

**PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**

**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



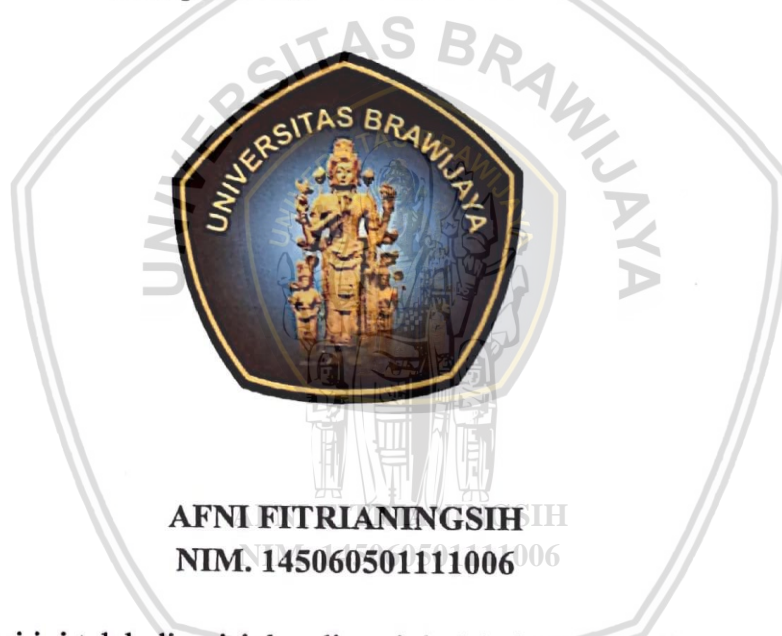
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

repository.ub.ac.id

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN**  
**VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**  
**PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN**  
**VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**  
**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AFNI FITRIANINGSIH**  
**NIM. 145060501111006**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 12 Juli 2018



Mengetahui  
Ketua Program Studi Sarjana Aritektu

**Jr. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.**

NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing



**Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D**

NIK. 201304 870504 2 001

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018

**PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**

**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**



repository.ub.ac.id

## PENGARUH TINGKAT PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

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

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

Malang, 12 Juli 2018

Mahasiswa,

Afni Fitriainingsih  
145060501111006



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018



**TURNITIN**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA**



**SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 021 /JUN10. F07.15/TU/2018

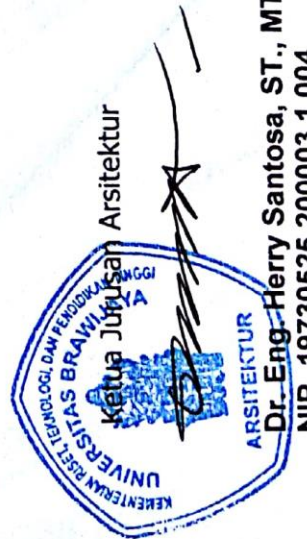
Sertifikat ini diberikan kepada :

**AFNI FITRIANINGSIH**

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI  
ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNGA**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 13 Juli 2018



**Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT  
NIP. 19730525 200003 1 004**

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

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

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
menyempulkan oleh gelar Sarjana Teknik





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

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

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
 LABORATORIUM TEKNOLOGI BANGUNAN  
**LEMBAR HASIL  
 DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Afni Fitrianiingsih  
 NIM : 145060501111006  
 Judul Skripsi : Pengaruh Tipe Bukaan Jendela Terhadap Kenyamanan Ventilasi di Asrama Griya Brawijaya Gedung A  
 Dosen Pembimbing : Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D.  
 Periode Skripsi : 2017/2018  
 Alamat Email : [fitriafni770@gmail.com](mailto:fitriafni770@gmail.com)

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Staf LDTA
13 Juli 2018	1	4%	
	2		
	3		
	4		
	5		

AFNI FITRIANINGSIH  
 Malang, 13 Juli 2018  
 Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D.  
 NIP. 201304 870504 2 001

Kepala Laboratorium Dokumentasi Dan Tugas Akhir

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

Keterangan:

- Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
- Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas



# PENGARUH TIPE BUKAAN RINGKASAN TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

**Afni Fitrianiingsih**, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Pengaruh Tipe Bukaannya Jendela Terhadap Kenyamanan Ventilasi di Asrama Griya Brawijaya Gedung A*, Dosen Pembimbing : Agung Murti Nugroho.

Asrama Griya Brawijaya merupakan salah satu asrama yang berada di kampus pusat Universitas Brawijaya. Universitas Brawijaya dalam Rencana Strategis 2015-2019, dalam program 2015-2019 Universitas Brawijaya mengembangkan sarana dan prasarana kampus menuju *Green Campus*. Konsep bangunan menggunakan penghawaan dan pencahayaan alami yang sejalan dengan Renstra 2015-2019 Universitas Brawijaya. Namun kondisi suhu di dalam bangunan lebih tinggi dari pada suhu diluar bangunan, sehingga perlu adanya strategi pendinginan alami untuk menurunkan suhunya. Pendinginan alami pada asrama perlu diterapkan secara efektif melalui kinerja jendela yang sudah disesuaikan dengan kondisi iklim Kota Malang.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan eksperimental dengan Autodesk Ecotect Analisis 2011. Data primer berupa data pengukuran suhu, kecepatan angin, kelembapan, dan pengukuran fisik bangunan didapat melalui survey secara langsung. Kemudian data ini dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Setelah dilakukan analisis, dilakukan modifikasi terhadap jendela untuk mendapatkan penurunan suhu yang sesuai dengan zona suhu nyaman Kota Malang. apabila kondisi suhu di semua rentang masih belum turun, dilakukan analisis kenyamanan ventilasi untuk mendapatkan besaran kebutuhan kecepatan angin dengan menggunakan diagram *psycomatrix* versi bioklimatik Nugroho (2007).

Jendela eksisting di asrama Griya Brawijaya adalah jendela tipe *awning* dan *casement* dengan sudut bukaan 30° untuk *awning* dan 50° untuk *casement*. Modifikasi desain jendela dilakukan pada sudut bukaan, dimensi, posisi dan tipe jendela. Tipe jendela yang memiliki kinerja cukup baik dalam menurunkan suhu adalah tipe kisi (Nugroho, 2013), *awning*, dan *horizontal pivot*. Namun jendela yang sesuai untuk asrama adalah jendela kisi (Nugroho, 2013) dengan penurunan suhu sebesar 0.39°C. Modifikasi *shading device* didapatkan penurunan suhu ruang hingga 0.45°C. Namun penurunan suhu ruang belum sampai pada zona nyaman suhu Kota Malang. Sehingga diperlukan tambahan aliran angin didalam ruang untuk mencapai kenyamanan ventilasi walaupun masih berada diluar suhu nyaman Kota Malang. Penurunan suhu dapat dicapai dengan merubah sudut bukaan jendela *awning* dari sudut 30° menjadi 60°, perubahan sudut ini mampu meningkatkan kecepatan angin hingga 26%.

Kata Kunci : bukaan jendela, pengkondisian alami, kenyamanan ventilasi.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018

## PENGARUH TIPE BUKAAN Jendela TERHADAP KENYAMANAN

**Afni Fitrianiingsih**, Department of Architecture, Faculty of Engineering Brawijaya University, Juli 2018, *The Effect of Window Opening on Comfort Ventilation in Griya Brawijaya Dormitory Building A*, Academic Supervisor : Agung Murti Nugroho.

### SKRIPSI

Griya Brawijaya dormitory is one of the dormitory located in Universitas Brawijaya campus. Universitas Brawijaya in Strategic Plan 2015-2019, in the program 2015-2019 Universitas Brawijaya develop campus facilities and infrastructure to Green Campus. The concept of building using natural penghawaan and pengajayaan in line with Renstra 2015-2019 Universitas Brawijaya. But the temperature conditions inside the building is higher than the temperature outside the building, so there is a need for a natural cooling strategy to decrease its temperature. The natural cooling of the dorms needs to be effectively applied through the performance of windows that have been adapted to the climate conditions of Malang.

This research uses quantitative and experimental descriptive method with Autodesk Ecotect Analisis 2011. Primary data such as temperature measurement data, angin velocity, humidity, and physical measurement of building obtained through direct survey. Then this data is analyzed by using descriptive method of quantitative and qualitative. After the analysis, modifications to the window to get a temperature drop that is in accordance with the comfortable temperature zone of Malang City. If the temperature conditions in all ranges have not gone down, the ventilation comfort analysis has been done to obtain the angular velocity requirement by using the bioclimatic pshycomatrics diagram of Nugroho (2007).

Existing window in Griya Brawijaya dormitory is window of awning and casement type with angle of opening  $30^\circ$  for awning and  $50^\circ$  for casement. Modified window design is done at the opening angle, dimension, position and window type. Type of window that has a good enough performance in lowering the temperature is the type of jalousi (Nugroho, 2013), awnings, and horizontal pivot. However the appropriate window for the dorm is the jalousi (Nugroho, 2013) with a decrease temperature up to  $0.39^\circ\text{C}$ . Modified shading device obtained a decrease in room temperature up to  $0.45^\circ\text{C}$ . But the decrease in room temperature has not reached the comfort zone of Malang City. So it takes additional wind flow in the room to achieve the comfort of ventilation, although still outside the comfortable temperature of Malang. Decrease in temperature can be achieved by changing the angle of the awning window open from  $30^\circ$  to  $60^\circ$  angle, this angular change can increase wind speed up to 26%.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018



**PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**

**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Tipe Buka-an Jendela Terhadap Kenyamanan Ventilasi Di Asrama Griya Brawijaya Gedung A” dapat terselesaikan tepat waktu.

