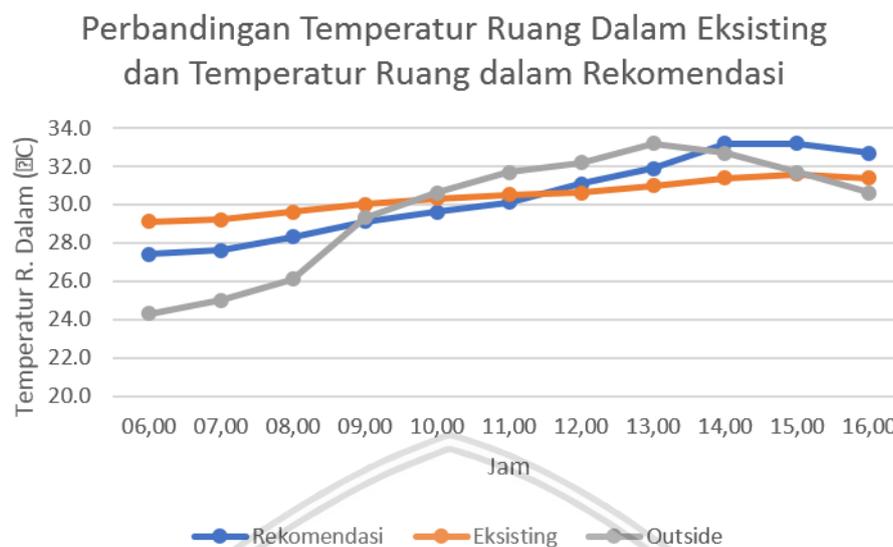


Gambar 4.50 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 1 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (3) 13 Juli

- 1) Pada pukul 06.00 – 12.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 26-31 °C
- 2) Pukul 13.00 suhu ruangan rekomendasi sama dengan suhu eksisting yaitu berada di kisaran 32 °C
- 3) Pada pukul 14.00-16.00 suhu mengalami masih peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 32 °C

1. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 1 SMA (3) 13 Juli



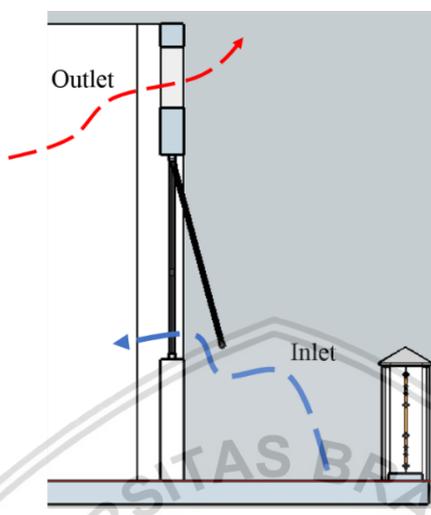
Gambar 4.51 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 1 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (3) 14 Juli

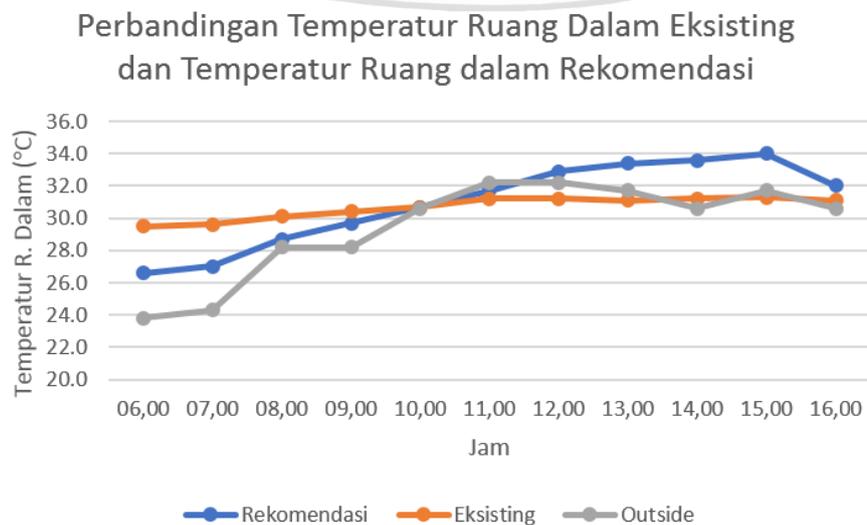
- 1) Pada pukul 06.00 – 11.00 suhu hasil rekomendasi masih dibawah suhu eksisting berada di kisaran 27-30 °C
- 2) Pada pukul 12.00-14.00 suhu mengalami peningkatan dan diatas suhu eksisting yaitu kisaran 31-33 °C
- 3) Pukul 15.00-16.00 suhu mengalami penurunan namun masih berada diatas suhu eksisting yaitu 33 - 32 °C

2. Alternatif Bukaannya

Tabel 4.37 Alternatif Bukaannya 2

Alternatif Bukaannya 2	
	
<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none"> -dimensi bukaan lebih besar daripada dimensi jendela eksisting -Angin dari luar bisa masuk kedalam ruangan dengan lancar -Penambahan ventilasi diatas ruangan membuat outlet hawa panas lebih lancar. 	<p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dimensi Koridor termakan oleh bukaan jendela.

a. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMP (1) 13 Juli

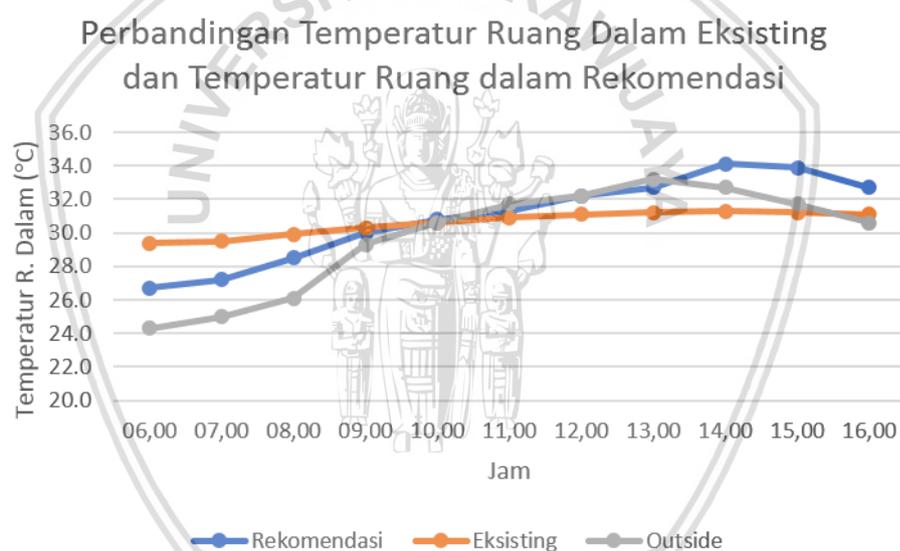


Gambar 4.52 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi bukaan 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi bukaan 2 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi bukaan 2 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

b. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMP (1) 14 Juli



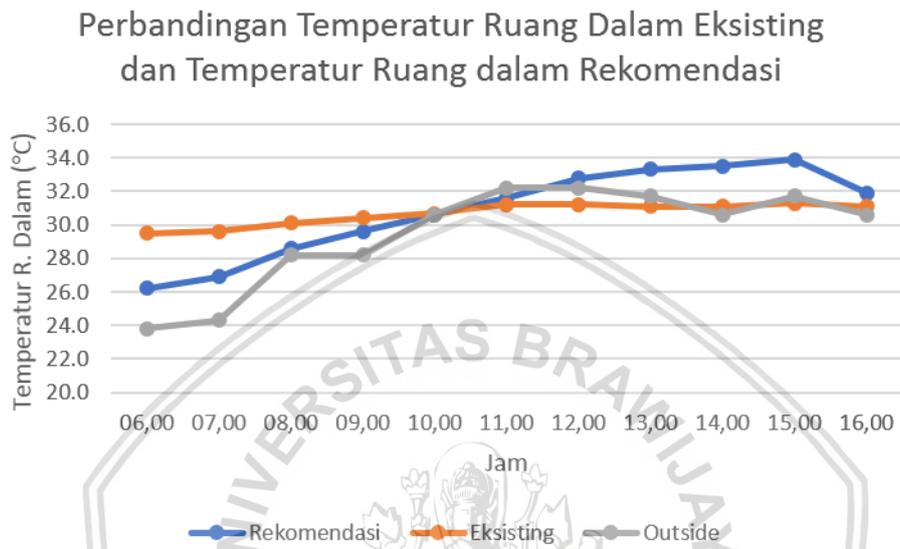
Gambar 4.53 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 2 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 34 °C

- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

c. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMP (2) 13 Juli

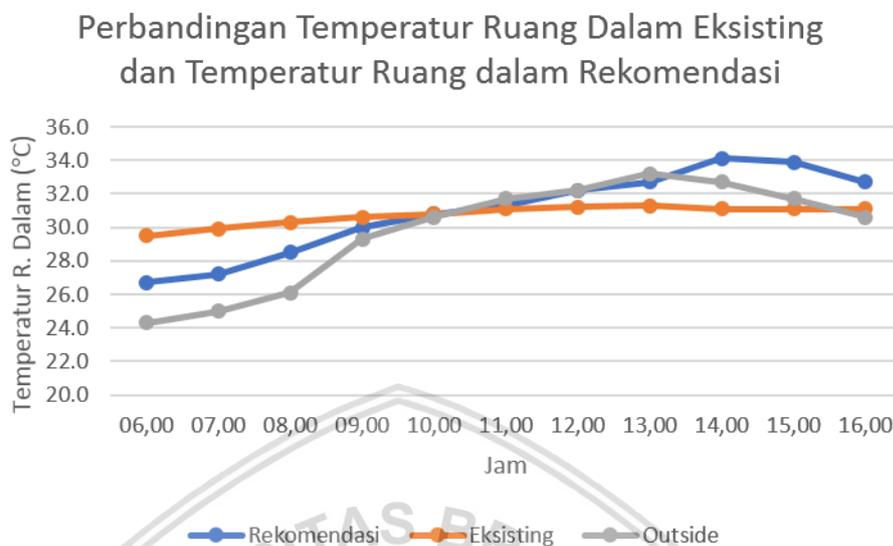


Gambar 4.54 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 2 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (2) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 31 °C

d. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMP (2) 14 Juli

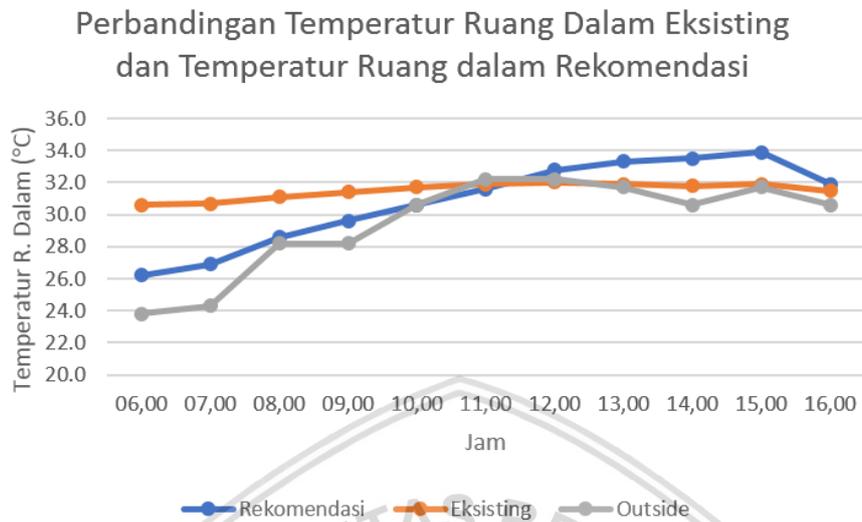


Gambar 4.55 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 2 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 34 °C
- 4) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 33-32 °C

e. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMP (3) 13 Juli

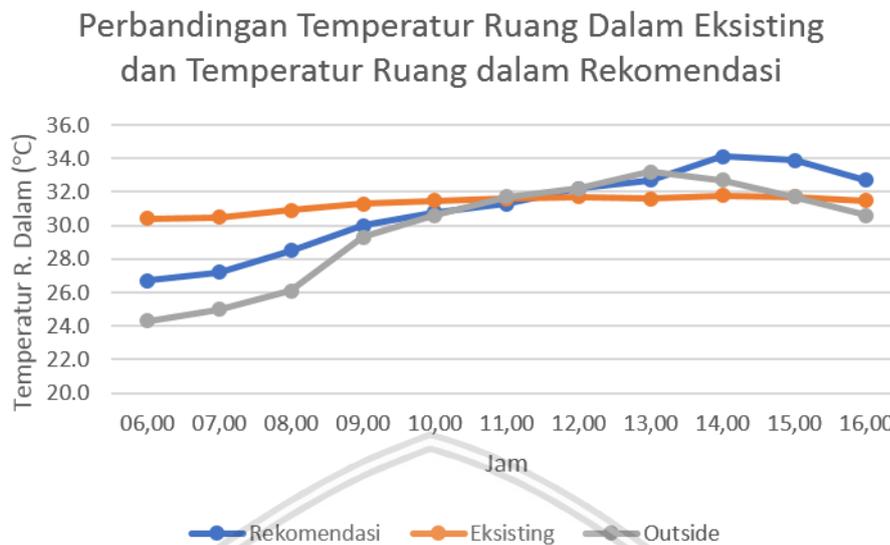


Gambar 4.56 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 2 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (3) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 34 °C
- 4) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 33-32 °C

f. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMP (3) 14 Juli

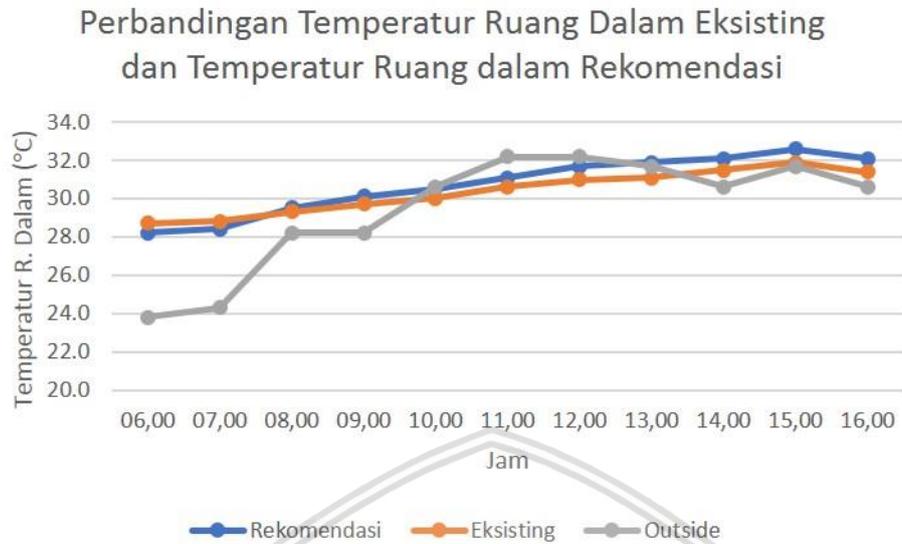


Gambar 4.57 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMP (3) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 30 °C
- 2) Pada jam 11.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 31 °C
- 3) Pada jam 12.00-14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 32 – 34 °C
- 4) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 33-32 °C

g. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMA (1) 13 Juli

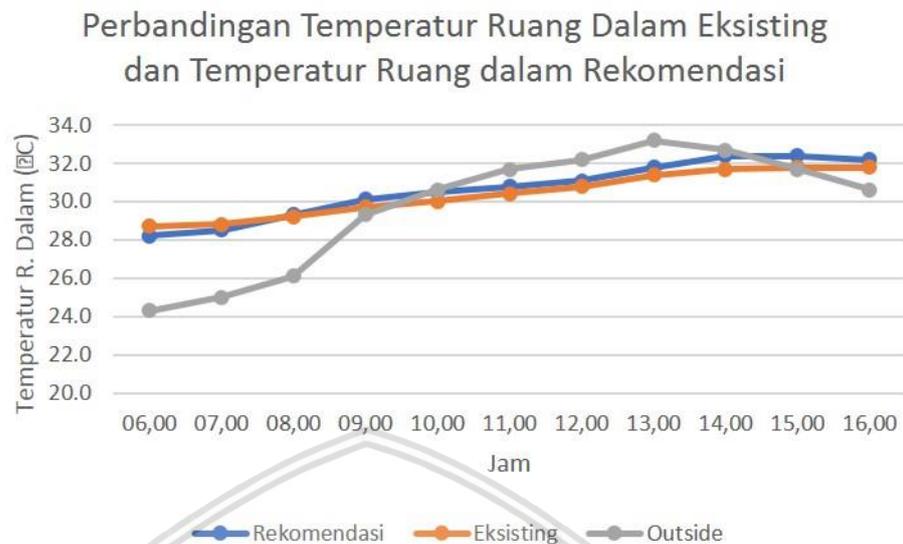


Gambar 4.58 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 2 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-07.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 28 °C
- 2) Pada jam 08.00- 15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi 2 terus mengalami kenaikan dan berada diatas temperatur ruag dalam eksisting yaitu 29-33 °C
- 3) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif menurun menjadi 32 °C

h. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMA (1) 14 Juli

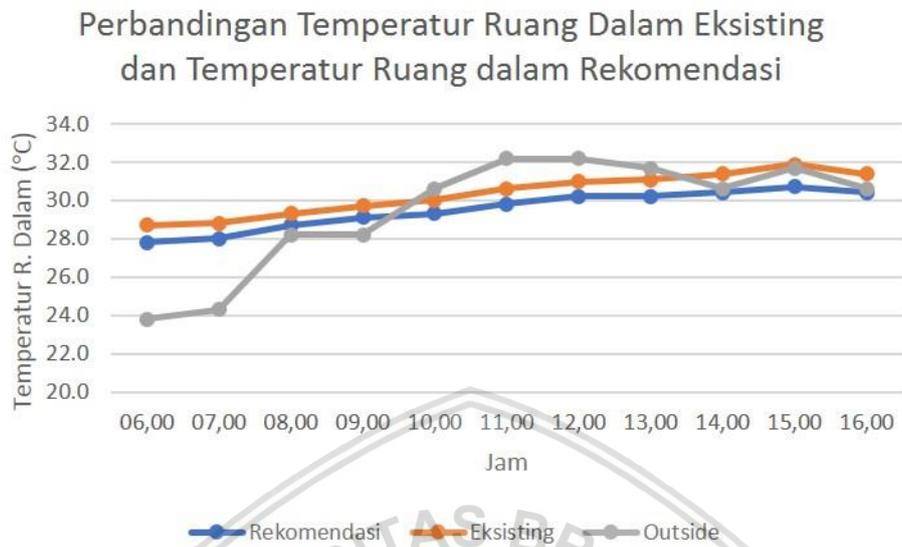


Gambar 4.59 Hasil Simulasi Alternatif Buka 2 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (1) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-07.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 28 °C
- 2) Pada jam 08.00- 14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi 2 terus mengalami kenaikan dan berada diatas temperatur ruag dalam eksisting yaitu 29-32 °C
- 3) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif menurun menjadi 31-32 °C

i. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMA (2) 13 Juli

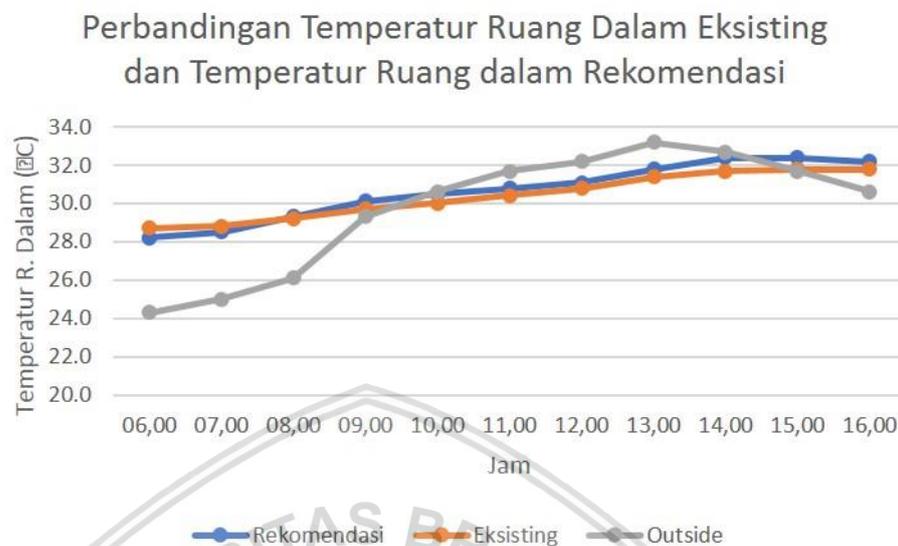


Gambar 4.60 Hasil Simulasi Alternatif 2 Bukaan 2 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (2) 13 Juli

- 1) Rata-rata temperatur ruang dalam hasil rekomendasi berada di bawah temperatur ruang dalam eksisting.
- 2) Pada jam 09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berkisar antara 29 °C
- 3) Pada jam 12.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi 2 yaitu 30 °C

j. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMA (2) 14 Juli

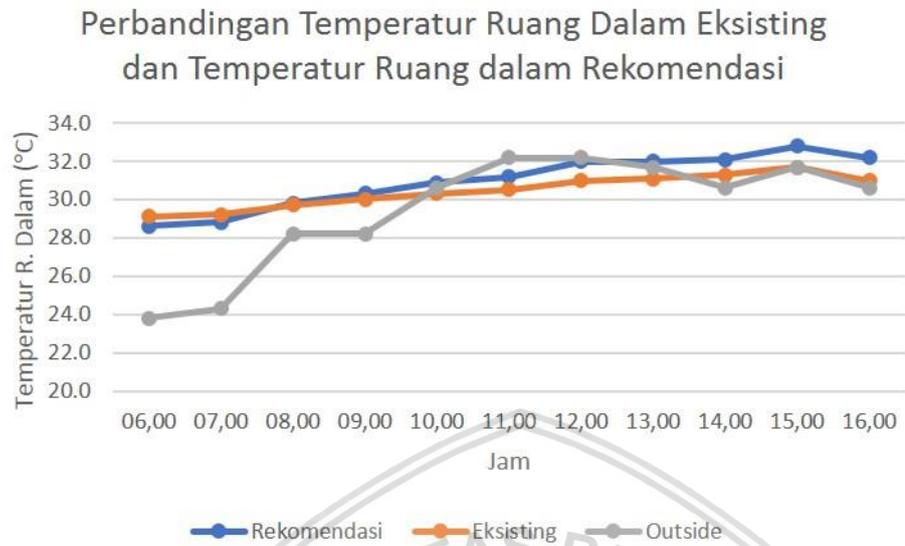


Gambar 4.61 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 2 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-07.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 28 °C
- 2) Pada jam 08.00- 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi 2 terus mengalami kenaikan dan berada diatas temperatur ruag dalam eksisting yaitu 29-32 °C

k. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMA (3) 13 Juli

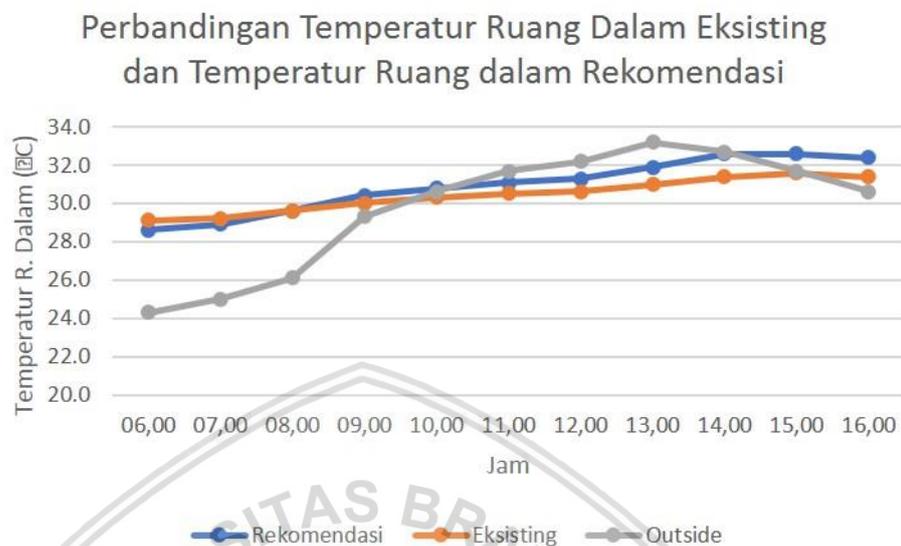


Gambar 4.62 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 2 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (3) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-07.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 28 °C
- 2) Pada jam 08.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi 2 terus mengalami kenaikan dan berada diatas temperatur ruag dalam eksisting yaitu 29-32 °C

1. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif 2 R. Kelas SMA (3) 14 Juli



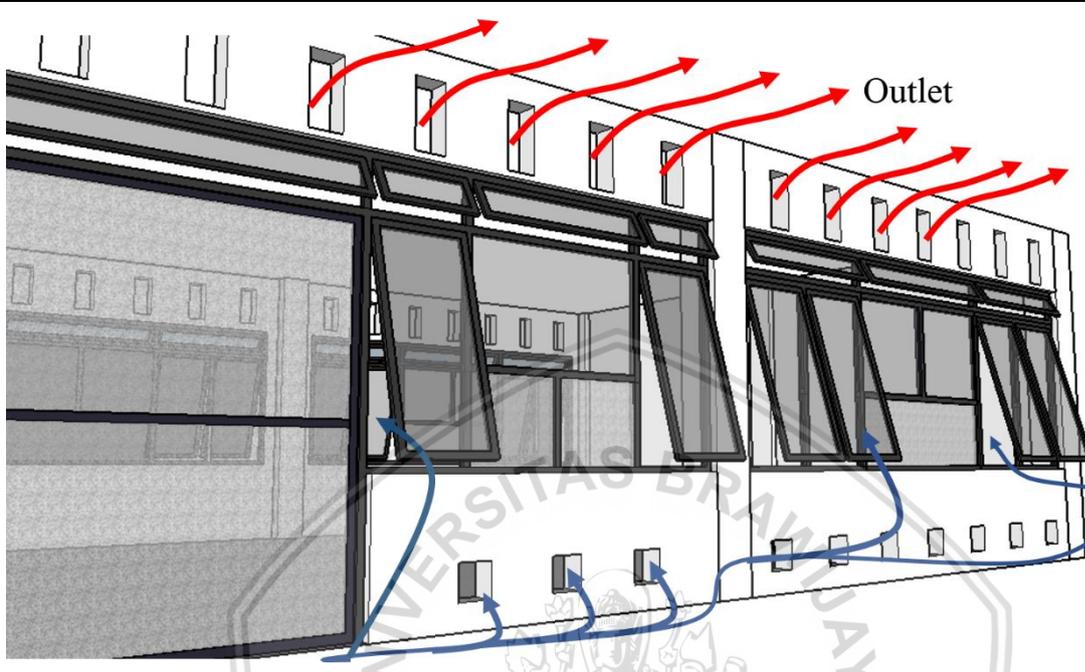
Gambar 4.63 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 2 SMA

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi ruang kelas SMA (3) 14 Juli

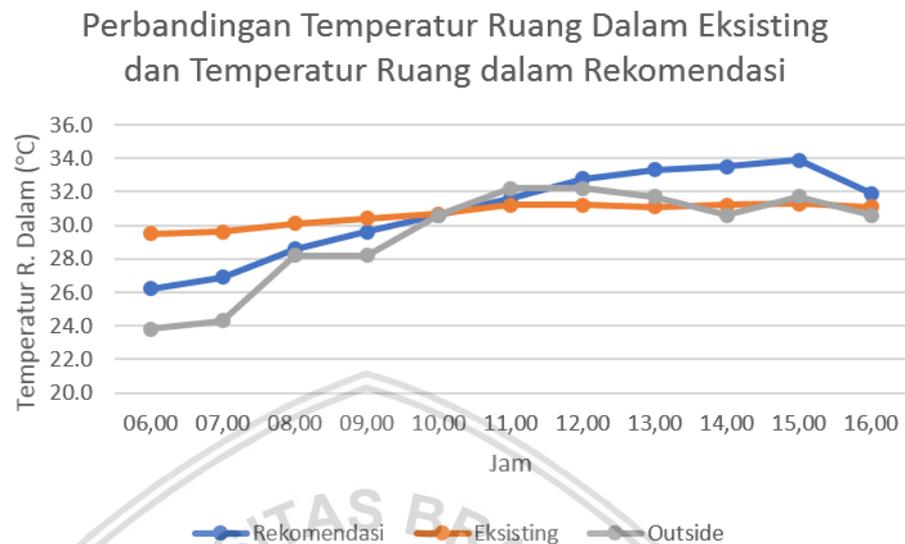
- 1) Pada jam 06.00-07.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 28 °C
- 2) Pada jam 08.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi 2 terus mengalami kenaikan dan berada diatas temperatur ruag dalam eksisting yaitu 29-32 °C

3. Alternatif Bukaannya 3

Tabel 4.38 Alternatif Bukaannya 3

Alternatif Bukaannya 3	
	
<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Inlet dan Outlet berjalan dengan lancar -Dimensi bukaan Lebih besar dari pada bukaan eksisting -Menambahkan ventilasi dibagian bawah dinding sisi timur dan barat, sehingga angin lebih lancar untuk masuk ke dalam ruangan. -Menambahkan Bukaan bagian atas jendela untuk membantu ventilasi mengeluarkan hawa panas ruangan. <p>Menggunakan system ventilasi silang pada ruangan.</p>	<p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Membongkar dinding sisi timur dan barat untuk membuat ventilasi pada bagian bawah dinding

a. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif Buka 3 SMP (1) 13 Juli

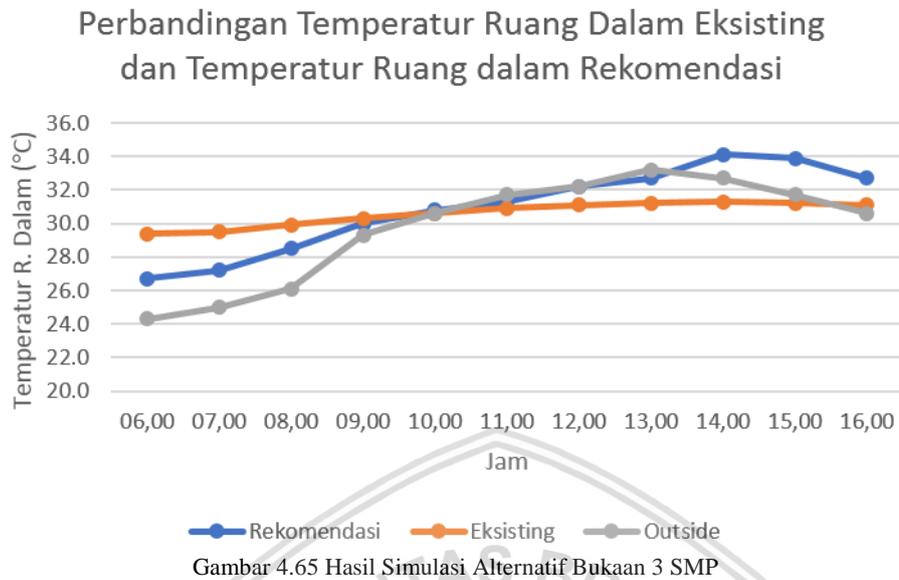


Gambar 4.64 Hasil Simulasi Alternatif Buka 3 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMP (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawa suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 31 °C

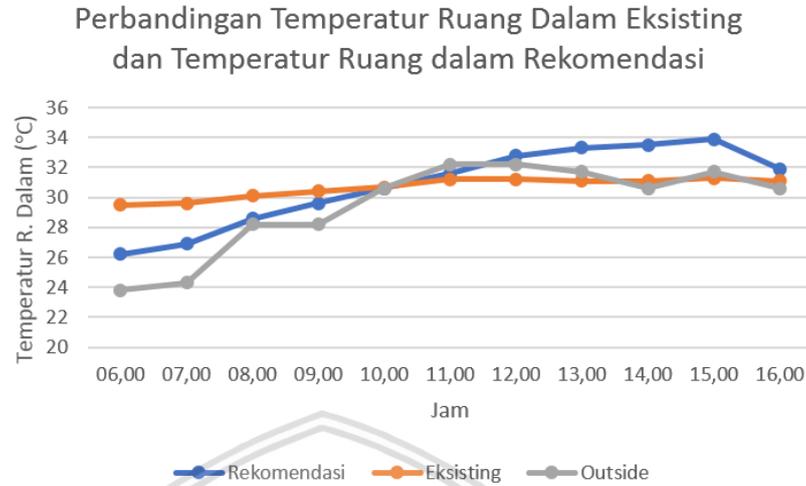
b. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 3 SMP (1) 14 Juli



Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMP (1) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-08.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 28 °C
- 2) Pada jam 09.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 34 °C
- 4) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 33-32 °C

c. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 3 SMP (2) 13 Juli

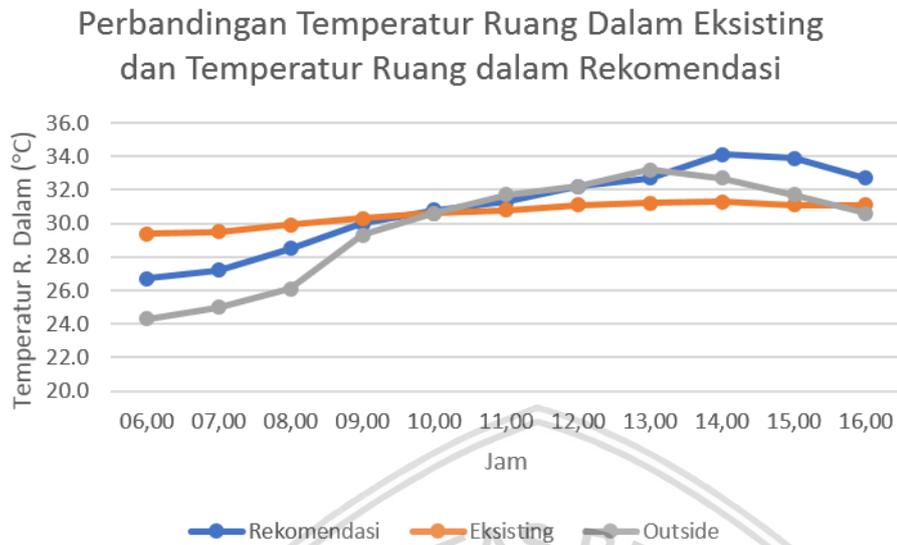


Gambar 4.66 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMP (2) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 31 °C

d. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 3 SMP (2) 14 Juli

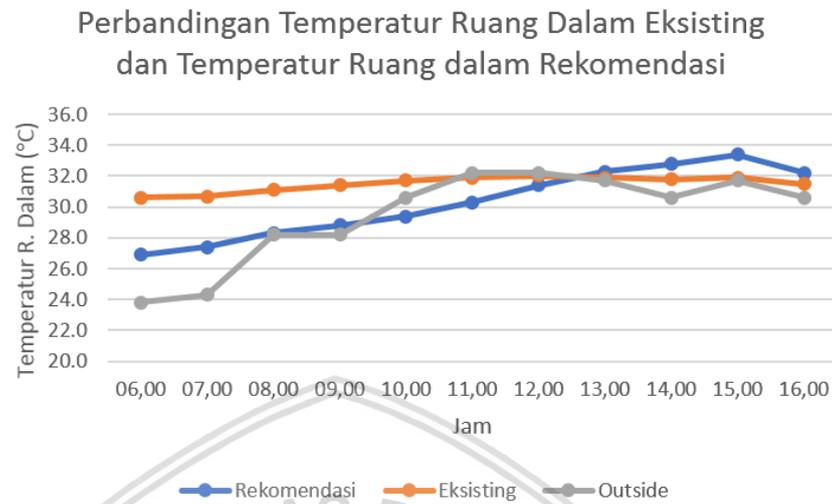


Gambar 4.67 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 30 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 34 °C
- 4) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 33-32 °C

e. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaan 3 SMP (3) 13 Juli

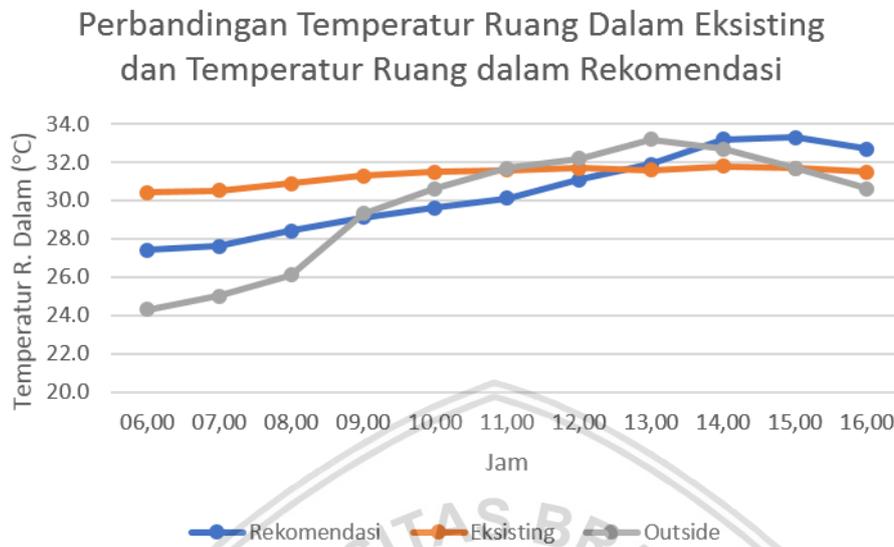


Gambar 4.68 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 3 SMP

Berikut hasil yang didapat dari alternatif 3 ruang kelas SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-12.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 31 °C
- 2) Pada jam 13.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menyamai suhu eksisting yaitu 32-33 °C
- 3) Pada jam 16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan suhu menjadi 32 °C

f. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 3 SMP (3) 14 Juli

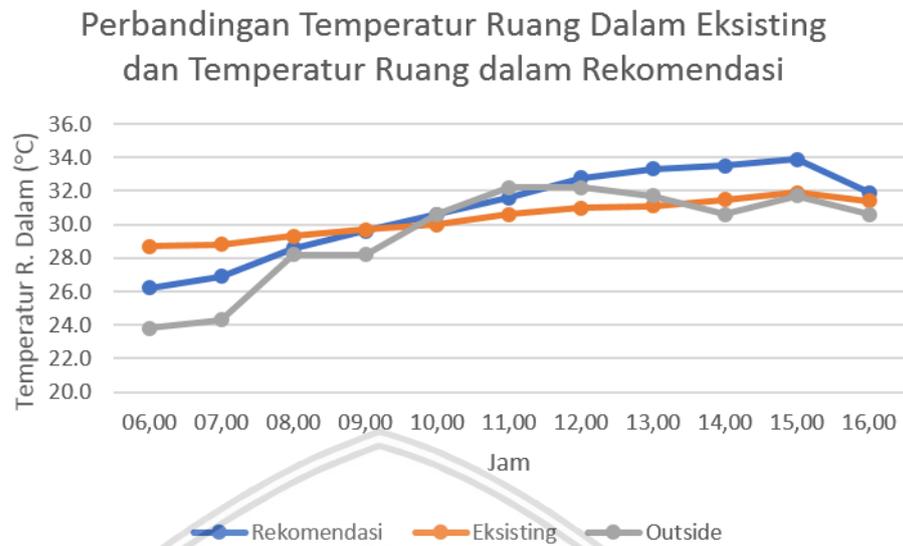


Gambar 4.69 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-12.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 27- 31 °C
- 2) Pada jam 13.00-14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menyamai suhu eksisting yaitu 31-33 °C
- 3) Pada jam 15.00-16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan suhu menjadi 33-32 °C

g. Hasil alternatif Bukaannya 3 SMA (1) 13 Juli

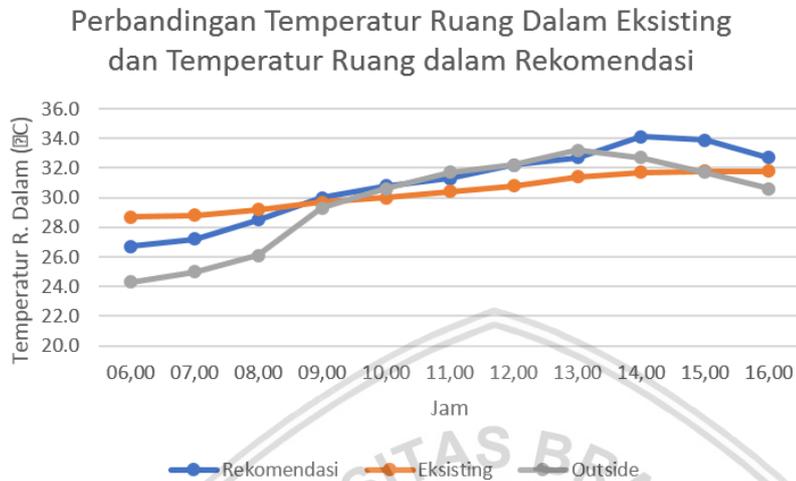


Gambar 4.70 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMA (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-08.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 28 °C
- 2) Pada jam 09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 2 menyamai suhu eksisting yaitu 29 °C
- 3) Pada jam 10.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 30 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 31 °C

h. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 3 SMA (1) 14 Juli

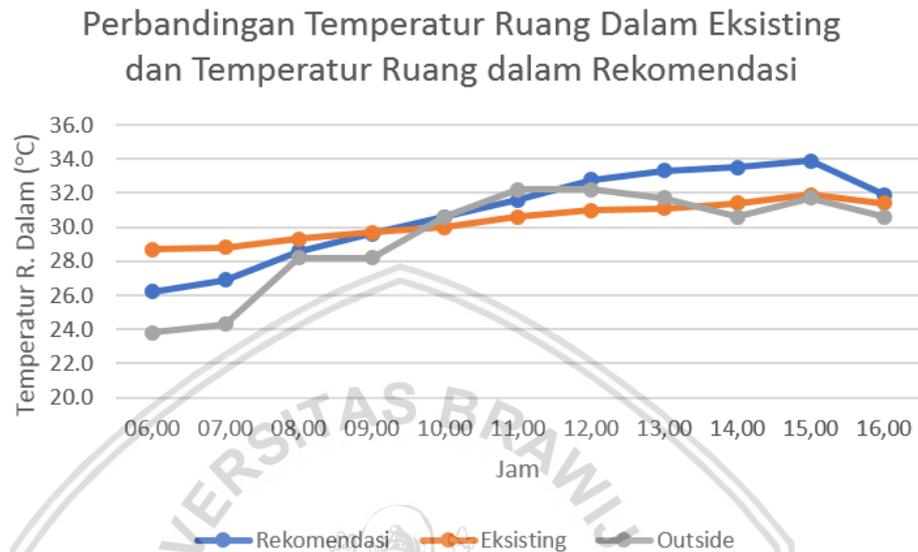


Gambar 4.71 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMA (1) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-08.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 28 °C
- 2) Pada jam 09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menyamai suhu eksisting yaitu 29 °C
- 3) Pada jam 10.00-14.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan suhu menjadi 30-33 °C
- 4) Jam 15.00-16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan menjadi 33-31 °C

i. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 3 SMA (2) 13 Juli

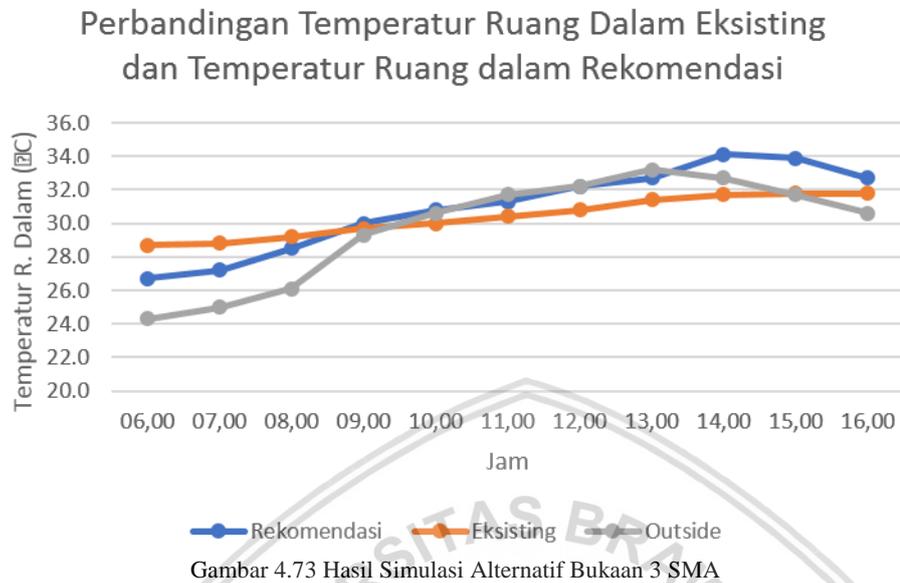


Gambar 4.72 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMA (2) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-08.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 28 °C
- 2) Pada jam 09.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-14.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan suhu menjadi 31-34 °C
- 4) Jam 15.00-16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan menjadi 33-32 °C

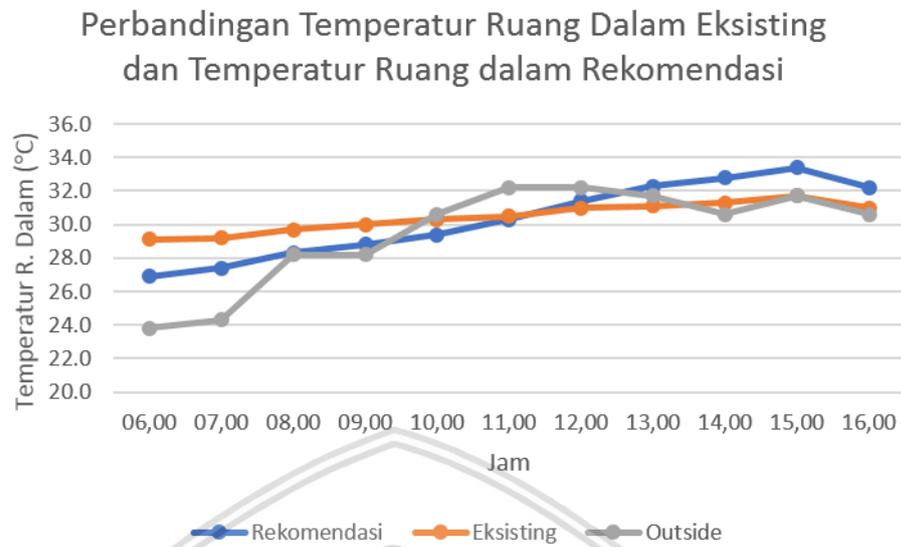
j. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 3 SMA (2) 14 Juli



Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMA (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-08.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 28 °C
- 2) Pada jam 09.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-14.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan suhu menjadi 31-34 °C
- 4) Jam 15.00-16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan menjadi 33-32 °C

k. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif Bukaannya 3 SMA (3) 13 Juli

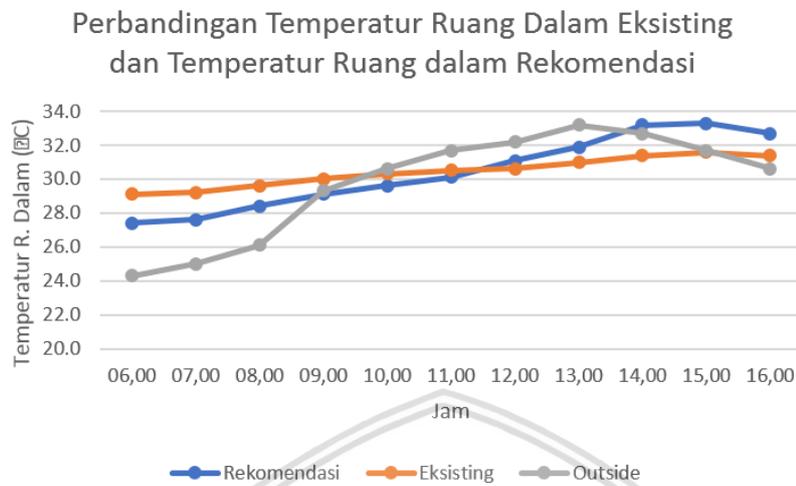


Gambar 4.74 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMA (3) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 11.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 12.00-15.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan suhu menjadi 31-33 °C
- 4) Jam 16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan menjadi 32 °C

1. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif Bukaannya 3 SMA (3) 14 Juli