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

1. Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya,
2. Nabi Muhammad SAW. Rahmat bagi seluruh alam semesta,
3. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungannya, sehingga laporan skripsi ini dapat selsai tepat waktu,
4. Bapak Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan positif dalam proses penyusunan laporan skripsi hingga selesai,
5. Ibu Wasiska Iyati, ST., MT dan Bapak Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St.,Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan,
6. Bapak Ir. Chairil Budiarto Amiuzza, MSA selaku Kepala Laboratorium Dokumentasi dan Tugas Akhir
7. Teman-teman Asrama Griya Brawijaya yang telah membantu selama penelitian ini,
8. Mas Adib dan Fana yang telah memberikan semangat dan dukungannya, serta Mas Yudha pendamping yang selalu memberikan motivasi hingga laporan skripsi ini selesai,
9. Teman-temanku perempuan calon istri idaman, Vina, Chici, dan Dinne yang selalu ada membantu dan menghibur dari awal perkuliahan hingga laporan skrpsi selesai,
10. Serta pihak lain yang telah membantu proses penyelesaian laporan skripsi.

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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018

Malang, Juli 2018

Penulis

**PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**

**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

PENGARUH TIPE BUKAAN **DAFTAR ISI** TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I. LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat .....	3
1.7 Sistematika Pembahasan.....	4
1.7 Kerangka Pemikiran .....	7
BAB II.....	9
TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Iklim.....	9
2.1.1 Iklim tropis Indonesia.....	9
2.1.2 Iklim Kota Malang .....	10
2.2 Kenyamanan Termal.....	11
2.2.1 Kenyamanan suhu .....	13
2.2.2 Kenyamanan termal untuk pria dan wanita .....	14
2.2.3 Kenyamanan ventilasi.....	14
2.2.4 Aliran angin .....	16
2.4 Jendela .....	18
2.4.1 Tipe jendela .....	18
2.4.2 Dimensi jendela .....	21
2.4.3 Orientasi jendela.....	22
2.4.4 Posisi jendela .....	22
2.4.5 <i>Shading device</i> pada jendela.....	23
2.5 Penelitian Terdahulu .....	25
2.6 Kerangka Teori .....	27



<b>BAB III. CARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN</b>	<b>29</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>	<b>29</b>
3.1    Metode Umum dan Tahapan Penelitian .....	29
3.1.1    Metode umum penelitian.....	29
3.1.2    Tahapan penelitian .....	29
3.2    Lokus dan Fokus Penelitian.....	31
3.2.1    Lokus penelitian .....	31
3.2.2    Fokus penelitian .....	31
3.3    Jenis dan Metode Pengumpulan Data.....	32
3.3.1    Jenis data .....	32
3.3.2    Metode pengumpulan data .....	33
3.4    Populasi dan Sampel.....	33
3.5    Variabel Penelitian .....	34
3.6    Metode Analisis Data .....	34
3.7    Waktu Penelitian.....	35
3.8    Teknik Pengumpulan Data .....	35
3.9    Teknik Analisis Data .....	35
3.10    Teknik Sintesis Data.....	36
3.11    Instrumen Penelitian .....	37
3.12    Kerangka Metode Penelitian .....	38
<b>BAB IV .....</b>	<b>39</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1    Identifikasi Objek .....	39
4.1.1    Kondisi iklim Kota Malang.....	39
4.1.2    Kondisi tapak Asrama Griya Brawijaya.....	40
4.1.3    Kondisi bangunan Asrama Griya Brawijaya Gedung A .....	44
4.2    Analisis Suhu Kota Malang .....	46
4.2.1    Suhu netral Kota Malang.....	46
4.2.2    Analisis arah angin .....	48
4.3    Analisis Visual.....	50
4.3.1    Pembayangan bangunan .....	50
4.3.2    Jendela.....	59
4.4    Analisis Data Pengukuran .....	62
4.4.1    Data pengukuran .....	62
4.4.2    Analisis pengukuran suhu udara .....	67



4.4.3	Analisis pengukuran kecepatan angin	69
4.4.4	Analisis kenyamanan ventilasi	69
4.4.5	Kesimpulan hasil pengukuran	81
4.5	Analisis Simulasi	81
4.5.1	Validasi	84
4.5.2	Hasil simulasi	86
4.6	Modifikasi Jendela Eksisting	86
4.6.1	Modifikasi sudut jendela	87
4.6.2	Modifikasi Shading Device	89
4.6.3	Penerapan pada Orientasi	90
4.6.4	Analisis kenyamanan ventilasi	90
4.7	Modifikasi Desain Jendela	100
4.7.1	Dimensi jendela	101
4.6.2	Posisi jendela	107
4.6.3	Tipe jendela	111
4.6.4	Modifikasi <i>shading device</i>	118
4.7.5	Penerapan modifikasi desain jendela	124
4.7.6	Analisis kenyamanan terhadap ventilasi	124
4.8	Perbandingan Hasil Modifikasi	133
BAB V		135
KESIMPULAN DAN SARAN		135
5.1	Kesimpulan	135
5.2	Saran	135
DAFTAR PUSTAKA		137

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 MALANG  
 2018



**PENGARUH TIPE BUKAAN DAFTAR TABEL TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**

Tabel 2.1 Kondisi iklim Kota Malang Tahun 2017 .....	10
Tabel 2.2 Perbedaan suhu netral pria dan wanita .....	14
Tabel 2.3 Pengaruh angin terhadap kenyamanan ventilasi .....	15
Tabel 3.1 Variabel .....	34
Tabel 4.1 Analisis aliran angin .....	49
Tabel 4.2 Validasi pembayangan dengan <i>sketch up</i> .....	51
Tabel 4.3 Pembayangan bangunan pada pukul 08.00 .....	52
Tabel 4.4 Pembayangan bangunan pada pukul 12.00 .....	54
Tabel 4.5 Pembayangan bangunan pada pukul 16.00 .....	56
Tabel 4.6 Pembayangan fasad utara 25-26 Februari .....	59
Tabel 4.7 Kondisi bukaan eksisting .....	60
Tabel 4.8 Kebutuhan dimensi bukaan .....	62
Tabel 4.9 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.1 .....	71
Tabel 4.10 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.2 .....	72
Tabel 4.11 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.3 .....	74
Tabel 4.12 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.1 .....	75
Tabel 4.13 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.2 .....	77
Tabel 4.14 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.3 .....	78
Tabel 4.15 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 4.1 .....	80
Tabel 4.16 Validasi simulasi .....	85
Tabel 4.17 Kondisi jendela eksisting .....	87
Tabel 4.18 Alternatif sudut bukaan jendela .....	87
Tabel 4.19 Alternatif sudut bukaan jendela .....	88
Tabel 4.20 Alternatif sudut bukaan jendela .....	89
Tabel 4.21 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.1 .....	91
Tabel 4.22 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.2 .....	92
Tabel 4.23 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.2 .....	94
Tabel 4.24 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.1 .....	95
Tabel 4.25 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.2 .....	96
Tabel 4.26 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.3 .....	97
Tabel 4.27 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 4.1 .....	98
Tabel 4.28 Kondisi jendela eksisting .....	101



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 MALANG  
 2018

SKRIPSI  
 PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
 INS. DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
 memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tabel 4.29 Penyederhanaan dimensi jendela eksisting .....	102
Tabel 4.30 Alternatif dimensi jendela .....	102
Tabel 4.31 Hasil simulasi dimensi.....	103
Tabel 4.32 Alternatif dimensi jendela .....	108
Tabel 4.33 Alternatif posisi jendela.....	108
Tabel 4.34 Hasil simulasi posisi jendela .....	109
Tabel 4.35 Alternatif jenis jendela .....	111
Tabel 4.36 Alternatif jenis jendela .....	112
Tabel 4.37 Simulasi alternatif jenis jendela.....	113
Tabel 4.38 SBV .....	119
Tabel 4.39 Gambar potongan modifikasi shading device .....	120
Tabel 4.40 Hasil simulasi shading device .....	122
Tabel 4.43 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.3 setelah rekomendasi .....	128
Tabel 4.44 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.1 .....	129
Tabel 4.45 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.2 .....	130
Tabel 4.46 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.3 setelah rekomendasi .....	132
Tabel 4.47 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 4.1 .....	133

AFNI FITRIANINGSIH  
 NIM. 145060501111006

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 MALANG  
 2018



**PENGARUH TIPE BUKU DAFTAR GAMBAR TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A**

Gambar 2.1 Pembagian iklim menurut W. Koppen .....	9
Gambar 2.2 Kegiatan manusia dan panas yang dihasilkan .....	12
Gambar 2.3 Kebutuhan kecepatan angin untuk kenyamanan ventilasi.....	16
Gambar 2.4 Pola aliran udara.....	17
Gambar 2.5 Grafik gradien angin pada kondisi topografi yang berbeda-beda .....	17
Gambar 2.6 Aliran angin pada bangunan tinggi yang terisolasi (kiri) dan yang dikelilingi bangunan lain (kanan) .....	18
Gambar 2.7 Jenis jendela yang memberikan efek kuat terhadap aliran udara .....	19
Gambar 2.8 Jenis Jendela .....	19
Gambar 2.9 Tipe Jendela menurut awbi (a) horizontal pivot; (b) casement; (c) vertical pivot; (d) awning; (e) slider .....	20
Gambar 2.10 Aliran udara yang melewati jendela horizontal pivot pada jendela satu sisi dan cross ventilation .....	20
Gambar 2.11 Perubahan rata-rata suhu terhadap rasio bukaan .....	21
Gambar 2.12 Pengaruh besaran inlet dan outlet terhadap aliran udara dalam ruang .....	21
Gambar 2.13 Posisi bukaan jendela terhadap aliran udara dalam ruang.....	22
Gambar 2.14 Posisi bukaan jendela terhadap aliran udara dalam ruang.....	23
Gambar 2.15 Shading device untuk menghindari panas matahari .....	23
Gambar 2.16 Jenis Shading device .....	24
Gambar 2.17 Letak Shading device tepat diatas jendela.....	25
Gambar 2.18 Letak Shading device dengan diberi jarak .....	25
Gambar 2.19 Kerangka Teori.....	27
Gambar 3.1 Lokasi Asrama Griya Brawijaya blok A .....	31
Gambar 3.2 Tipe jendel ruang tidur Asrama Griya Brawijaya .....	32
Gambar 3.3 Denah asrama Asrama Griya Brawijaya .....	33
Gambar 3.4 Kerangka Metode Penelitian .....	38
Gambar 4.1 Lokasi stasiun BMKG Kota Malang .....	39
Gambar 4.2 Rata-rata suhu tahunan Kota Malang 2013-2017.....	40
Gambar 4.4 Kondisi lingkungan Asrama Griya Brawijaya g.A sisi barat (atas) dan sisi utara (bawah).....	41
Gambar 4.5 Siteplan Asrama Griya Brawijaya.....	42
Gambar 4.6 PSLD UB.....	43
Gambar 4.7 SMA BSS .....	43



Gambar 4.8 Gedung FILKOM	43
Gambar 4.9 Gedung FTP	43
Gambar 4.10 Children center BSS	43
Gambar 4.11 SD BSS	43
Gambar 4.12 Samantha Krida	43
Gambar 4.13 SMP BSS	43
Gambar 4.14 Batas utara tempat parkir GOR	44
Gambar 4.15 Batas selatan Griya Brawijaya g.B	44
Gambar 4.16 Batas timur GOR Pertamina dan lapangan voli	44
Gambar 4.17 Batas barat Tempat parkir penghuni dan PSDL UB	44
Gambar 4.18 Denah Gedung A Asrama Griya Brawijaya Lt. 2-4	45
Gambar 4.20 Denah unit ruang	46
Gambar 4.21 Suhu netral Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017	47
Gambar 4.22 Suhu nyaman Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017	47
Gambar 4.23 Prediksi angin secara mikro	48
Gambar 4.24 Prediksi aliran angin dengan ketinggian	49
Gambar 4.25 Siteplan Asrama Griya Brawijaya gedung A	50
Gambar 4.27 Tampak Utara Asrama Griya Brawijaya	60
Gambar 4.28 (1) Titik pengukuran lantai 2 dan 3 (2) Titik pengukuran lantai 4	63
Gambar 4.29 Data pengukuran suhu ruang dalam	63
Gambar 4.30 Data pengukuran suhu 24 jam ruang tidur 3.3	63
Gambar 4.31 Data pengukuran kelembaban udara ruang tidur lantai 2	64
Gambar 4.32 Data pengukuran kelembaban udara ruang tidur lantai 3	64
Gambar 4.33 Data pengukuran kelembaban udara ruang tidur lantai 4	65
Gambar 4.34 Data pengukuran kelembaban udara 24 jam ruang tidur 3.3	65
Gambar 4.35 Data pengukuran kecepatan angin	66
Gambar 4.36 Data pengukuran kecepatan angin 24 jam ruang tidur 3.3	66
Gambar 4.37 Rangkuman data pengukuran suhu harian	67
Gambar 4.38 Rata-rata suhu per jam terhadap suhu nyaman	68
Gambar 4.39 Grafik kecepatan angin 25-26 Februari	69
Gambar 4.40 Grafik suhu ruang tidur 2.1	70
Gambar 4.41 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.1	70



Gambar 4.42 Grafik suhu ruang tidur 2.2	71
Gambar 4.43 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.2	72
Gambar 4.44 Grafik suhu ruang tidur 2.3	73
Gambar 4.45 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.3	73
Gambar 4.46 Grafik suhu ruang tidur 3.1	74
Gambar 4.47 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.1	75
Gambar 4.48 Grafik suhu ruang tidur 3.2	76
Gambar 4.49 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2	76
Gambar 4.50 Grafik suhu ruang tidur 3.3	77
Gambar 4.51 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.3	78
Gambar 4.52 Grafik suhu ruang tidur 4.1	79
Gambar 4.53 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1	79
Gambar 4.54 Grafik kecepatan angin yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan ventilasi	80
Gambar 4.55 Grafik kecepatan angin yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan ventilasi	81
Gambar 4.56 Ruang 2.3 pada denah dan tampak utara	81
Gambar 4.57 Plan model simulasi Asrama Griya Brawijaya gedung A	82
Gambar 4.58 Model simulasi Asrama Griya Brawijaya gedung A	82
Gambar 4.59 Detail dan spesifikasi brick plaster	83
Gambar 4.60 Detail dan spesifikasi dinding gypsum	83
Gambar 4.61 Detail dan spesifikasi plafon gypsum	83
Gambar 4.62 Detail dan spesifikasi jendela kaca	84
Gambar 4.63 Detail dan spesifikasi lantai keramik	84
Gambar 4.64 Grafik validasi simulasi	86
Gambar 4.65 Letak jendela eksisting	86
Gambar 4.66 Rata-rata suhu hasil modifikasi sudut bukaan	88
Gambar 4.67 Rata-rata suhu hasil modifikasi sudut bukaan	90
Gambar 4.68 Rata-rata suhu hasil modifikasi sudut bukaan	90
Gambar 4.69 Grafik suhu ruang tidur 2.1 setelah modifikasi 1	90
Gambar 4.70 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.1	91
Gambar 4.71 Grafik suhu ruang tidur 2.2 setelah modifikasi 1	92
Gambar 4.72 Analisis kenyamanan ventilasi ruang 2.2	92
Gambar 4.73 Grafik suhu ruang tidur 2.3 modifikasi 1	93



Gambar 4.74 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.3	93
Gambar 4.75 Suhu ruang 3.1 modifikasi 1	94
Gambar 4.76 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.1	94
Gambar 4.77 Suhu ruang tidur 3.2 modifikasi 1	95
Gambar 4.78 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2	96
Gambar 4.79 Suhu ruang tidur 3.3 setelah modifikasi 1	97
Gambar 4.80 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.3	97
Gambar 4.81 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1	98
Gambar 4.82 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1	98
Gambar 4.83 Perbandingan kebutuhan kecepatan angin semua ruang	99
Gambar 4.84 Perbandingan kebutuhan kecepatan angin semua ruang	100
Gambar 4.85 Keyplan jendela eksisting	101
Gambar 4.86 Perbandingan suhu rata-rata alternatif modifikasi dimensi jendela	106
Gambar 4.87 Grafik hasil simulasi alternatif o	107
Gambar 4.88 Dimensi alternatif o	107
Gambar 4.89 Perbandingan suhu rata-rata alternatif modifikasi posisi jendela	110
Gambar 4.90 Grafik perbandingan hasil simulasi modifikasi posisi	110
Gambar 4.91 Alternatif o-2	110
Gambar 4.92 Perbandingan suhu rata-rata alternatif modifikasi tipe jendela	116
Gambar 4.93 Potongan ruang tidur dengan jendela alternatif o-2-7	117
Gambar 4.94 Perbandingan suhu simulasi eksisting, suhu modifikasi jendela, dan suhu nyaman	118
Gambar 4.95 Suhu rata-rata modifikasi shading device	123
Gambar 4.96 Suhu rata-rata modifikasi shading device	124
Gambar 4.97 Suhu ruang 2.1 setelah modifikasi desain jendela	124
Gambar 4.98 Analisis kenyamanan ventilasi ruang 2.1	125
Gambar 4.99 Suhu ruang tidur 2.2 setelah modifikasi desain jendela	125
Gambar 4.100 Analisis kenyamanan ventilasi ruang 2.2	126
Gambar 4.101 Suhu ruang tidur 2.3 setelah modifikasi 2	127
Gambar 4.102 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.3 setelah rekomendasi	127
Gambar 4.103 Suhu ruang tidur 3.1 setelah modifikasi 2	128
Gambar 4.104 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.1	129
Gambar 4.105 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2	130
Gambar 4.106 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2	130



Gambar 4.107 Suhu ruang tidur 3.3 setelah modifikasi 2.....	131
Gambar 4.108 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2 .....	131
Gambar 4.109 Suhu ruang tidur 4.1 setelah modifikasi 2 .....	132
Gambar 4.110 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1 .....	132
Gambar 4.111 Perbandingan hasil analisis kenyamanan ventilasi.....	133

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA UNIVERSITAS BRAWIJAYA GEDUNG A

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Kota Surabaya. Sejak jaman Hindia Belanda, Kota Malang dijuluki sebagai kota pendidikan. Kota Malang dikenal sebagai kota yang sejuk, namun seiring berjalannya waktu Kota Malang mengalami pertumbuhan yang sangat cepat sehingga berdampak terhadap kondisi lingkungan. Dalam kurun waktu lima tahun terakhir Kota Malang mengalami kenaikan dan penurunan suhu lingkungan. Berdasarkan catatan suhu di stasiun Klimatologi Kelas II Malang yang terletak di Karangploso, pada tahun 2013 tercatat suhu rata-rata tahunan sebesar 23.54°C dan pada tahun 2017 suhu rata-rata tahunan meningkat menjadi 23.88°C (dataonline.bmkg.go.id; 2018). Dengan adanya kenaikan suhu rata-rata Kota Malang, maka batas suhu nyaman yang dapat diterima oleh warga Kota Malang juga berubah. Kondisi suhu lingkungan memiliki pengaruh yang besar terhadap kondisi suhu di dalam bangunan. Sehingga perlu adanya pengendalian suhu pada bangunan agar didapatkan suhu ruangan yang sesuai dengan dengan suhu nyaman Kota Malang.

Universitas Brawijaya merupakan salah satu kampus besar di Indonesia yang berada di Kota Malang. Saat ini Universitas Brawijaya terus melakukan pembangunan kampus baru di beberapa daerah dan dilengkapi dengan fasilitas asrama. Kampus pusat Universitas Brawijaya memiliki beberapa gedung asrama, salah satunya adalah asrama Griya Brawijaya. Gedung ini dibagi menjadi 4 blok gedung, yaitu blok A dan B untuk asrama putri dan blok C dan D untuk asrama putra. Keempat gedung ini berjumlah 4 lantai dan disetiap lantai terdapat 20 kamar. Gedung asrama menggunakan tangga sebagai sirkulasi vertikal semi outdoor yang terletak di tengah-tengah bangunan.