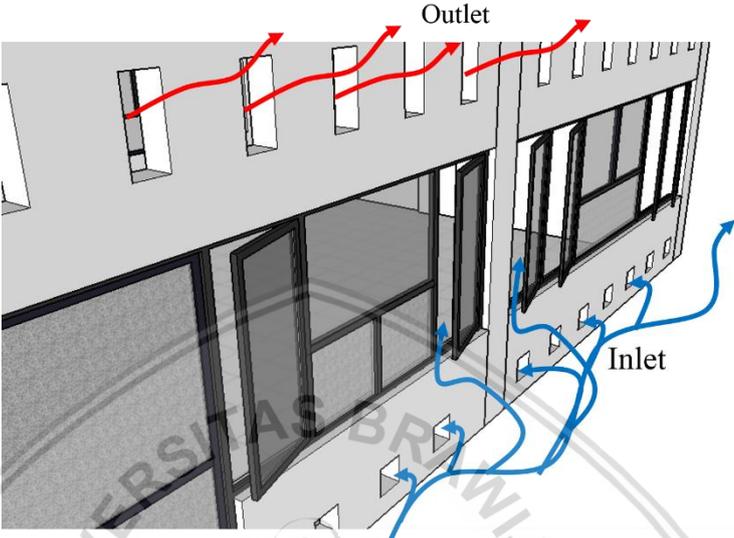
Gambar 4.75 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 3 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMA (3) 14 Juli

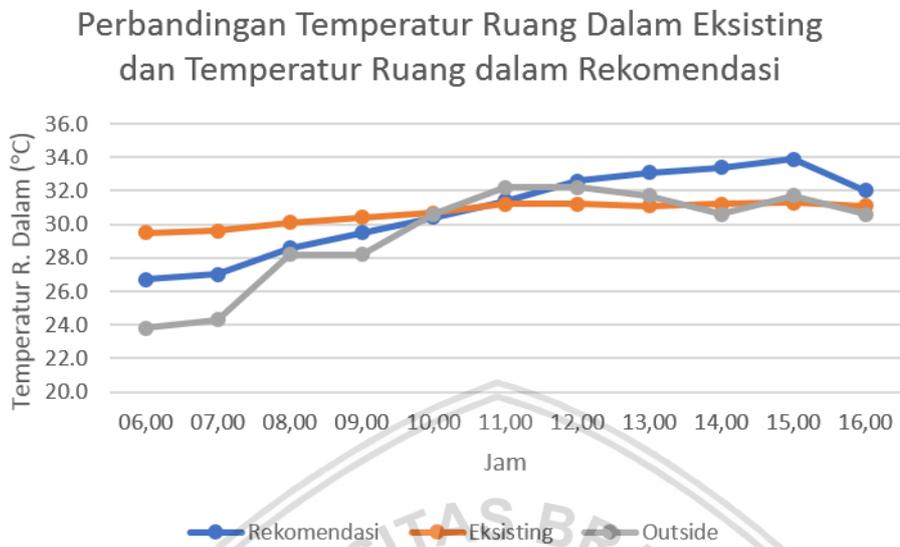
- 1) Pada jam 06.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 27 - 29 °C
- 2) Pada jam 11.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 12.00-15.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan suhu menjadi 31-33 °C
- 4) Jam 16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 3 mengalami penurunan menjadi 32 °C

4. Alternatif Bukaannya

Tabel 4.39 Alternatif Bukaannya

Alternatif Bukaannya	
	
<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Menyesuaikan dengan arah datangnya angin -Terdapat ventilasi dibagian bawah dinding untuk jalur masuknya angin untuk penghawaan ruang dalam. -meenggunakan system ventilasi silang 	<p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mengurangi dimensi koridor didepan kelas -bukaan tidak bisa maksimal karena ada koridor untuk sirkulasi santri

a. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam Alternatif Buka-an 4 SMP (1) 13 Juli

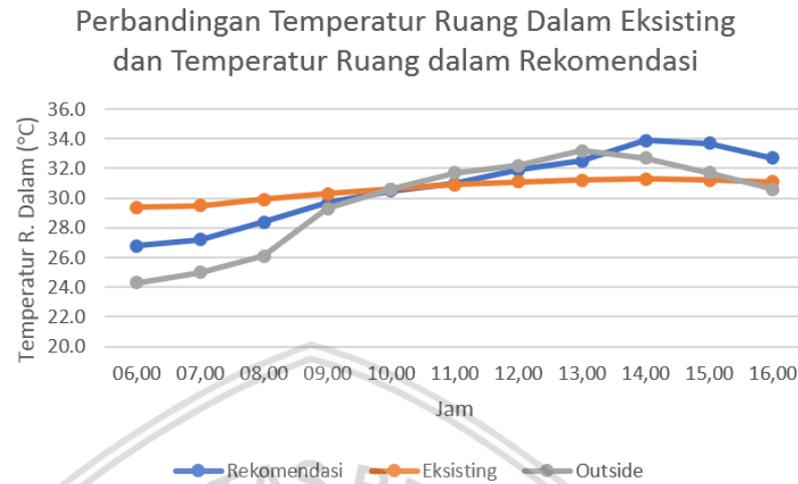


Gambar 4.76 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 4 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMP (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

b. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Buka 4 SMP (1) 14 Juli

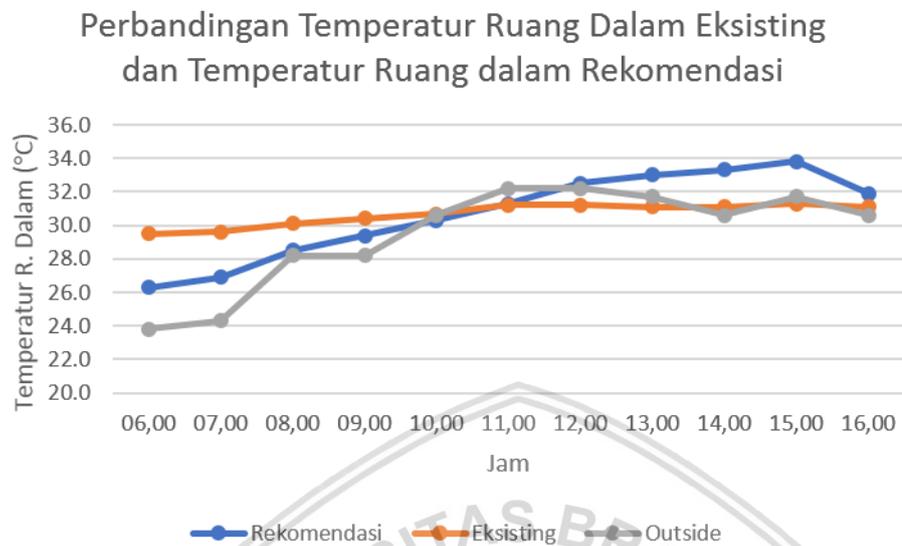


Gambar 4.77 Hasil Simulasi Alternatif Buka 4 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMP (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

c. Hasil Simulasi Temperatur Ruang Dalam alternatif Bukaannya 4 SMP (2) 13 Juli

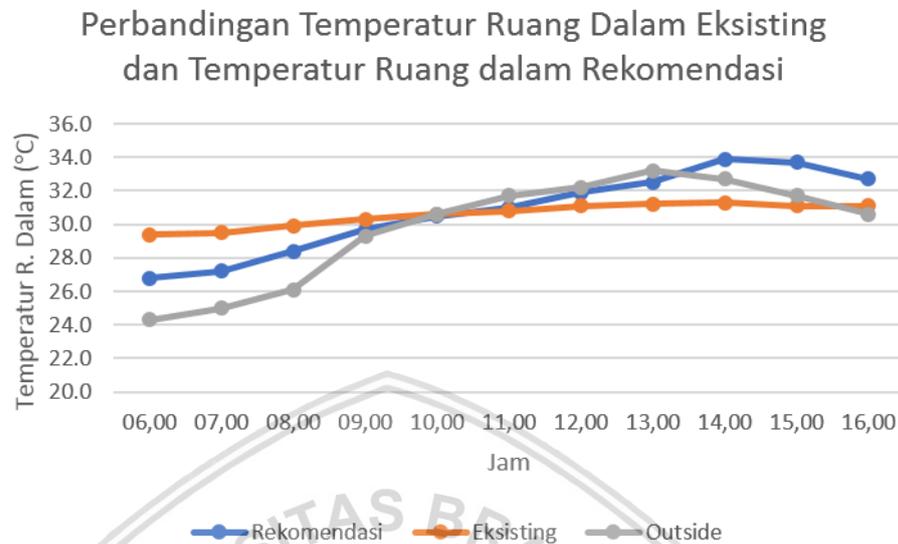


Gambar 4.78 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 4 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMP (2) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 31 °C

d. Hasil alternatif bukaan 4 SMP (2) 14 Juli

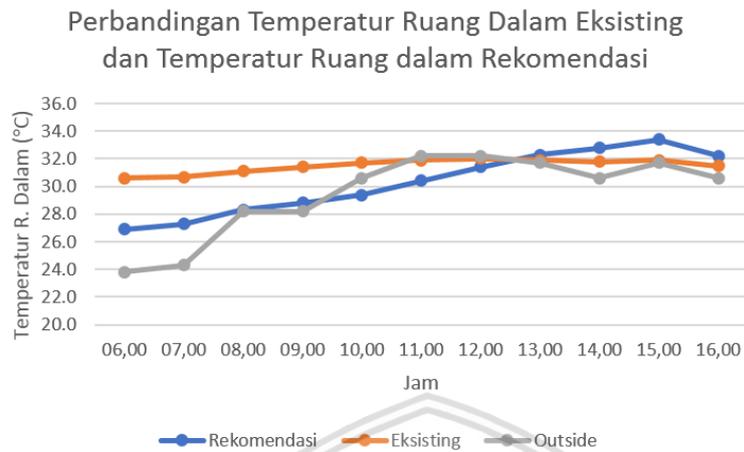


Gambar 4.79 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 4 SMP

Berikut hasil yang didapat dari hasil simulasi alternatif 4 ruang kelas SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawa suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 31 °C

e. Hasil alternatif bukaan SMP (3) 13 Juli

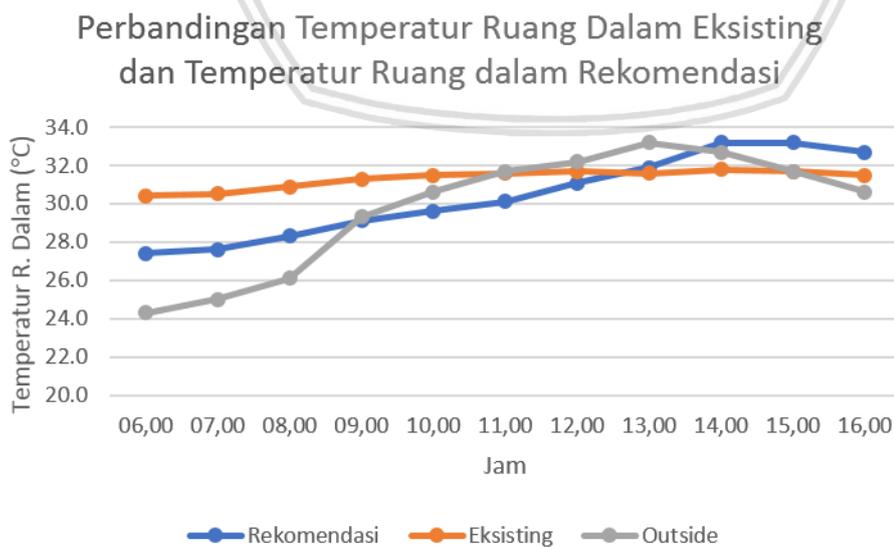


Gambar 4.80 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 4 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMP (3) 13 Juli

- Pada jam 06.00-12.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 31 °C
- Pada jam 13.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 32-33 °C
- Pada jam 16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 mengalami penurunan suhu menjadi 32 °C

f. Hasil alternatif bukaan SMP (3) 14 Juli



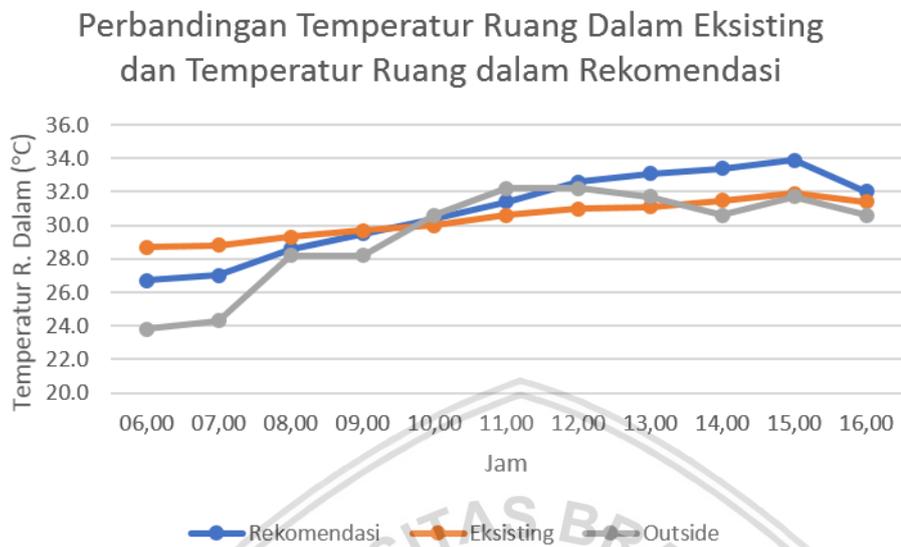
Gambar 4.81 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 4 SMP

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 3 ruang kelas SMP (3) 13 Juli

- a. Pada jam 06.00-12.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawa suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 27- 31 °C
- b. Pada jam 13.00-14.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 31-33 °C
- c. Pada jam 15.00-16.00 temperatur dalam ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 mengalami penurunan suhu menjadi 33-32 °C



g. Hasil alternatif bukaan SMA (1) 13 Juli

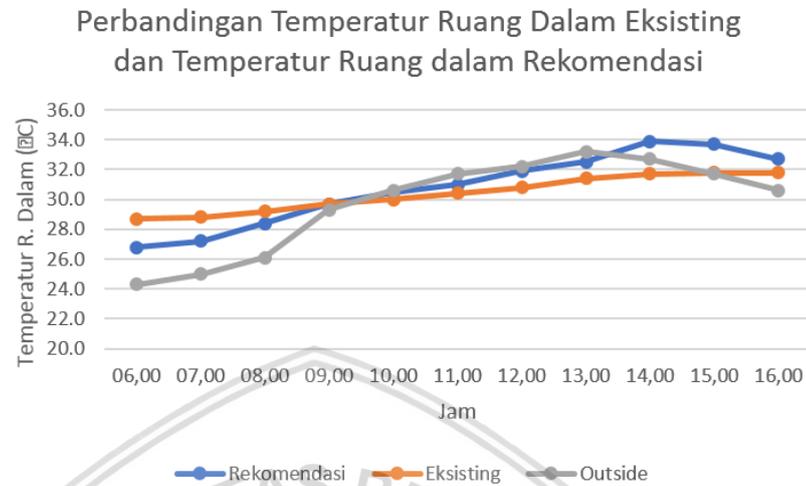


Gambar 4.82 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 4 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMA (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

h. Hasil alternatif bukaan SMA (1) 14 Juli

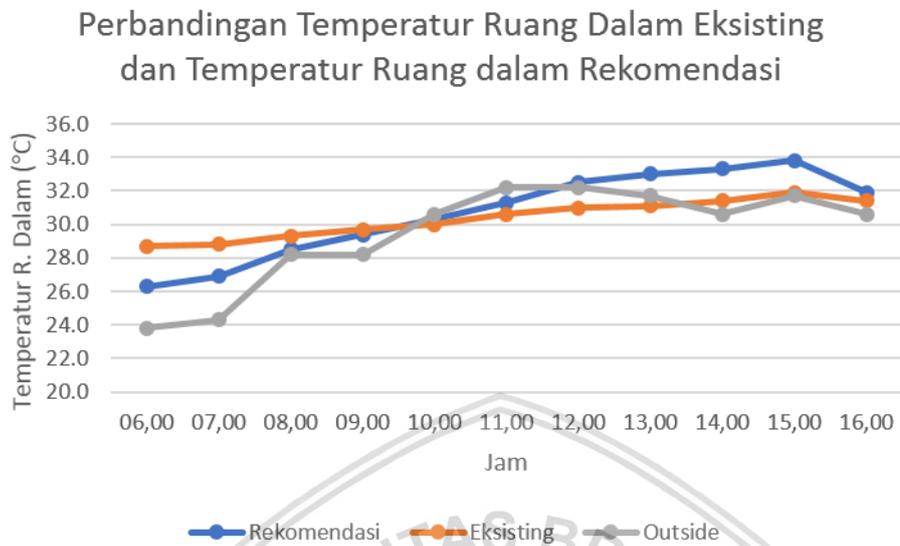


Gambar 4.83 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 4 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMA (2) 13 Juli

- a. Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawa suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- b. Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- c. Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- d. Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

i. Hasil alternatif bukaan 4 SMA (2) 13 Juli

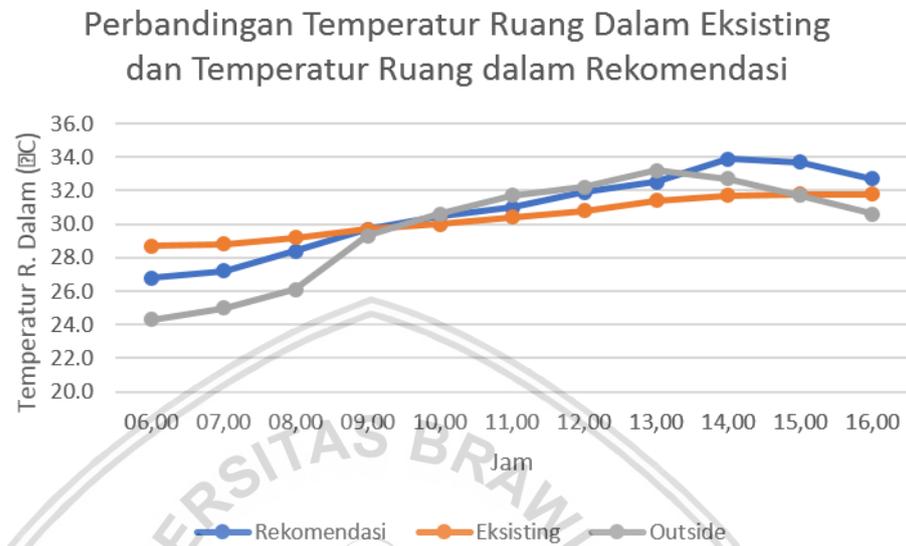


Gambar 4.84 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 4 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMA (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

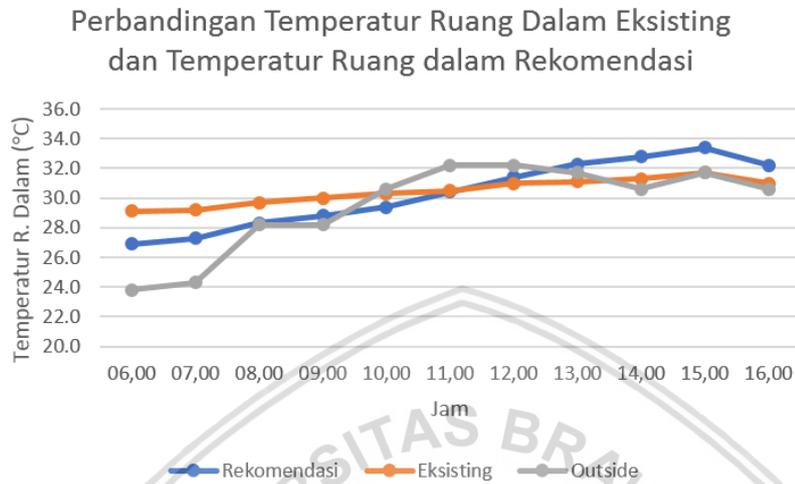
j. Hasil alternatif bukaan 4 SMA (2) 14 Juli



Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMA (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 06.00-09.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawa suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai suhu eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 11.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

k. Hasil alternatif bukaan 4 SMA (3) 13 Juli

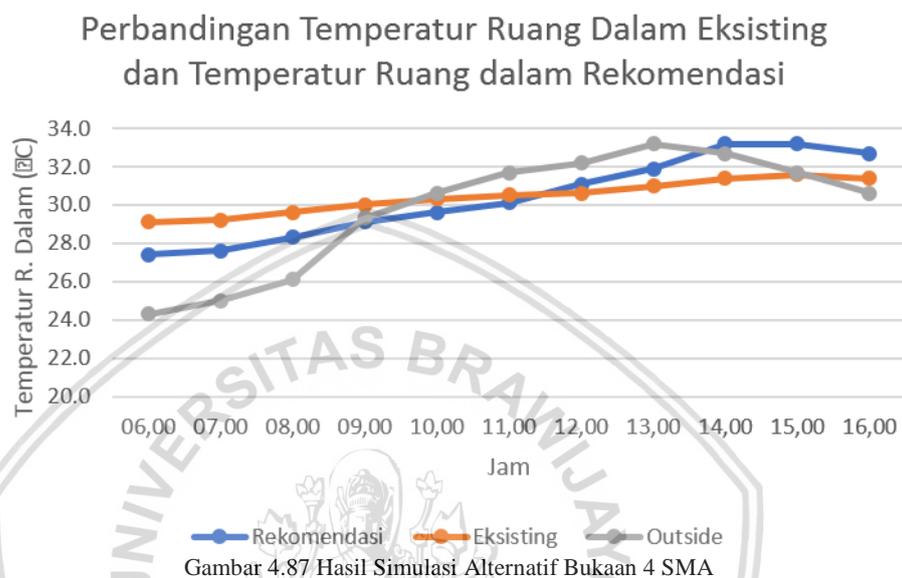


Gambar 4.86 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 4 SMA

Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMA (3) 13 Juli

- 1) Pada jam 06.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawah suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 26- 29 °C
- 2) Pada jam 11.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai temperatur ruang dalam kelas eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 12.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

1. Hasil alternatif bukaan 4 SMA (3) 14 Juli



Berikut hasil yang didapat dari simulasi alternatif 4 ruang kelas SMA (3) 14 Juli

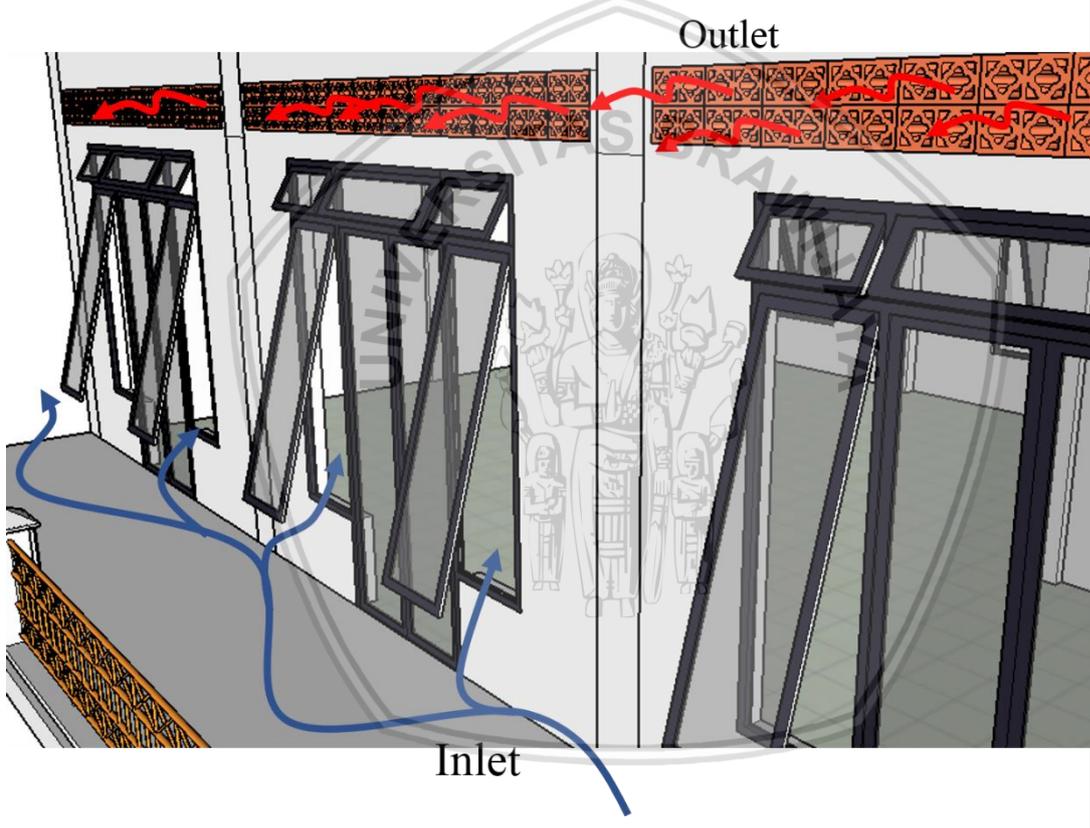
- 1) Pada jam 06.00-10.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 berada dibawa suhu hasil simulasi eksisting yaitu berkisar antara 27- 29 °C
- 2) Pada jam 11.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menyamai temperatur ruang dalam kelas eksisting yaitu 30 °C
- 3) Pada jam 12.00-15.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 sudah melebihi suhu hasil simulasi eksisting yaitu 31 – 33 °C
- 4) Pada jam 16.00 temperatur ruang dalam hasil rekomendasi alternatif 4 menurun namun masih melebihi suhu ruangan eksisting yaitu 32 °C

4.4.2 Hasil Simulasi Rekomendasi Desain Asrama SMP dan SMA

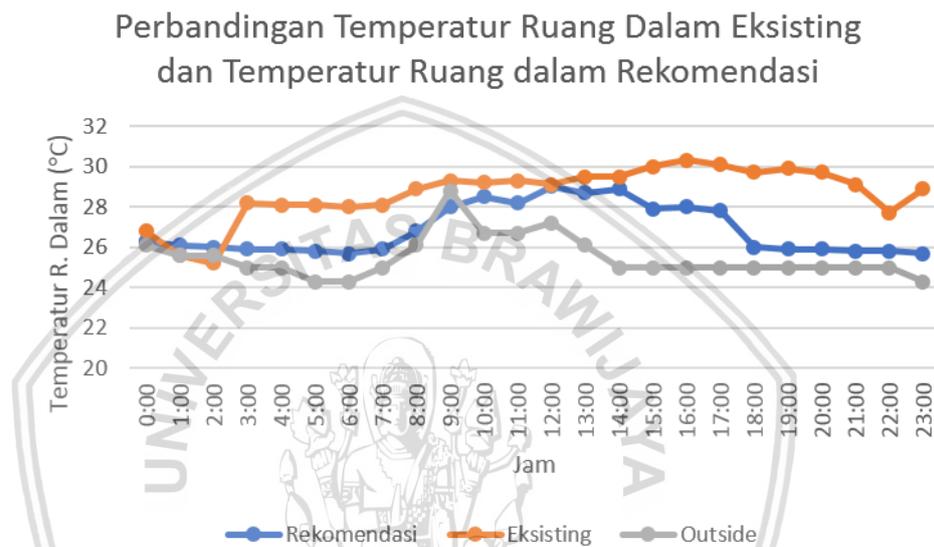
4.4.3 Hasil Rekomendasi Desain Ruang Kelas SMP dan SMA

1. Alternatif Bukaan 1

Tabel 4.40 Alternatif Bukaan 1 Asrama

Alternatif Bukaan 1 Asrama	
	
<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Menambahkan awning window pada atas pintu dan jendela -Menggunakan system ventilasi silang. Sehingga, melancarkan sirkulasi angin menuju ruang dalam. -Menambahkan jendela pada sisi lain barat 	<p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mengurangi jumlah ventilasi pada sisi barat bangunan -membongkar dinding sisi timur untuk dijadikan jendela. -Mengurangi dimensi koridor untuk santri.

a. Hasil Simulasi Ruang Dalam Alernatif 1 Asrama SMP (1) 13 Juli

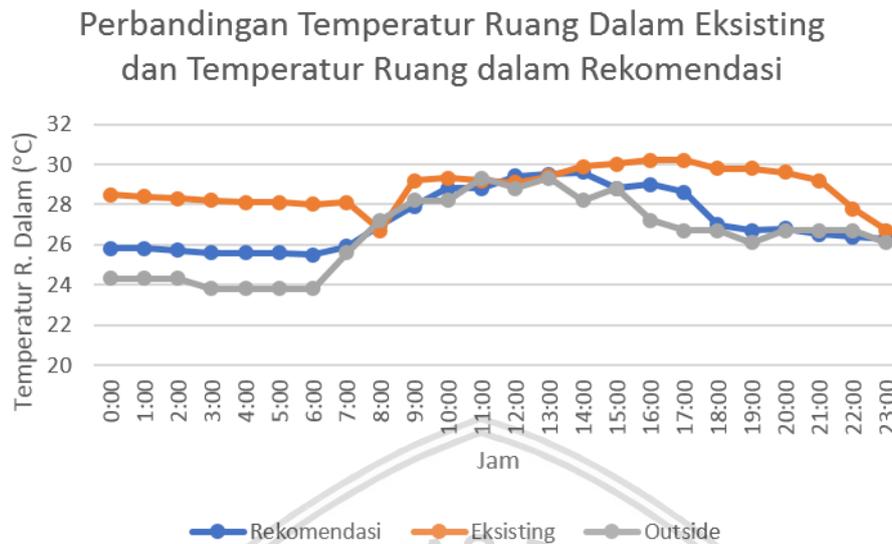


Gambar 4.88 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 1 Asrama SMP (1) 13

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (1) 13 Juli

- 1) Rata-rata temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama SMP (1) adalah 26,9 °C
- 2) Temperatur ruang dalam alternatif 1 berada di bawah suhu ruang asrama eksisting
- 3) Temperatur ruangan tertinggi yang didapat dari alternatif 1 asrama SMP (1) adalah 29 °C

b. Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMP (1) 14 Juli

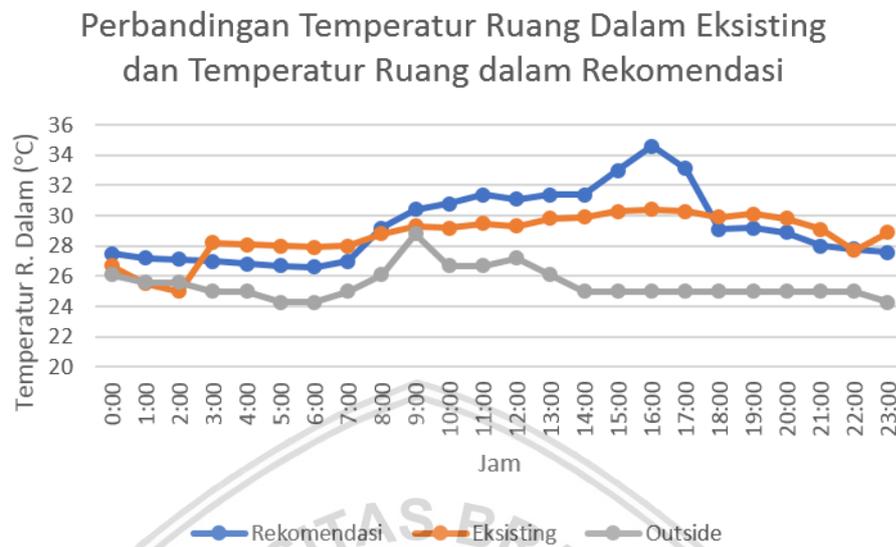


Gambar 4.89 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMP (1) 14

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (1) 14 Juli

- 1) Rata-rata temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama SMP (1) adalah 27,2 °C
- 2) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam asrama berada di bawah temperatur udara asrama eksisting yaitu 25 °C
- 3) Pada jam 08.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 menyamai temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 27 °C
- 4) Pada jam 12.00-14.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama sama dengan temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 28-29 °C
- 5) Pada jam 15.00-23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 menurun menjadi 28 – 26 °C

c. Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMP (2) 13 Juli

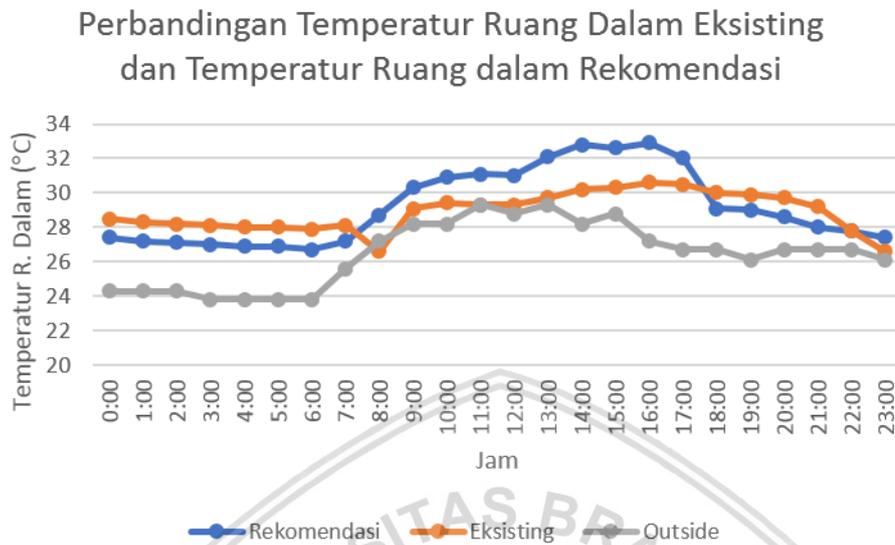


Gambar 4.90 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMP (2) 13 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (2) 13 Juli