Sistem pemenuhan kebutuhan pencahayaan dan penghawaan pada asrama menggunakan konsep pencahayaan dan penghawaan alami. Berdasarkan hasil survey awal menunjukkan bahwa kondisi di dalam bangunan memiliki suhu yang lebih tinggi dari pada suhu luar. Hal ini menunjukkan bahwa jendela yang diterapkan pada bangunan masih kurang efektif. Asrama Griya Brawijaya memiliki bukaan jendela sebesar 9.6% dari luas lantai. Sedangkan luas bukaan jendela pada daerah beriklim tropis lembab untuk penghawaan ruang sekurang-kurangnya adalah 20% dari luas lantai (Lechner, 2015). Terdapat tiga jenis tipe jendela pada asrama, yaitu *casement*,

*awning*, dan *fixed*. Terdapat dua jenis kombinasi jendela yang diterapkan pada ruang tidur, yaitu *casement – fixed* dan *awning – fixed*.

Kindangen (2003), mengkaji tipe bukaan jendela *awning* dan *horizontal pivot* dengan besar sudut inklinasi daun jendela 30°, 45°, dan 60°. Berdasarkan penelitian tersebut tipe jendela dan sudut inklinasi memiliki pengaruh besar terhadap pola aliran angin dan pengurangan kecepatan angin. Pengurangan kecepatan angin yang dihasilkan dari tipe jendela *awning* lebih kecil daripada jendela *horizontal pivot*. Perbedaan tipe jendela pada ruang tidur menjadikan perbedaan suhu dan jumlah aliran angin yang masuk ke dalam ruang. Sehingga kebutuhan aliran angin pada ruang tidur dengan jendela *awning* dan *casement* untuk mencapai tingkat kenyamanan ventilasi antar ruang berbeda.

Dalam mewujudkan rencana *Green Campus*, Universitas Brawijaya melakukan pengembangan kampus di beberapa daerah, seperti Kawasan Dieng, Kabupaten Malang, dan Kediri untuk dapat menampung mahasiswa yang semakin banyak. Pembangunan kampus baru tersebut dilengkapi dengan fasilitas asrama mahasiswa, sehingga akan mengurangi jumlah penggunaan kendaraan bermotor. Selain asrama mahasiswa, kampus baru akan dilengkapi dengan gedung kuliah bersama, area olahraga, kolam renang, lapangan sepak bola, lahan parkir, dan perpustakaan yang akan dibangun sesuai dengan standar nasional.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, berikut ini adalah identifikasi masalah yang diangkat pada penelitian antara lain.

1. Kondisi suhu di dalam bangunan asrama lebih tinggi dari suhu luar sehingga mempengaruhi tingkat kenyamanan penghuni asrama.
2. Bangunan di asrama Griya Brawijaya membutuhkan strategi pendinginan alami untuk menurunkan suhu di dalam bangunan.
3. Pendinginan alami pada asrama Griya Brawijaya perlu diterapkan secara efektif melalui kinerja jendela dengan kondisi iklim Kota Malang.

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh tipe bukaan jendela terhadap kenyamanan ventilasi pada asrama Griya Brawijaya blok A?



#### 1.4 Batasan Masalah

Lingkup batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada ruang tidur asrama Griya Brawijaya blok A lantai 2, lantai 3, dan lantai 4. Kemudian salah satu ruangan dipilih berdasarkan pengukuran suhu terpanas untuk kemudian dilakukan penelitian.
2. Modifikasi dilakukan pada bukaan jendela ruang tidur. Jendela dipilih karena jendela merupakan salah satu sumber masuknya panas dan angin ke dalam bangunan.
3. Kualitas pendinginan alami ditentukan berdasarkan suhu yang dihasilkan dalam ruang. Suhu dipilih sebagai parameter pendinginan alami karena memiliki peran yang paling banyak dalam menentukan kenyamanan termal.
4. Software yang digunakan untuk analisis dan simulasi bukaan jendela adalah Autodesk Ecotect Analysis 2011. *Software* ini mampu melakukan perhitungan kondisi suhu di dalam maupun di luar ruangan.

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi eksisting jendela unit hunian dan kinerjanya dalam memenuhi kenyamanan ventilasi dalam ruang tidur.
2. Mengetahui kriteria desain jendela sebagai pendinginan alami untuk meningkatkan kenyamanan ventilasi pada ruang tidur asrama.

#### 1.6 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Akademisi
  - Berikut manfaat yang diharapkan dari penelitian untuk akademisi.
  - a. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi mengenai studi tipe bukaan jendela terhadap kenyamanan ruang tidur asrama.
  - b. Bahan evaluasi tipe bukaan jendela yang sesuai untuk ruang tidur asrama.
  - c. Bahan perkembangan ilmu tipe bukaan dan asrama. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat dan semakin berkembang terutama di bidang arsitektur.

## 2. Mahasiswa

Berupa masukan tentang sudut bukaan jendela yang optimal untuk mencapai kenyamanan termal ruang.

### 3. Pihak Universitas

Diharapkan memberikan kontribusi terhadap pihak universitas sebagai evaluasi dalam desain asrama, yang akan dibangun di kampus baru.

## 1.7 Sistematika Pembahasan

Berikut sistematika pembahasan yang dilakukan.

### 1. Bab I

Pendahuluan terdiri dari latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, sistematika pembahasan dan kerangka pemikiran. Latar belakang menguraikan tentang rencana Universitas Brawijaya dalam membangun kampus baru yang dilengkapi dengan asrama mahasiswa. Asrama haruslah memberikan kenyamanan bagi penghuninya guna menunjang kegiatan belajar mahasiswa. Identifikasi masalah yang ditemukan adalah kondisi suhu dalam bangunan lebih tinggi dari pada suhu luar. Tujuan penelitian ini adalah upaya penurunan suhu dan mencapai kenyamanan ventilasi pada asrama Griya Brawijaya melalui kinerja jendela. Manfaat dari hasil penelitian dapat berguna bagi mahasiswa penghuni asrama bagaimana kinerja jendela dalam penurunan suhu dan mencapai kenyamanan ventilasi. Membantu pihak kampus dalam menentukan desain bukaan yang sesuai untuk diterapkan pada asrama.

### 2. Bab II

Tinjauan pustaka berisi teori dan standar yang dapat digunakan untuk menganalisis data. Teori dan standar diambil dari *text book*, jurnal, prosiding, peraturan pemerintah, dan internet. Teori yang ditinjau mengenai kondisi iklim tropis lembab yang ada di Indonesia dan kondisi iklim di Kota Malang, dimana kondisi iklim akan berpengaruh dengan kondisi suhu di dalam ruangan. Teori mengenai kenyamanan ventilasi dan suhu ditinjau untuk mengetahui parameter kualitas kenyamanan sebuah ruang. Tinjauan tentang tipe jendela dilakukan untuk mengetahui kriteria jendela yang efektif sebagai pendingin alami. Mengkaji studi penelitian terdahulu yang membahas topik sejenis untuk dijadikan acuan dalam penelitian ini.

### 3. Bab III TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, pengukuran lapangan, dokumentasi, dan tinjauan pustaka. Data primer meliputi data pengukuran lapangan dan dokumentasi. Sedangkan data sekunder meliputi data pengukuran tipe jendela pada literatur dan penelitian terdahulu. Metode analisis data yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif serta metode eksperimental. Metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk menghitung suhu nyaman Kota Malang yang akan dijadikan acuan parameter untuk menentukan kualitas jendela, menghitung selisih suhu, kecepatan angin, dan kelembaban eksisting dan simulasi. Metode deskriptif kualitatif digunakan untuk menguraikan kondisi objek dan analisis visual eksisting. Hasil analisis kondisi eksisting kemudian dicari kesesuaian dengan kajian pustaka dan standar. Metode eksperimental digunakan ketika melakukan simulasi alternatif modifikasi bukaan jendela. Kemudian hasil analisis data di sintesis untuk menjawab permasalahan penelitian secara deskriptif.

#### 4. Bab IV

Bab IV merupakan hasil dan pembahasan. Hasil dan pembahasan berisi hasil pengumpulan data dan analisis data. Analisis yang dilakukan adalah analisis suhu Kota Malang terkait dengan suhu nyaman Kota Malang. Analisis selanjutnya adalah analisis visual bangunan mengenai pembayangan dan kondisi eksisting yang kemudian di bandingkan dengan standar dan kajian teori yang telah dilakukan. Data pengukuran berupa suhu, kelembaban dan kecepatan angin dianalisis untuk mengetahui kondisi eksisting terhadap suhu nyaman. Ketidaksesuaian kondisi eksisting kemudian dijadikan sebagai acuan untuk modifikasi bukaan jendela agar suhu dalam ruang dapat mencapai suhu nyaman. Modifikasi dilakukan dengan simulasi menggunakan *software* Ecotect. Hasil simulasi dianalisis agar diketahui alternatif modifikasi mana yang mencapai penurunan suhu paling banyak. Hasil simulasi dikaitkan dengan teori yang sudah dikaji sebelumnya kemudian ditarik kesimpulan untuk menjawab permasalahan penelitian.

MALANG

2018

## 5. Bab V TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN

Bab V merupakan kesimpulan dan saran dari penelitian. Kesimpulan berisi tentang jawaban dari permasalahan yang telah dikaji pada bab sebelumnya. Kesimpulan tiap analisis diuraikan secara deskriptif. Saran dapat berupa kesalahan atau kekurangan dalam penelitian agar dapat ditinjau kembali. Selain itu saran berisi tentang masukan dari hasil analisis kepada pihak tertentu.

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018



## 1.7 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.1 Diagram kerangka pemikiran

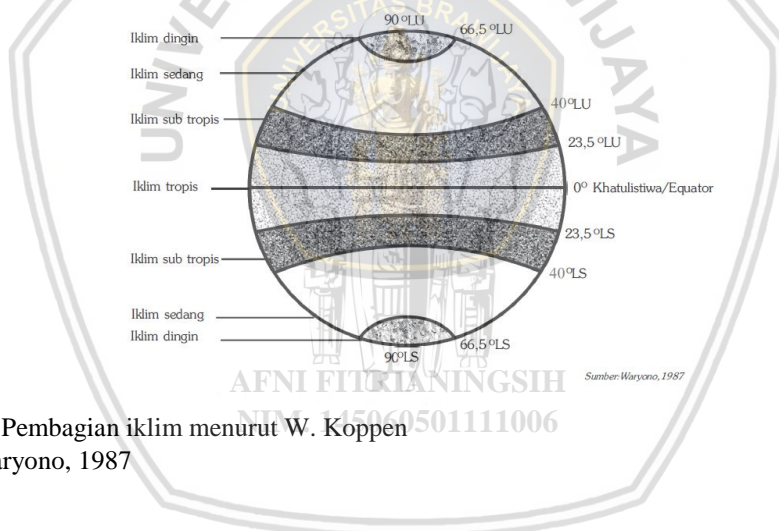
PENGARUH TIPE BUKAAN JALAN TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASISTENSI WILAYAH WIJAYA GEDUNG A

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

## 2.1 Iklim

Iklim adalah keadaan hawa (suhu, kelembaban, hujan, dan sinar matahari) pada suatu daerah dalam jangka waktu yang Panjang ( $\pm 30$  tahun). Iklim berbeda dengan cuaca, cuaca merupakan keadaan atmosfer dalam jangka waktu pendek (Achmadi, 2005). W. Koppen membagi iklim dunia menjadi beberapa kategori berdasarkan atas curah hujan bulanan dan tahunan serta vegetasinya. Pembagian iklim menurut W. Koppen dibagi menjadi 5 kategori (Waryono, 1987), yaitu:

1. Golongan iklim A, iklim hujan tropis (*tropical rainy climate*)
2. Golongan iklim B, iklim kering (*dry climate*)
3. Golongan iklim C, iklim hujan cukup panas (*warm temperate raing climate*)
4. Golongan iklim D, iklim hutan, dingin dan bersalju (*cold snoway forest climate*)
5. Golongan iklim E, iklim kutub (*polar climate*)



Gambar 2.1 Pembagian iklim menurut W. Koppen

Sumber: Waryono, 1987

### 2.1.1 Iklim tropis Indonesia

Istilah tropis berasal dari Bahasa Yunani, yaitu *tropikos* yang berarti garis balik. Garis balik yang dimaksud adalah garis lintang 23°27' utara dan selatan. Daerah tropis adalah daerah yang terletak diantara garis isotherm 20° disebelah bumi utara dan selatan. Terdapat dua maca iklim tropis yaitu tropis kering dan tropis lembab. Indonesia termasuk dalam daerah hutan hujan tropis atau tropika basah yang meiliputi daerah sekitar katulistiwa 15° utara dan selatan (Lipsmeier, 1994). Karakter iklim lembab ditandai dengan presipitasi hujan dan kelembaban tinggi dengan temperatur yang selalu tinggi. Suhu tahunan berkisar antara 23°C pada musim hujan sampai dengan 38°C pada

musim panas, jumlah angin yang sedikit, radiasi matahari sedang hingga kuat, pertukaran panas cukup kecil karena tingkat kelembaban dan curah hujan tinggi. Terdapat dua musim yaitu musim kemarau yang berlangsung antara bulan Maret sampai Agustus dan musim penghujan yang berlangsung antara bulan September sampai Februari (Szokolay, 1981)

### 2.1.2 Iklim Kota Malang

Kota Malang secara astronomis terletak diantara  $112,06^{\circ}$  –  $112,07^{\circ}$  Bujur Timur dan  $7,06^{\circ}$  –  $8,02^{\circ}$  Lintang Selatan. Batas wilayah Kota Malang adalah wilayah Kabupaten Malang, yaitu sebelah utara Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso, sebelah timur Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang, sebelah Selatan Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji, dan disebelah barat Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau. Kota Malang dikelilingi oleh gunung, yaitu sebelah utara Gunung Arjuno, sebelah timur Gunung Semeru dan Gunung Bromo, sebelah barat Gunung Kawi. Wilayah Malang memiliki stasiun pengamat meteorologi, yaitu stasiun Klimatologi Kelas II Malang yang terletak di Desa Ngijo, Karangploso.

Tabel 2.1 Kondisi iklim Kota Malang Tahun 2017

Bulan	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )		Kelembaban rata-rata (%)	Kec. Angin (m/s)		
	Min.	Maks.		Arah	Rata-rata	Maks.
Januari	21.1	27.6	77	Utara	0.67	2.16
Februari	21.2	27.5	82	Utara	1.00	2.85
Maret	20.6	27.9	79	Utara	0.78	2.28
April	20.8	28.9	82	Utara	0.75	2.36
Mei	20.2	28.1	76	Utara	0.91	2.19
Juni	19.8	27.2	78	Utara	0.99	2.53
Juli	18.6	26.5	79	Selatan	1.00	2.54
Agustus	18.8	26.9	76	Selatan	1.34	2.85
September	18.5	29.7	73	Selatan	1.28	2.63
Oktober	20.4	29.5	77	Selatan	1.13	2.58
November	20.2	28.8	83	Utara	0.66	2.41
Desember	20.2	28.6	83	Utara	0.82	2.39

Sumber : Stasiun Klimatologi Kelas II Malang (dalam Dataonline.bmkg.go.id)

Suhu tertinggi pada tahun 2017 jatuh pada bulan September, dengan selisih suhu  $0,2^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dari suhu bulan Oktober yaitu  $29,7^{\circ}\text{C}$ . Arah angin terbanyak berasal dari utara dan selatan, angin dari arah selatan hanya pada bulan Juli-Oktober, dengan kecepatan angin hingga  $2,85$  m/s. Rentang kondisi kelembaban udara rata-rata adalah  $73\%$ - $83\%$ .

## 2.2 Kenyamanan Termal

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

### 1. Faktor Klimatis

#### a. Temperatur Udara

Temperatur udara ( $t_a$ ) adalah temperatur hasil pengukuran temperature bola kering (DBT) yang diukur dengan menggunakan thermometer bola kering. Secara umum kondisi suhu nyaman berada pada rentang  $16^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $28^{\circ}\text{C}$  (Sugini, 2014). Suhu udara akan menentukan perpindahan panas menuju udara dengan cara konveksi.

#### b. Temperatur Radiasi

Temperatur radiasi adalah temperatur yang disebabkan oleh panas yang ditimbulkan radiasi. Pada ruang luar radiasi berasal dari radiasi matahari, dapat diukur dengan *solarimeter*, satuan pengukurannya adalah watt per luasan area. Pada ruang dalam radiasi dapat disebabkan oleh benda dan elemen ruang. alat yang digunakan untuk mengukur radiasi dalam ruang adalah *globe thermometer*, satuan pengukurannya temperature radiasi rata-rata ( $t_{rt}$ ) diukur dengan satuan *centigrade*.

#### c. Kelembaban Relatif

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia kelembaban udara adalah jumlah uap air yang terkandung dalam udara. Cara untuk mengukur kelembaban relative dapat menggunakan alat hydrometer bola kering dan hydrometer bola basah. Selain itu juga dapat diukur dengan *wet bulb temperature* ( $wbt$ ). Umumnya kondisi nyaman ditunjukkan pada presentase RH 20% sampai dengan 90% (Sugini, 2014).

#### d. Kecepatan Angin

Pengertian udara menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia merupakan campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan berbau yang memenuhi ruang di atas Bumi sampai kira-kira ketinggian 300 Km. kecepatan angin pada stasiun meteorology diukur dengan anemometer.



## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

### 2. Faktor Personal

Keseimbangan termal dapat dicapai saat tubuh manusia dapat melepaskan panas sejumlah dengan panas yang didapat dan dihasilkan. Selain dari faktor-faktor lingkungan, kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berasal dari pengguna bangunan.

#### a. Kegiatan Manusia

Kenyamanan termal akan tercapai bila terjadi keseimbangan panas badan. Menurut Moore (1993) dalam Sugini (2014), produksi panas badan dihasilkan dari wujud sampingan proses metabolisme perubahan energi kimia dari makanan menjadi energi mekanik gerakan dalam aktivitas tertentu. Semakin besar dan cepat proses metabolisme tubuh akan besar pula produksi panas internal.

Table dibawah menunjukkan perbandingan berbagai macam aktivitas dan panas tubuh yang dihasilkan dan dibandingkan panas yang dihasilkan oleh lampu 100W. kegiatan yang menghasilkan panas tubuh paling tinggi adalah kegiatan jogging. Sedangkan untuk kegiatan di dalam asrama kegiatan yang paling banyak menghasilkan panas adalah kegiatan berjalan, yaitu menghasilkan panas tubuh 1020 Btu/h setara dengan 3 buah lampu 100 W.

Activity	Heat Produced (Btu/h)	Watts
 Sleeping	340	100
 Light work	680	200
 Walking	1020	300
 Jogging	2720	800

Gambar 2.2 Kegiatan manusia dan panas yang dihasilkan (Lechner, 2015)

#### b. Jenis Pakaian

Pelepasan panas badan terjadi melalui evaporasi, radiasi, konveksi, dan konduksi dan ditentukan oleh resistensi pakaian. Kemampuan insulasi pakaian diukur dengan *level of clothing* atau clo, skala dimulai pada angka 0 untuk tidak berpakaian sampai dengan

yang tertinggi menunjukkan tingkat ketertutupan, jenis bahan pakaian dan jumlah yang dikenakan.

c. Jumlah pengguna ruangan

Pergantian udara yang baik bila suatu ruangan memiliki volume  $5\text{m}^3/\text{orang}$ , dan udara bersirkulasi sebanyak  $15\text{m}^3/\text{orang}/\text{jam}$  (produksi  $\text{CO}_2:0.17\text{m}^3/\text{jam}$ ). Untuk kamar yang berisi lebih dari  $5\text{m}^3/\text{orang}$ , udara di dalam ruang harus dapat bersirkulasi 2,5 kali perjam. Jadi semakin kecil ruangan, seharusnya udara di dalam ruang harus sering diperbaharui.