- 1) Pada jam 00.00-03.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama SMP (2) melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 27 °C
- 2) Pada jam 04.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26 °C
- 3) Pada jam 08.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menyamai temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29 °C
- 4) Pada jam 09.00 – 16.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 terus meningkat dari yaitu dikisaran 30-34 °C
- 5) Pada jam 17.00-23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menurun menjadi kisaran 33 – 27 °C

d. Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMP (2) 14 Juli

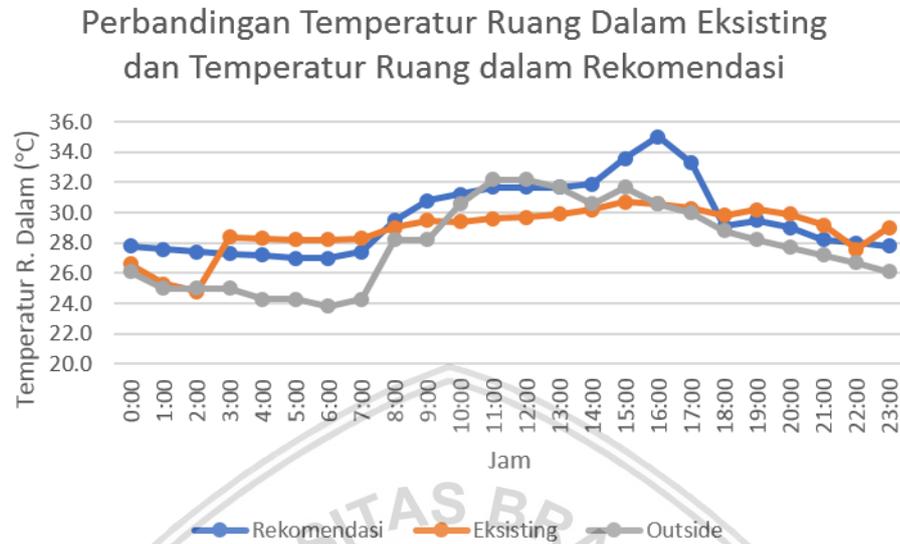


Gambar 4.91 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 1 Asrama SMP (1) 14

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 2) Pada jam 08.00-17.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama lebih tinggi dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29-32 °C
- 3) Pada jam 18.00 – 23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 30-27 °C

e. Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMA (1) 13 Juli

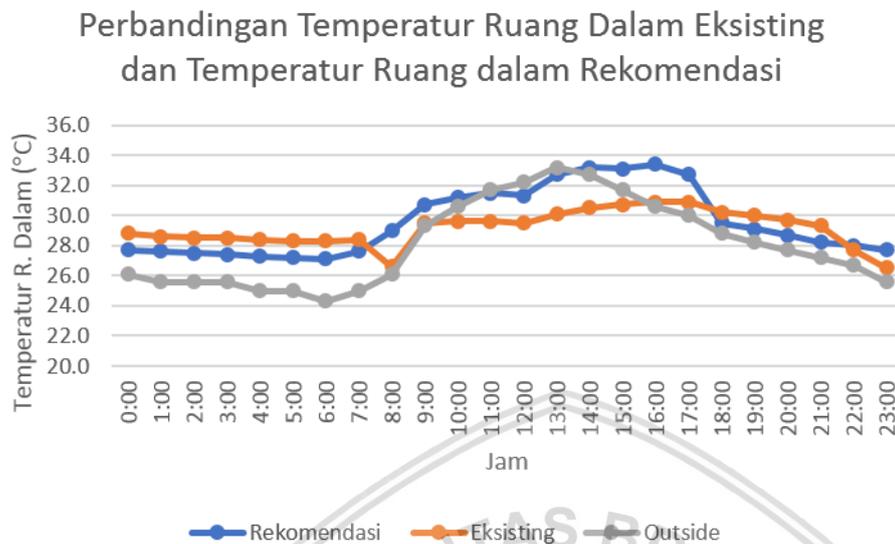


Gambar 4.92 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 1 Asrama SMA (1) 13 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMA (1) 13 Juli

- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama SMP (2) melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 27 °C
- 2) Pada jam 09.00 – 16.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 terus meningkat dari yaitu dikisaran 30-35 °C
- 3) Pada jam 17.00-23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menurun menjadi kisaran 33 – 27 °C

f. Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMA (1) 14 Juli

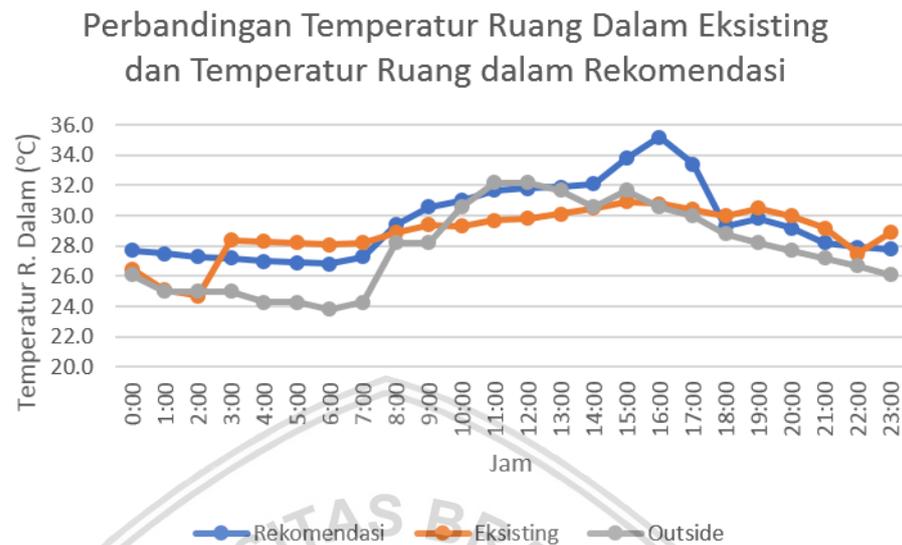


Gambar 4.92 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 1 Asrama SMA (1) 14

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMA (1) 14 Juli

- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 2) Pada jam 08.00-16.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama lebih tinggi dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29-33 °C
- 3) Pada jam 17.00 – 23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 32-27 °C

g. Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMA (2) 13 Juli

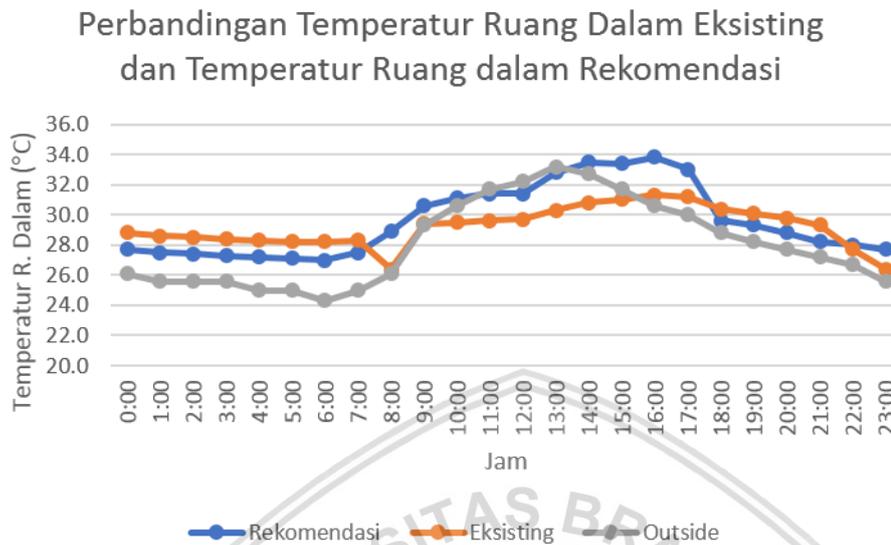


Gambar 4.94 Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMA (2) 13

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMA (2) 13 Juli

- 1) Pada jam 00.00-02.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama SMP (2) melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 27 °C
- 2) Pada jam 03.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 3) Pada jam 08.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menyamai temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29 °C
- 4) Pada jam 09.00 – 16.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 terus meningkat dari yaitu dikisaran 30-35 °C
- 5) Pada jam 17.00-23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menurun menjadi kisaran 33 – 27 °C

h. Hasil Simulasi Alternatif 1 Asrama SMA (2) 14 Juli



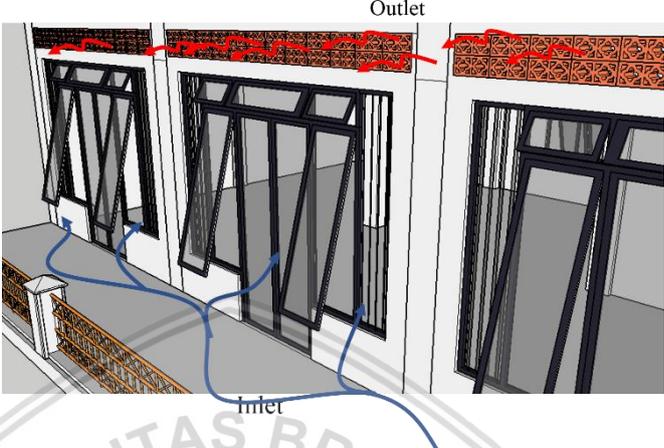
Gambar 4.95 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 1 Asrama SMA (2) 14 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMA (2) 14 Juli

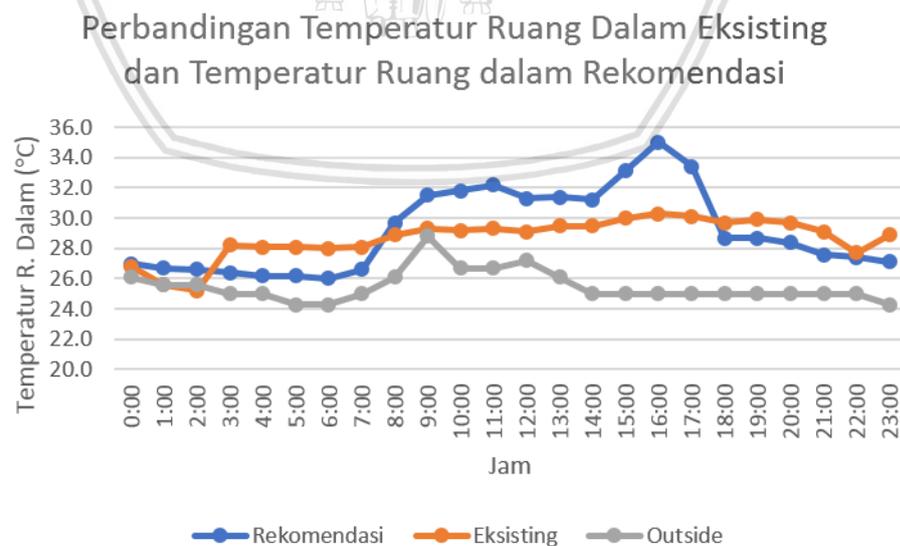
- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 27 °C
- 2) Pada jam 08.00-16.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama lebih tinggi dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29-35 °C
- 3) Pada jam 17.00 – 23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 32-27 °C

2. Alternatif Bukaannya 2

Tabel 4.41 Alternatif Bukaannya 2 Asrama

Alternatif 2 Asrama	
	
<p>Kelebihan</p> <p>-Menambahkan kaca nako dengan menghadap arah angin. Sehingga bisa menyalurkan angin ke dalam ruangan</p>	<p>Kekurangan</p> <p>-Dimensi bukaan menjadi jauh lebih besar dari pada eksisting</p>

a. Hasil Simulasi Alternatif 2 Asrama SMP (4) 13 Juli

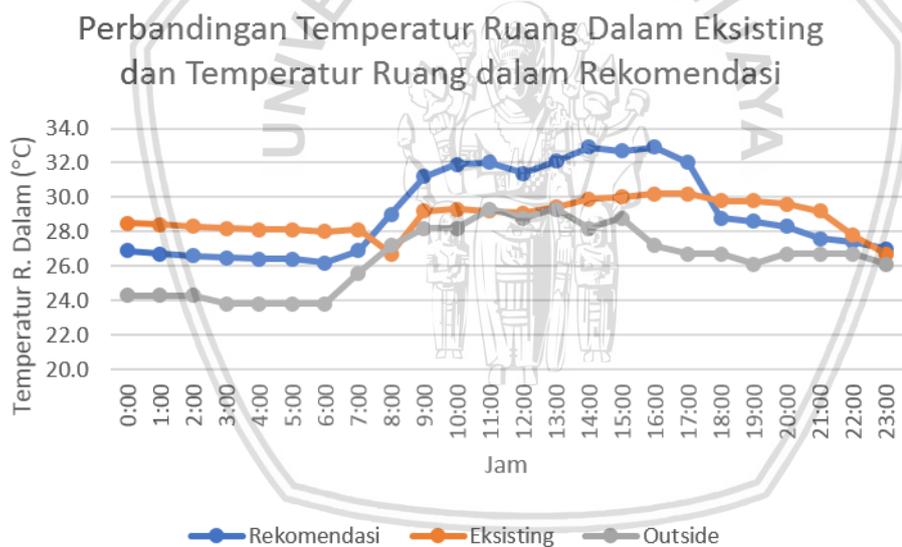


Gambar 4.96 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMP (1) 13

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (4) 13 Juli

- 1) Pada jam 00.00-02.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama SMP (4) melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 26-27 °C
- 2) Pada jam 03.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 3) Pada jam 08.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menyamai temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29 °C
- 4) Pada jam 09.00 – 16.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 terus meningkat dari yaitu dikisaran 30-35 °C
- 5) Pada jam 17.00-23.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama menurun menjadi kisaran 33 – 27 °C

b. Hasil Simulasi Alternatif 2 Asrama SMP (4) 14 Juli



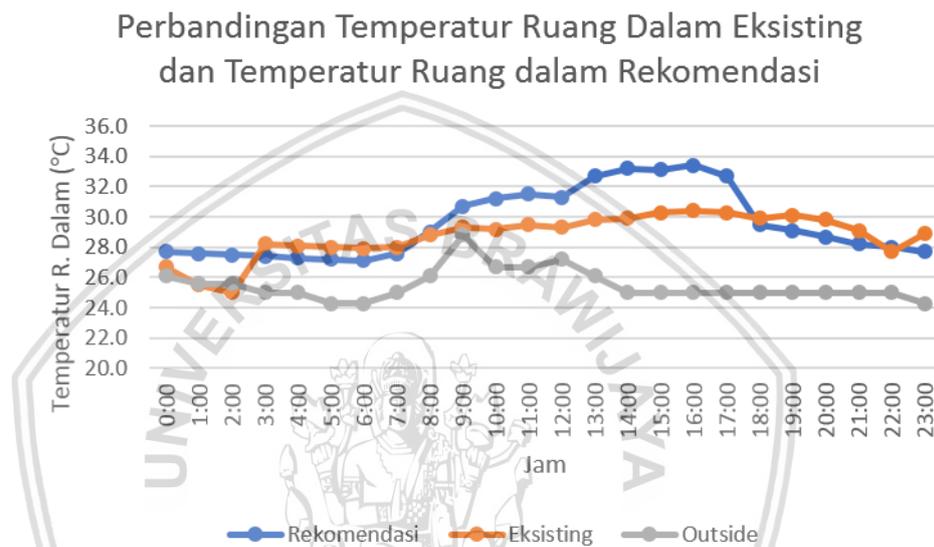
Gambar 4.97 Hasil Simulasi Alternatif Buka 2 Asrama SMP (1) 14 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMA (2) 14 Juli

- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26 °C
- 2) Pada jam 08.00-11.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama lebih tinggi dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29-32 °C

- 3) Pada jam 12.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menurun namun masih melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 31 °C
- 4) Pada jam 13.00 – 23.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 32-27 °C

c. Hasil Simulasi Alternatif 2 Asrama SMP (5) 13 Juli

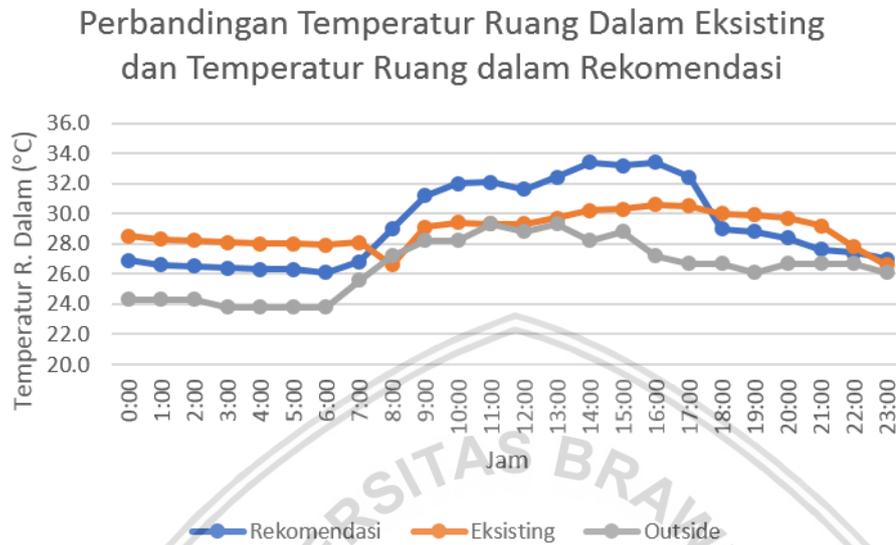


Gambar 4.98 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMP (2) 13

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (4) 13 Juli

- 1) Pada jam 00.00-02.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama SMP (4) melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 27 °C
- 2) Pada jam 03.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 27 °C
- 3) Pada jam 08.00 temperatur ruang dalam alternatif 1 asrama menyamai temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29 °C
- 4) Pada jam 09.00 – 16.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 terus meningkat dari yaitu dikisaran 30-33 °C
- 5) Pada jam 17.00-23.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama menurun menjadi kisaran 32 – 27 °C

d. Hasil Simulasi Alternatif 2 Asrama SMP (5) 14 Juli

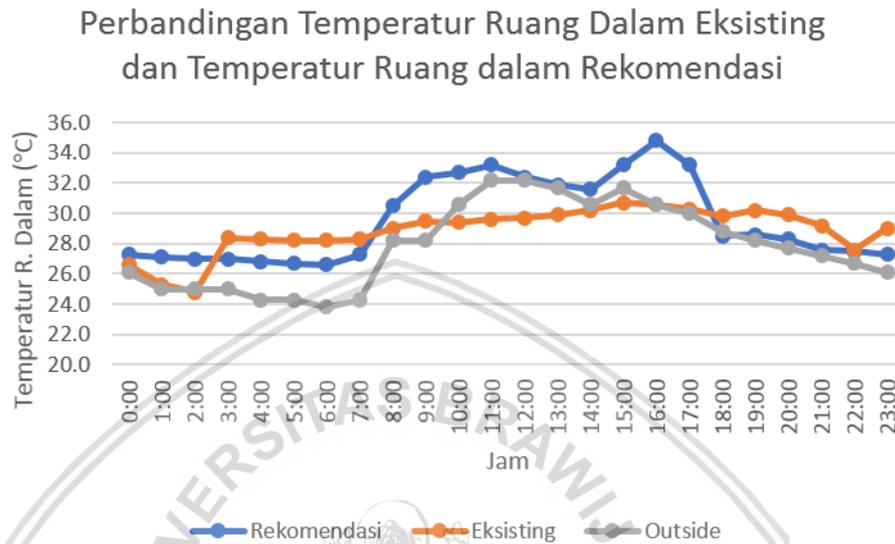


Gambar 4.99 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 2 Asrama SMP (2) 14

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (5) 14 Juli

- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26 °C
- 2) Pada jam 08.00-16.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama lebih tinggi dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29-33 °C
- 3) Pada jam 17.00 – 23.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 32-27 °C

e. Hasil Simulasi Alternatif 2 Asrama SMA (4) 13 Juli

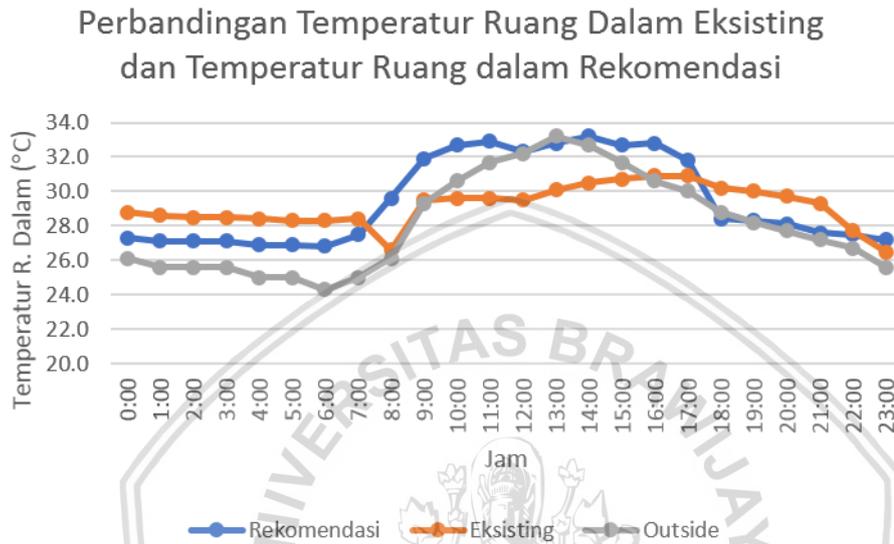


Gambar 4.100 Hasil Simulasi Alternatif Bukan 2 Asrama SMA (1) 13 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMA (4) 13 Juli

- 1) Pada jam 00.00-02.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama SMA (4) melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 27 °C
- 2) Pada jam 03.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 3) Pada jam 08.00 – 11.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 terus meningkat dari yaitu dikisaran 30-33 °C
- 4) Pada jam 12.00-14.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama menurun, namun masih melebihi temperatur ruang dalam eksisting asrama yaitu berkisar antara 32-31 °C
- 5) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama kembali meningkat menjadi 33-34 °C
- 6) Pada jam 17.00-23.00 temperatur ruang dalam menurun dan kurang dari temperatur ruang dalam eksisting asrama yaitu berkisar antara 33-27 °C

f. Hasil Simulasi Alternatif 2 Asrama SMA (4) 14 Juli

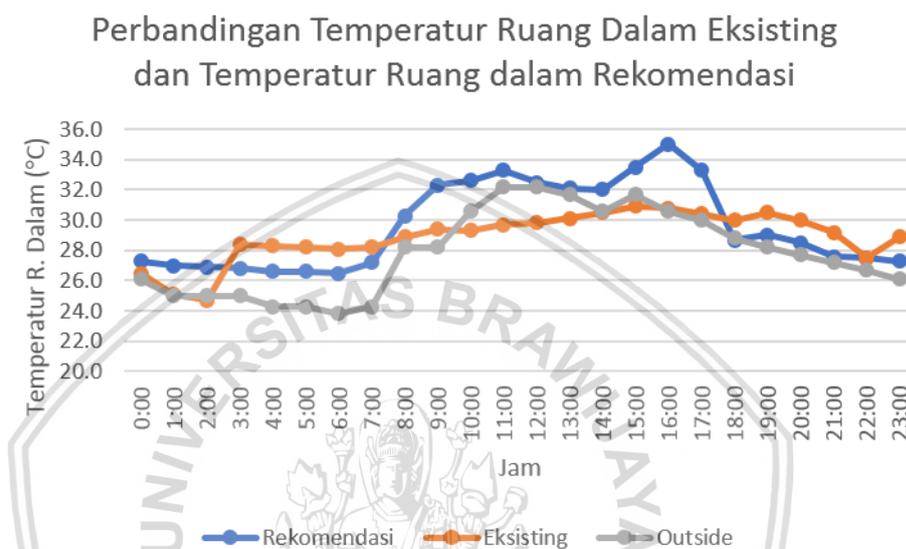


Gambar 4.101 Hasil Simulasi Alternatif Bukaannya 2 Asrama SMA (1) 14 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (5) 14 Juli

- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 2) Pada jam 08.00-14.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama lebih tinggi dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29-33 °C
- 3) Pada jam 15.00 – 23.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 32-27 °C

g. Hasil Simulasi Alernatif 2 Asrama SMA (5) 13 Juli

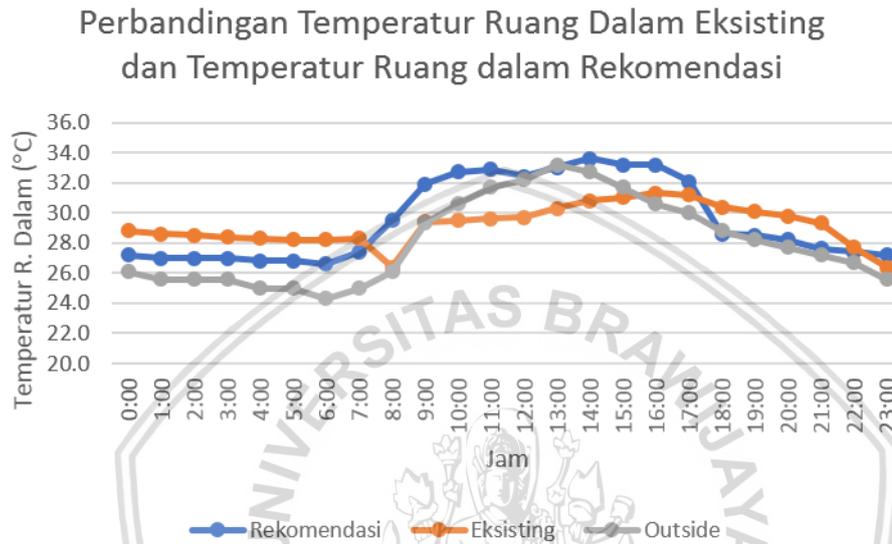


Gambar 4.102 Hasil Simulasi Alternatif Buka-an 2 Asrama SMA (2) 13 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMA (5) 13 Juli

- 1) Pada jam 00.00-02.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama SMA (4) melebihi temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 26-27 °C
- 2) Pada jam 03.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 3) Pada jam 08.00 – 11.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 terus meningkat dari yaitu dikisaran 30-33 °C
- 4) Pada jam 12.00-14.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama menurun, namun masih melebihi temperatur ruang dalam eksisting asrama yaitu berkisar antara 32 °C
- 5) Pada jam 15.00-16.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama kembali meningkat menjadi 33-35 °C
- 6) Pada jam 17.00-23.00 temperatur ruang dalam menurun dan kurang dari temperatur ruang dalam eksisting asrama yaitu berkisar antara 33-27 °C

h. Hasil Simulasi Alternatif 2 Asrama SMA (5) 14 Juli



Gambar 4.103 Hasil Simulasi Alternatif Bukaan 2 Asrama SMA (2) 14 Juli

Berikut hasil dari simulasi alternatif 1 bukaan asrama SMP (5) 14 Juli

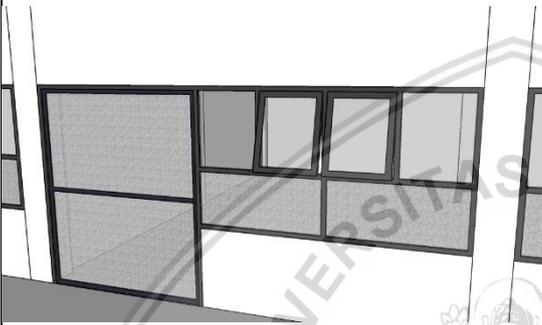
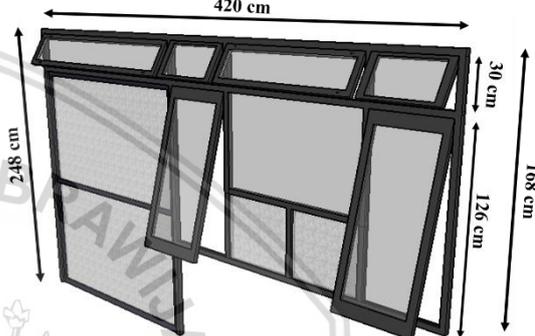
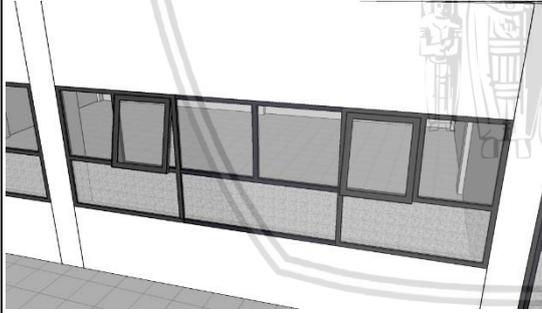
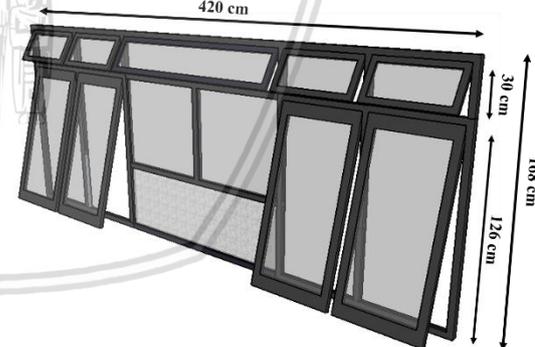
- 1) Pada jam 00.00-07.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 26-27 °C
- 2) Pada jam 08.00-16.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 asrama lebih tinggi dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu 29-33 °C
- 3) Pada jam 17.00 – 23.00 temperatur ruang dalam alternatif 2 kurang dari temperatur ruang dalam asrama eksisting yaitu dikisaran 32-27 °C

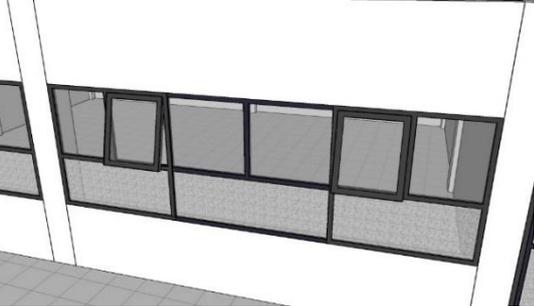
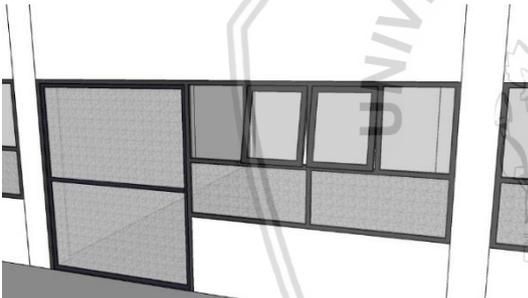
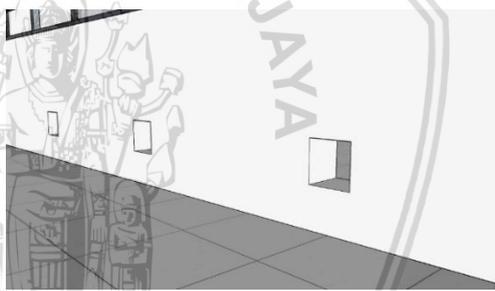
4.5 Hasil Akhir

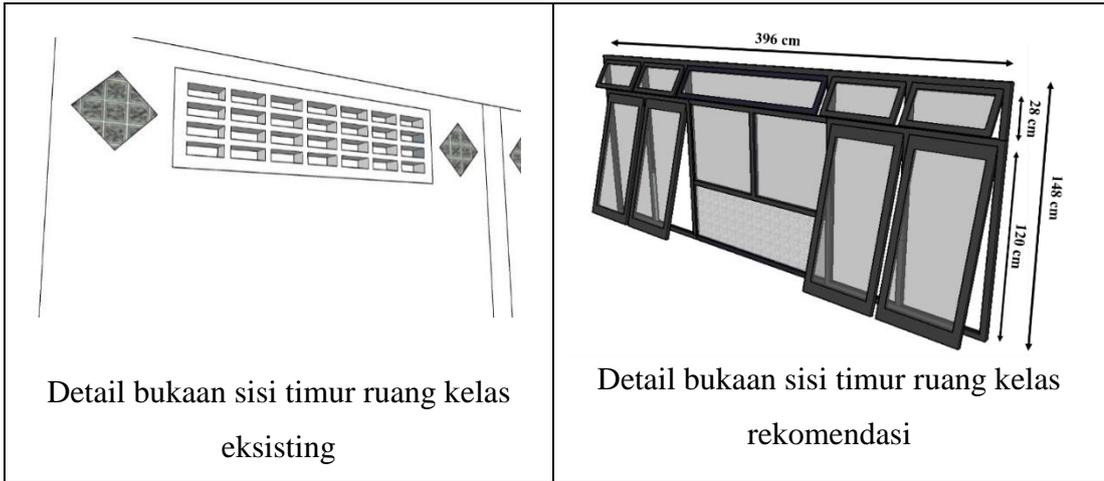
Hasil akhir dari rekayasa bukaan ini adalah untuk melihat perkembangan rekayasa berdasarkan aspek-aspek yang telah ditentukan. Hasil akhir ini menjadi perbandingan dengan eksisting bangunan dengan alternatif bukaan yang telah dibuat, kemudian dari alternatif bukaan dipilih menjadi rekomendasi untuk bukaan tersebut. Berikut perbandingan antara eksisting dengan alternatif bukaan yang telah dipilih.