### 2.2.1 Kenyamanan suhu

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

Manusia mampu beradaptasi terhadap suhu dilingkungannya dalam jangka waktu tertentu. Adaptasi ini dilakukan untuk menjaga keseimbangan suhu tubuh. Untuk menentukan rentang suhu nyaman manusia pada suatu lingkungan dapat dihitung dengan menggunakan suhu netral. Beberapa persamaan suhu netral telah ditemukan melalui penelitian-penelitian terdahulu, diantaranya Humphreys (1978), Auliciems (1981), dan Szokolay (2014). Humphreys telah banyak meneliti mengenai kenyamanan termal dan merupakan penggagas pertama suhu netral, Humphreys menghasilkan persamaan suhu netral sebagai berikut (Szokolay, 2014).

$$T_n = 11.9 + 0.534 T_{o.av} \quad (2-1)$$

Keterangan :

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

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

Kemudian persamaan tersebut disempurnakan kembali oleh Auliciems dan menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$n = 17.6 + 0.31 T_{o.av} \quad (2-2)$$

Keterangan :

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

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

Menurut Szokolay (2014) suhu netral berubah mengikuti kondisi suhu rata-rata bulanan pada daerah tersebut. Penelitian berikutnya dilakukan, namun persamaan yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan persamaan Auliciems. Berikut merupakan persamaan suhu netral tersebut (Szokolay, 2014)

## PENGUKURAN KENYAMANAN TERMAL TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

$$T_n = 17.6 + 0.31 T_{o.av} \quad (2-3)$$

Keterangan :

$T_n$  = suhu netral (°C)

$T_{o.av}$  = suhu rata-rata per bulan (°C)

Rentang kondisi suhu nyaman yang dapat diterima oleh manusia disebut sebagai zona nyaman. Batas suhu nyaman ditentukan terlebih dahulu melalui suhu netral dan diatasi pada rentang suhu 5°C diantara suhu netral. Batas zona nyaman tersebut adalah ( $T_n - 2.5$ ) °C sampai ( $T_n + 2.5$ ) °C (Szokolay, 2014)

### 2.2.2 Kenyamanan termal untuk pria dan wanita

Standar kenyamanan termal dari *ISO 7730:1994*[1] dan *ANSI/ASHRAE 55-1992* menyatakan bahwa kenyamanan termal tidak dipengaruhi oleh perbedaan jenis kelamin, usia, kondisi geografis, dsb. Namun dalam penelitian (Karyono, 2001) didapatkan bahwa suhu nyaman bagi pria dan wanita berbeda. Hasil yang didapatkan adalah selisih suhu netral wanita 0,1°C lebih rendah dibandingkan dengan suhu netral pria. Suhu netral pria adalah 26,7°C  $T_0$  dan suhu netral wanita 26,6°C  $T_0$ .

Tabel 2.2 Perbedaan suhu netral pria dan wanita

Perbedaan antara	Suhu netral °CT <sub>0</sub>	Beda suhu netral °CT <sub>0</sub>	Rata-rata suhu netral T <sub>m</sub> (ΔY)	Beda antara rata-rata sensasi termis pada T <sub>m</sub> (ΔY)	Estimasi varian dari ΔY <sup>2</sup> s <sup>2</sup> <sub>ΔY</sub>	Derajat kebebasan untuk s <sup>2</sup> <sub>ΔY</sub> df	Nilai Z	Nilai kritis Z <sub>α</sub> (0.06)	Signifikansi
Pria	26.7	0.1	26.65	-0.093	0.0057	344	-1.232	1.96	Tidak
Wanita	26.6					226			

Sumber : Karyono (2001)

### 2.2.3 Kenyamanan ventilasi

Kegiatan manusia sangat dipengaruhi oleh suhu udara disekitar tempat mereka beraktivitas. Kenyamanan termal adalah kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan dengan lingkungan termal ataupun ekspresi ketidakpuasan (Yilmaz,2007). Kecepatan angin mampu memberikan kesejukan bagi permukaan kulit manusia. Kecepatan angin yang berbeda akan memeberikan pengaruh kenyamanan yang berbeda-beda. Berikut merupakan pengaruh akibat kecepatan angin (Frick & Mulyani, 2006).

Tabel 2.3 Pengaruh angin terhadap kenyamanan ventilasi

Kecepatan angin bergerak	Pengaruh atas kenyamanan	Efek penyegaran (pada suhu 30°C)
< 0.25 m/detik	Tidak dapat dirasakan	0°C
0.25-0.5 m/detik	Paling nyaman	0.5-0.7°C
0.5-1 m/detik	Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan	1.0-1.2°C
1-1.5 m/detik	Kecepatan maksimal	1.7-2.2°C
1.5-2 m/detik	Kurang nyaman, berangin	2.0-3.3°C
>2 m/detik	Kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	2.3-4.2°C

Sumber : Frick & Mulyani (2006)

Menurut Frick & Mulyani (2006) rentang kecepatan angin yang nyaman berada pada rentang 0,25-1,5 m/s. Kecepatan >1,5 m/s sudah tidak nyaman lagi karena terlalu berangin. Namun hal ini berbeda dengan tingkat kecepatan angin terhadap kenyamanan ventilasi menurut Lechner (2015). Kecepatan angin yang nyaman berada pada rentang 0,2-2 m/s dan kecepatan angin yang memberikan kenyamanan optimal sebesar 2 m/s pada iklim panas-lembab.

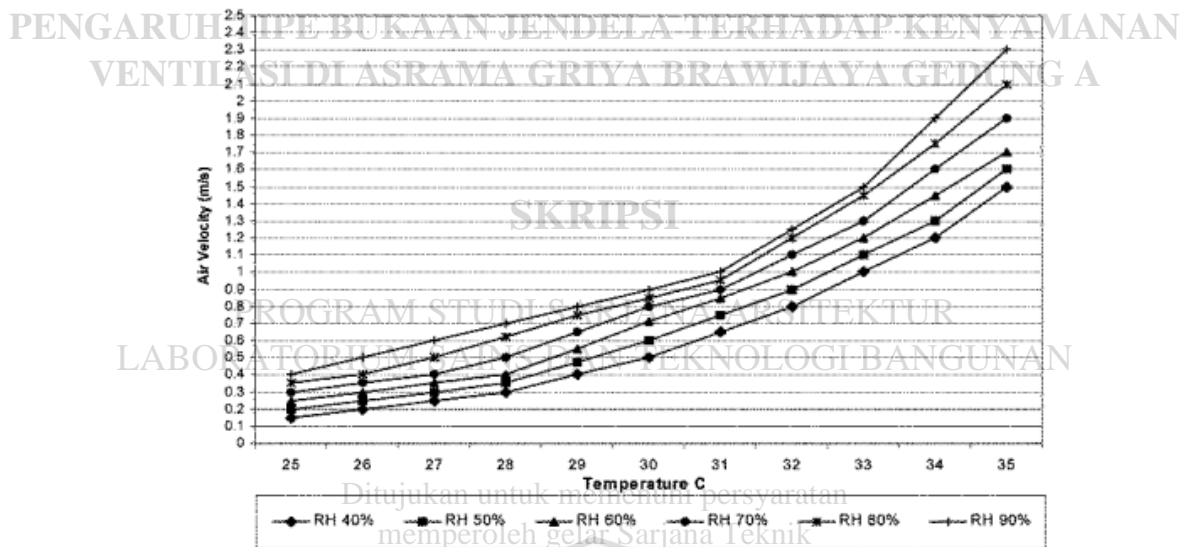
Tabel 2.4 Kecepatan angin terhadap kenyamanan ventilasi

Kecepatan angin (m/s)	Penurunan suhu (°C)	Efek kenyamanan
0.05	0	Pergerakan udara rendah.
0.2	1.1	Sedikit terasa, namun nyaman
0.25	1.3	Sesuai untuk bukaan yang berada dekat penghuni
0.4	1.9	Terasa nyaman
0.8	2.8	Sangat terasa, namun hanya dapat diterima pada ruangan dengan tingkat aktifitas tinggi dengan kondisi udara panas
1.0	3.3	Batas kecepatan untuk ruang dengan <i>air conditioner</i>
2.0	3.9	Kecepatan angin yang sesuai untuk kenyamanan ventilasi pada iklim panas-lembab
4.5	5.0	Terasa sebagai angin sejuk pada kondisi luar ruang

Sumber : Lechner (2015)

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





Gambar 2.3 Kebutuhan kecepatan angin untuk kenyamanan ventilasi

Sumber: Nugroho *et al.* (2007)

Berdasarkan teori-teori di atas dapat disimpulkan faktor yang mempengaruhi kenyamanan ventilasi adalah, sebagai berikut:

- Kecepatan angin
- Suhu udara
- Kelembaban udara

## 2.2.4 Aliran angin

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

### 1. *Laminar*

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

### 2. *Separated*

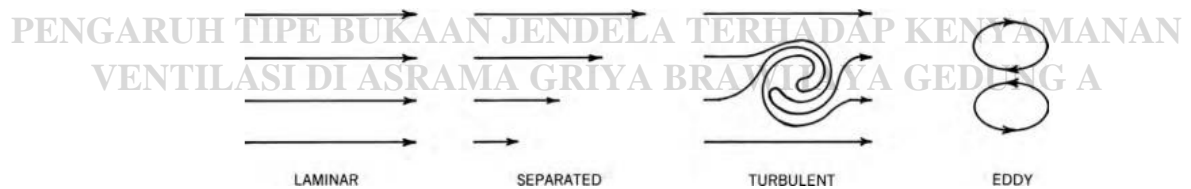
*Separated* terjadi setelah pengaruh dari faktor eksternal berkurang, udara bergerak kembali dalam pola *laminar* namun terdapat beberapa lapisan yang berbeda.

### 3. *Turbulent*

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

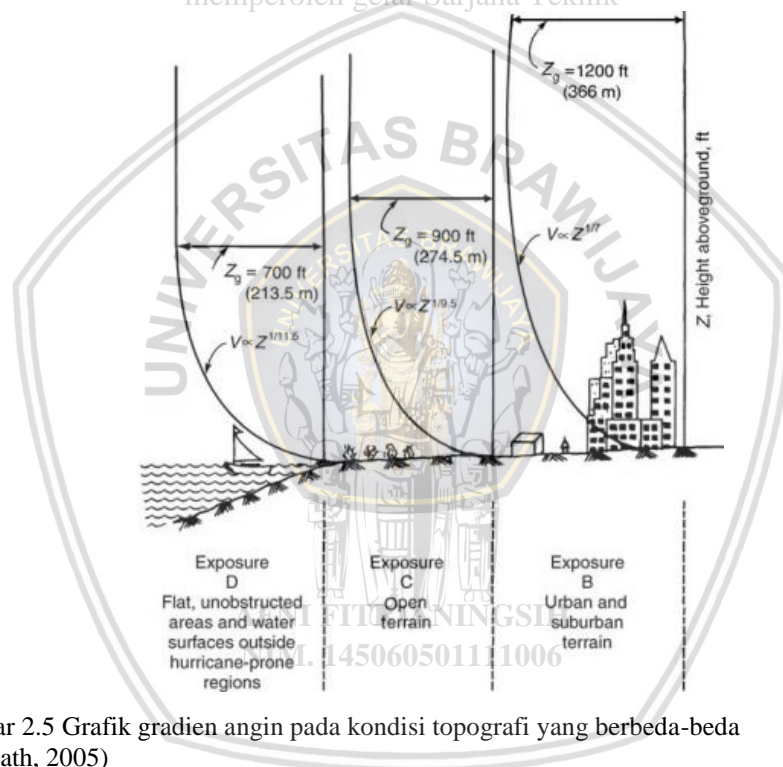
### 4. *Eddy*

Pola *eddy* merupakan aliran udara yang berputar-putar.



Gambar 2.4 Pola aliran udara  
(Lechner, 2015)

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



Gambar 2.5 Grafik gradien angin pada kondisi topografi yang berbeda-beda  
(Taranath, 2005)

Kecepatan angin pada ketinggian tertentu dapat diperkirakan dengan persamaan *power law*, dengan persamaan seperti dibawah ini. Berdasarkan perhitungan dengan persamaan tersebut dapat diketahui bahwa kecepatan angin akan meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian dari permukaan tanah (Fahmi, 2018).

$$V_z = V_{zG} (z/z_G)^\alpha \quad (2-1)$$

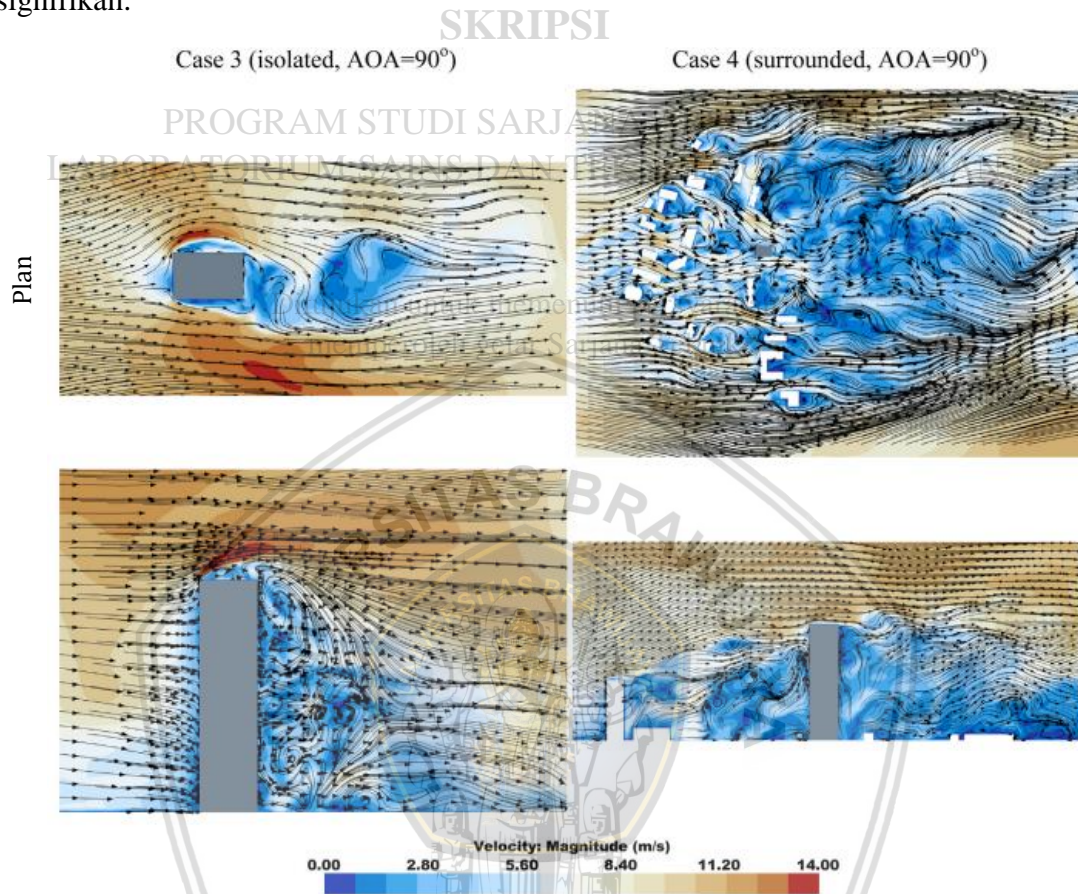
Keterangan :

$V_z$  = Kecepatan angin pada ketinggian  $z$

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

$\alpha$  = Eksponen berdasarkan kekasaran permukaan

Berdasarkan penelitian Elshaer *et al.* (2016) yang melakukan studi tentang aliran angin pada *isolated building* dan *surrounded buiding* menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dan adanya bangunan lain di sekitarnya mempengaruhi aliran angin yang signifikan.



Gambar 2.6 Aliran angin pada bangunan tinggi yang terisolasi (kiri) dan yang dikelilingi bangunan lain (kanan) (Elshaer *et al.*, 2016)

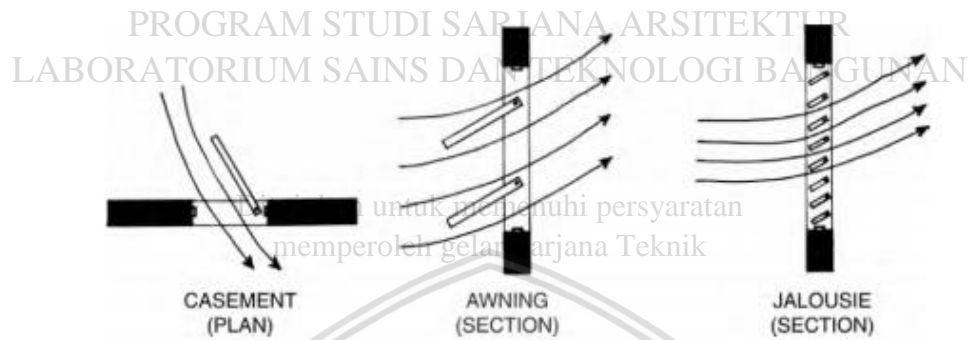
## 2.4 Jendela

### 2.4.1 Tipe jendela

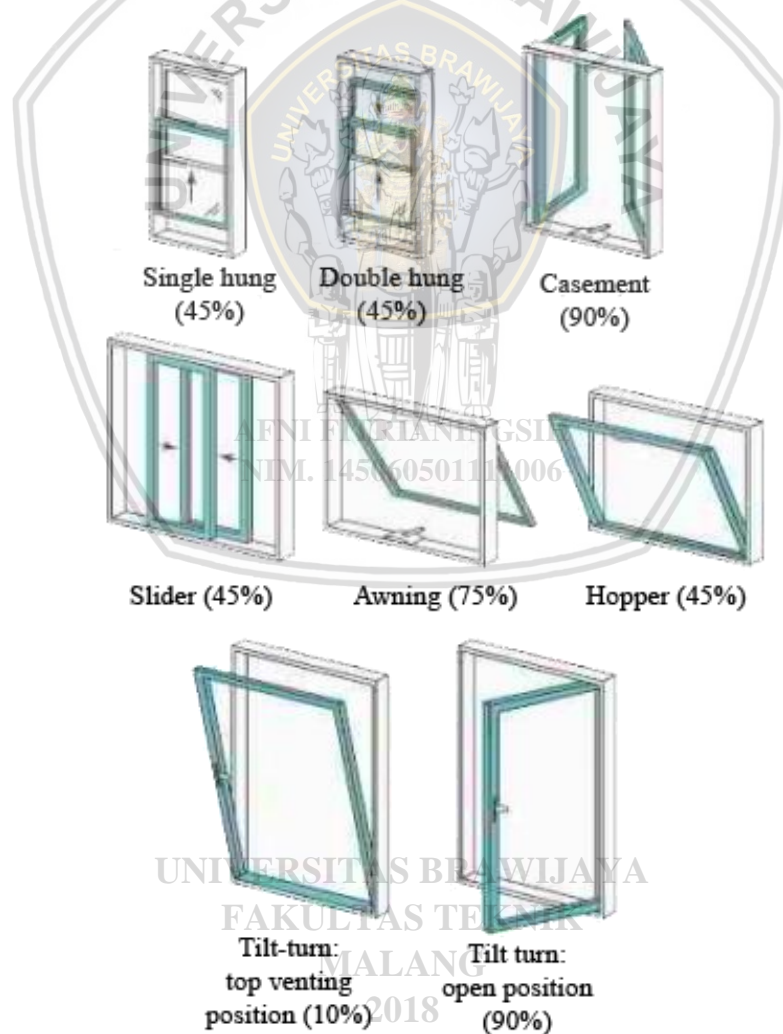
Jenis jendela memiliki pengaruh terhadap perubahan suhu didalam ruang. melalui jendela angin dan radiasi matahari dapat masuk ke dalam sebuah ruang. Jendela di desain dengan baik selain memberikan kenyamanan ruang juga dapat mengurangi beban konsumsi energi suatu bangunan. Menurut Kindangen (2003) Jenis jendela sliding dan *casement slide-hung* dapat menghalangi aliran angin yang masuk ke ruangan sehingga kecepatan angin berkurang. Jenis jendela yang dapat memberikan efek kuat aliran udara kedalam ruang dan mampu menghalangi masuknya air hujan adalah semua jenis jendela kecuali *double hung* dan *sliding windows*.