4.5.1 Hasil Akhir Desain Bukaan

Tabel 4.42 Hasil Akhir Desain Bukaan

EKSISTING	REKOMENDASI
 <p data-bbox="343 1052 805 1153">Detail bukaan sisi barat ruang kelas eksisting</p>	 <p data-bbox="893 1052 1356 1142">Detail bukaan sisi barat ruang kelas rekomendasi</p>
 <p data-bbox="343 1545 805 1646">Detail bukaan sisi barat ruang kelas eksisting</p>	 <p data-bbox="893 1556 1356 1646">Detail bukaan sisi barat ruang kelas rekomendasi</p>
<p data-bbox="662 1668 1045 1702" style="text-align: center;">Mengubah Dimensi bukaan</p> <p data-bbox="327 1724 1380 1814" style="text-align: center;">Ukuran bukaan diubah menjadi lebih tinggi agar sirkulasi udara yang masuk bisa optimal berdasarkan hasil analisis simulasi alternatif</p>	

	
<p>Detail ventilasi sisi barat ruang kelas eksisting</p>	<p>Detail ventilasi sisi barat ruang kelas rekomendasi</p>
<p style="text-align: center;">Menambahkan Bukaan Berupa Ventilasi</p> <p>penambahan bukaan ventilasi merupakan salah satu faktor agar penghawaan dalam ruangan bisa optimal dan fungsi ventilasi sebagai saluran pembuangan hawa panas dalam ruangan.</p>	
	
<p>Detail ventilasi di bagian bawah dinding sisi barat eksisting</p>	<p>Detail ventilasi di bagian bawah dinding sisi barat rekomendasi</p>
<p style="text-align: center;">Menambahkan Ventilasi di Bagian Bawah Ruangan</p> <p>Penambahan ventilasi dibagian bawah ruangan tidak hanya menambah estetika sebuah bangunan tetapi juga berfungsi sebagai jalan masuk nya angin</p>	

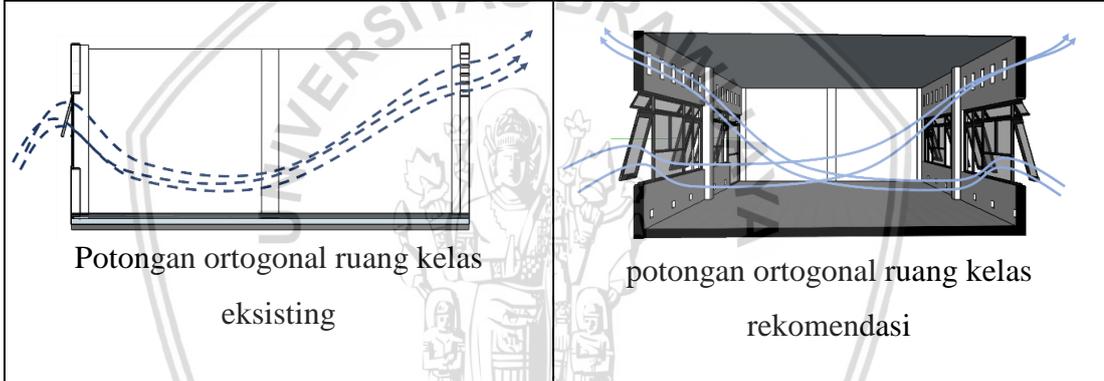


Detail bukaan sisi timur ruang kelas eksisting

Detail bukaan sisi timur ruang kelas rekomendasi

Menambahkan Jendela di Dinding Sebelah Timur

Menambahkan jendela di dinding sebelah timur untuk melancarkan sirkulasi udara dalam ruangan agar terjadi, hal ini dinamakan ventilasi silang.

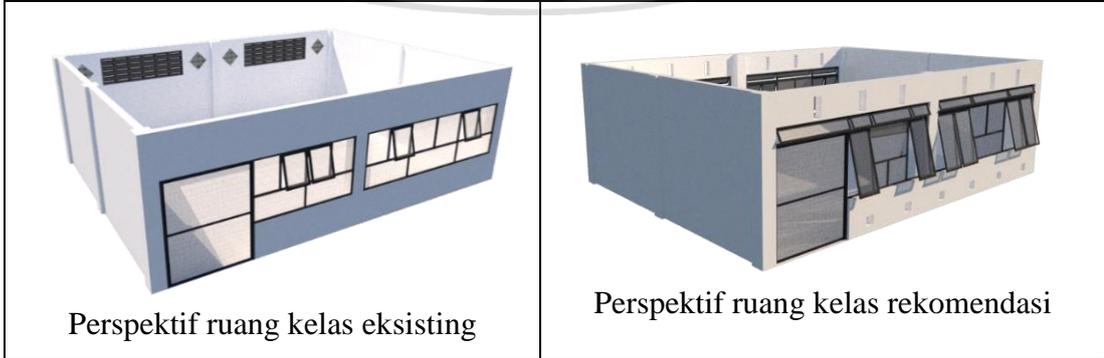


Potongan ortogonal ruang kelas eksisting

potongan ortogonal ruang kelas rekomendasi

Menggunakan Sistem Ventilasi Silang

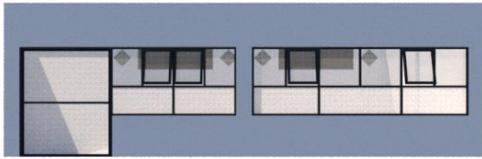
Sistem ventilasi silang sudah terbukti untuk melancarkan sirkulasi udara dalam ruangan, maka dari itu rekomendasi ini cocok untuk ruang kelas dan menjaga suhu ruangan tetap nyaman.



Perspektif ruang kelas eksisting

Perspektif ruang kelas rekomendasi





Tampak sisi barat ruang kelas eksisting



Tampak sisi barat kelas rekomendasi



Tampak sisi timur ruang kelas eksisting



Tampak sisi timur ruang kelas rekomendasi



Potongan detail jendela eksisting



Potongan detail jendela rekomendasi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada objek penelitian ini dapat diketahui bahwa bangunan Pondok Pesantren Darul Hikam ini dapat memanfaatkan system penghawaan alami secara maksimal terutama pada saat kegiatan belajar mengajar. Hal ini dapat dilihat dari cukup kencangnya angin dan kurang dioptimalkannya bukaan sebagai sitem sirkulasi udara, seperti jendela dengan dimensi yang kurang mendukung distribusi angin yang masuk dan keluar ruangan, serta kurangnya jumlah ventilasi untuk mengeluarkan udara panas dalam ruangan.

Bangunan Poondok Pesantren Darul Hikam mempunyai fasad yang tipikal dan *single corridor* pada sisi barat. Bukaan pada bangunan kelas hanya terdapat pada bagian barat saja dan berupa tipikal, sedangkan bagian timur bangunan menggunakan bukaan berupa roster dan glass block. Asrama Pondok Pesantren Darul Hikam berada di sisi barat bangunan kelas, sehingga bangunan kelas dan asrama berhadapan. Dan hasil analisis ini ditemukan dari hasil pengukuran serta analysis simulasi pada bangunan kelas dan asrama bahwa penghawaan dalam ruangan kelas dan pesantren tidak sesuai standar yang ditentukan SNI 03-6572-2001 tentang tata cata perancangan system ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan Gedung.

Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan dimulai dari evaluasi kondisi eksisting, Analisa dan simulasi kemudian ditemukan rekomendasi, simulasi pada penilitan ini menggunakan *software* Ecotect Analysis 2011. Variable yang diteliti adalah bukaan pada kelas dan asrama Pondok Pesantren Darul Hikam.

Dari hasil pengukuran lapangan dan simulasi menggunakan *Ecotect Analysis* didapat bahwa temperatur ruang dalam asrama dan kelas tidak memenuhi standart SNI. Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Bukaan jendela dengan tipe jendela gantung serta ventilasi yang dimiliki oleh ruang kelas dan asrama memiliki kinerja yang kurang optimal serta belum memenuhi standar.

Hal ini dapat dilihat dari luas bukaan jendela dan bukaan ventilasi yang kurang memenuhi standar sehingga pergerakan udara di dalam ruangan tidak dapat dimaksimalkan. Setelah dilakukan proses simulasi rekomendasi dengan mengganti tipe bukaan inlet dan outlet serta mengubah dimensi bukaan didapatkan hasil peningkatan kinerja serta menyeimbangkan kondisi temperatur udara dalam ruangan agar kenyamanan termal tetap terjaga

- b. Hasil rekomendasi desain terpilih akan diterapkan pada seluruh lantai. Melihat hasil pengukuran awal yang dilakukan pada 3 ruang kelas SMP, 3 ruang kelas SMA, 2 asrama SMP, dan 2 asrama SMA yang menunjukkan kondisi udara belum memenuhi kriteria kenyamanan termal.

Dengan menggunakan proses desain metode eksperimental ditemukan beberapa rekomendasi desain bukaan yang dapat mengoptimalkan penghawaan alami pada bangunan kelas dan asrama, yaitu:

Hasil rekomendasi menunjukkan bahwa bangunan kelas dan asrama masih bisa mengoptimalkan penghawaan alami sebesar 13.8%. Agar tidak memakan biaya tambahan untuk alat penghawaan buatan yang relative besar dan penghawaan yang sesuai standar pada pagi, siang, dan sore hari, terutama pada saat kegiatan belajar mengajar.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan, kekurangan tersebut dapat menjadi saran untuk diperbaiki dan kelebihan tersebut dapat dijadikan saran untuk dapat diterapkan manfaat untuk kedepannya.

Bagi akademisi dan kepentingan ilmu pengetahuan, agar penelitian ini dapat menjadi acuan bukaan yang hemat energi, kesadaran bahwa penggunaan energi berlebih pada bangunan merupakan masalah yang serius pada zaman ini. Sehingga, penelitian ini dapat menjadi referensi solusi desain bangunan yang lebih hemat energi.

Untuk masyarakat umum, penerapan bukaan buan hany sebagai angin masuk dan keluar namun juga merupakan salah satu factor yang penting untuk penghawaan alami sehingga pada penggunaan energi penerapan bukaan yang tepat merupakan salah satu yang dapat menghemat energi.

Bagi pengelola Pondok Pesantren Darul Hikam, penerapan bukaan yang baik dan benar merupakan salah satu langkah untuk penghematan biaya pengeluaran untuk energi penghawaan buatan. Sehingga pada perancangannya perlu diperhatikan aspek-aspek yang mempengaruhi penghawaan alami agar dapat memberi kenyamanan saat beraktivitas.



DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. (2009). *Handbook of Fundamental*. USA: ASHRAE.
- Becket, HE, Godfrey, JA. (1974). *Window: Performance, Design, and Installation*. New York: Van Nostrand Reinhold CO.
- Departemen Pendidikan Nasional (2014) Kamus Besar Bahasa Indonesia Cetakan ke Delapan Belas Edisi IV. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- <https://www.bmkg.go.id/cuaca/prakiraan-cuaca.bmkg?Kota=Kabupaten%20Mojokerto&AreaID=5002269&Prov=12> (diakses Tanggal 20 Maret 2018)
- Idham, Noor Choliz. (2016). *Arsitektur dan Kenyamanan Termal*. ANDI, Yogyakarta.
- Lippsmeier. (1997). *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- Lechner, Nobert. (2007). *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain Untuk Arsitektur*. Penerjemah, Sandriana Siti. Edisi kedua cetakan pertama. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Mangunwijaya. (2000). *Pengantar fisika Bangunan-cet.6*. Jakarta: djambatan.
- Melaragno. (1982). *Wind in Architectural and Environmental Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Company. Page 41, 346, 377-378, 381.
- Nugroho, A.M. (2011). A preliminary *Study of Thermal Environment in Malaysia's Terraced Houses*, Journal and Economic Engineering: 2(1), 25-28.
- Satwiko. (2009). *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: Andi.
- Badan Standarisasi Nasional (2001) SNI 03-65572-2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta.

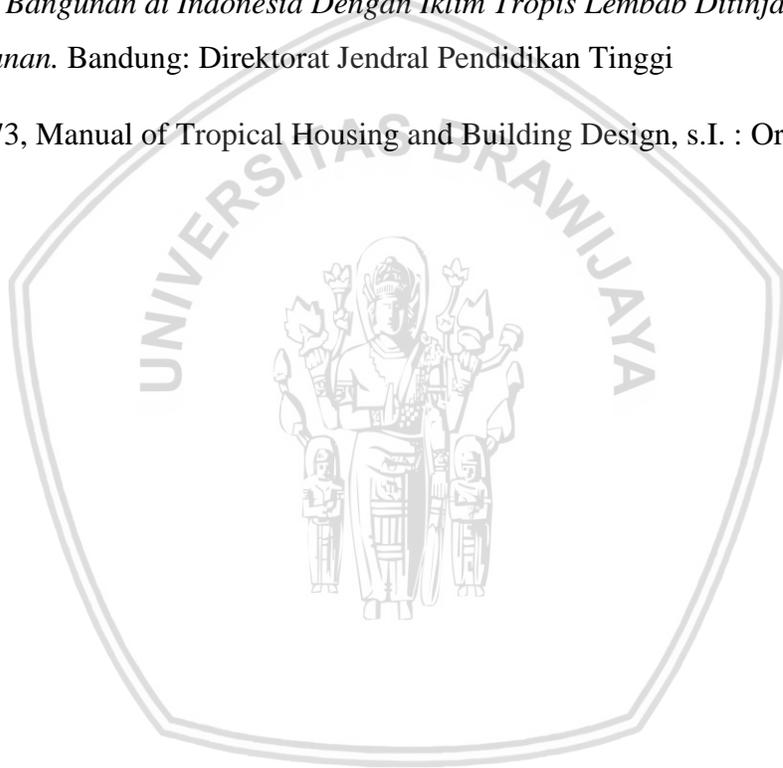
Szokolay. (2004), *Intorduction to Architectural Science : The Basic os Suustainable Design*.
ELSEVIER : NEW DEHLI.

Snyder & Catanese. (1989); *Introduction to Architecture*. Jakarta: Erlangga

Sugini. (2013). *Kenyamanan Termal Ruang Konsep dan Penerapan Pada Desain*.
Yogyakarta: Graha Ilmu

Soegijanto. (1999). *Bangunan di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau Dari Aspek Fisik Bangunan*. Bandung: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi

Koenigsberger, 1973, *Manual of Tropical Housing and Building Design*, s.I. : Orient Longman



LAMPIRAN

Gambar 1.1 sisi timur R. Kelas



Gambar 1.2 sisi barat R. Kelas



Gambar 1.3 tampak depan Pondok Pesantren



Gambar 1.4 sisi barat R. Kelas SMP



Gambar 1.4 sisi barat R. Kelas SMA



Gambar 1.4 interior asrama