PENG Pembelokan udara secara vertikal dapat menggunakan jendela tipe *hopper*, *awning*, dan *jalousie*. Sedangkan pembelokan udara secara horizontal dapat menggunakan jendela jenis *casement*. Jendela jenis *awning* dan *jalousie* sesuai digunakan pada iklim tropis lembab karena dapat menahan tampias air hujan, namun hal ini tak lagi menjadi masalah jika jendela dilengkapi dengan *shading device* (Lechner, 2015).



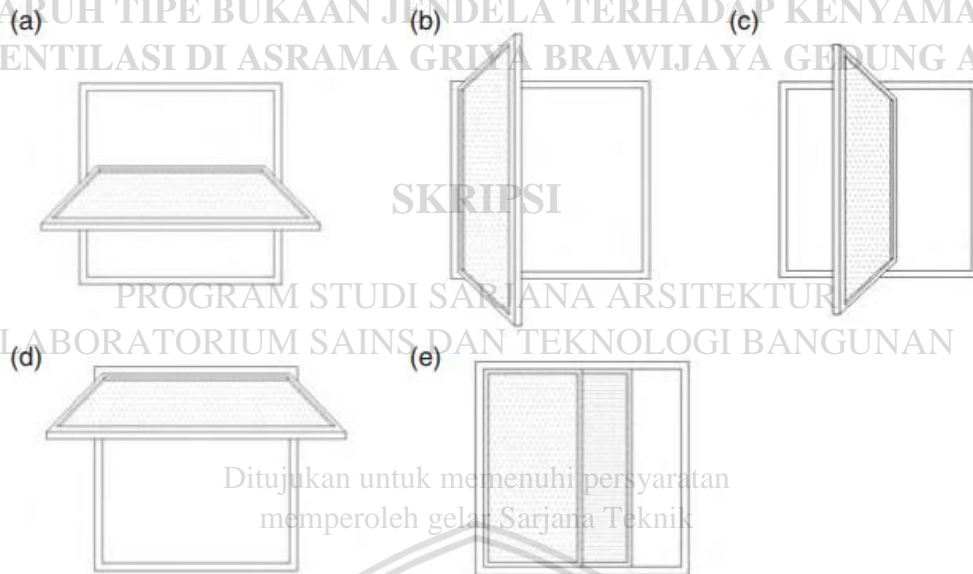
Gambar 2.7 Jenis jendela yang memberikan efek kuat terhadap aliran udara  
Sumber: Lechner 2015



Gambar 2.8 Jenis Jendela  
Sumber : Amelia, 2016

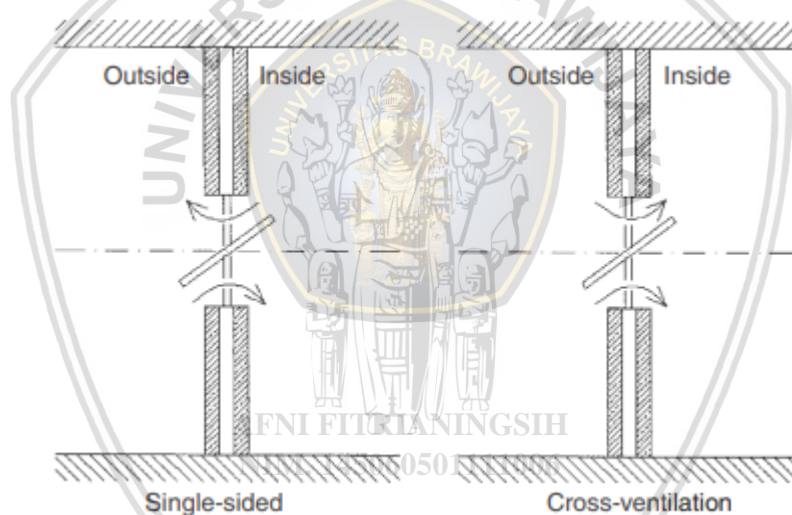


PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 2.9 Tipe Jendela menurut awbi (a) horizontal pivot; (b) casement; (c) vertical pivot; (d) awning; (e) slider

Sumber : Awbi, 2005



Gambar 2.10 Aliran udara yang melewati jendela *horizontal pivot* pada jendela satu sisi dan *cross ventilation*

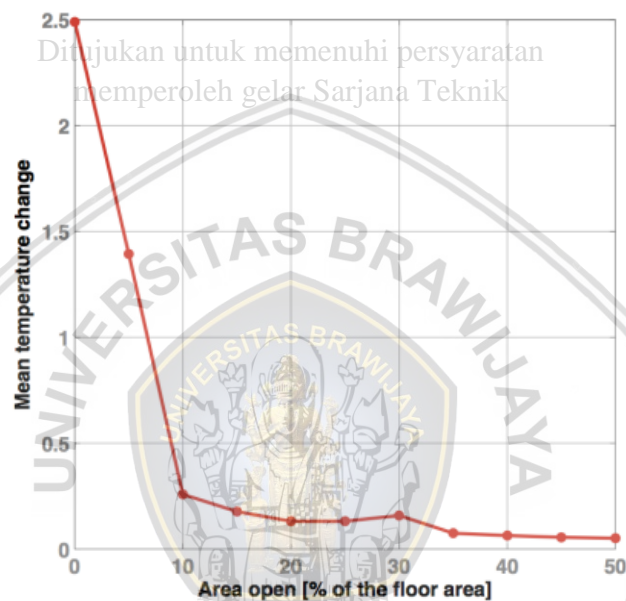
Sumber : Awbi, 2005

Menurut Awbi (2005) jendela *horizontal pivot* dapat memberikan aliran udara yang besar dan memberikan kenyamanan ruang yang lebih baik daripada tipe jendela *casement*. Saat jendela digunakan sebagai ventilasi satu sisi, udara masuk di bagian setengah-bawah daun jendela. Namun saat jendela sebagai *cross ventilation* udara masuk dalam ruang pada bagian atas dan bawah daun jendela seperti pada ilustrasi gambar 2.9.

MALANG  
2018

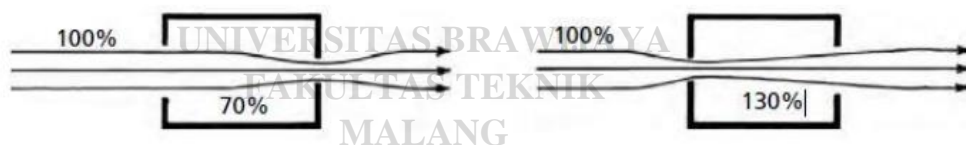
## 2.4.2 Dimensi jendela

Dimensi jendela mempengaruhi jumlah cahaya dan aliran udara yang masuk ke dalam bangunan. Dimensi jendela terhadap luas lantai mempengaruhi suhu di dalam ruang. Pada bukaan dengan rasio dimensi 10% terhadap luas lantai memberikan penurunan suhu yang signifikan dari keadaan jendela tertutup. Pada rasio dimensi jendela 10%-35% grafik menunjukkan adanya penurunan suhu secara signifikan. Dan pada rasio dimensi >35% hanya terjadi sedikit penurunan suhu di dalam sebuah ruang (Nayar, 2012).



Gambar 2.11 Perubahan rata-rata suhu terhadap rasio bukaan  
Sumber: Nayar, 2012

Jendela memiliki peran sebagai ventilasi dalam sebuah ruangan, ada jendela yang berfungsi sebagai *inlet* dan jendela sebagai *outlet*. Ukuran jendela yang berfungsi sebagai *inlet* harusnya lebih kecil daripada jendela dengan fungsi *outlet*. Hal ini dikarenakan *inlet* yang lebih kecil dapat mengoptimalkan aliran angin yang masuk ke dalam ruang, sehingga akan meningkatkan kenyamanan termal. Ukuran *inlet* yang lebih kecil akan menaikkan kecepatan angin sebesar 30% sedangkan ukuran *outlet* yang lebih kecil akan mengurangi kecepatan angin sebesar 30% (Lechner, 2015)



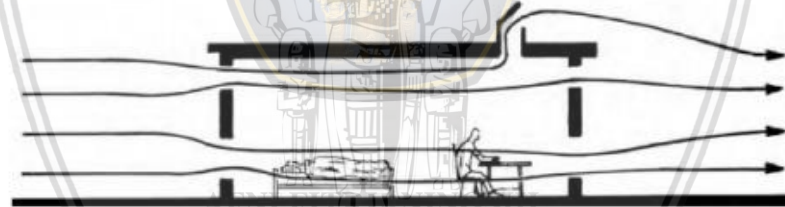
Gambar 2.12 Pengaruh besaran inlet dan outlet terhadap aliran udara dalam ruang  
Sumber: Lechner 2015

### 2.4.3 Orientasi jendela

Orientasi memberikan pengaruh yang besar terhadap penerimaan radiasi matahari dan juga kecepatan aliran angin yang diterima suatu bangunan. Dengan pemilihan orientasi yang tepat akan meminimalisir tingkat radiasi yang masuk ke dalam bangunan. Peletakan jendela yang tepat untuk menghindari radiasi matahari adalah dengan menghadap ke arah selatan dan utara, hal ini karena sisi timur dan barat akan terkena paparan langsung sinar matahari (Koenigberger *et al.*, 2013)

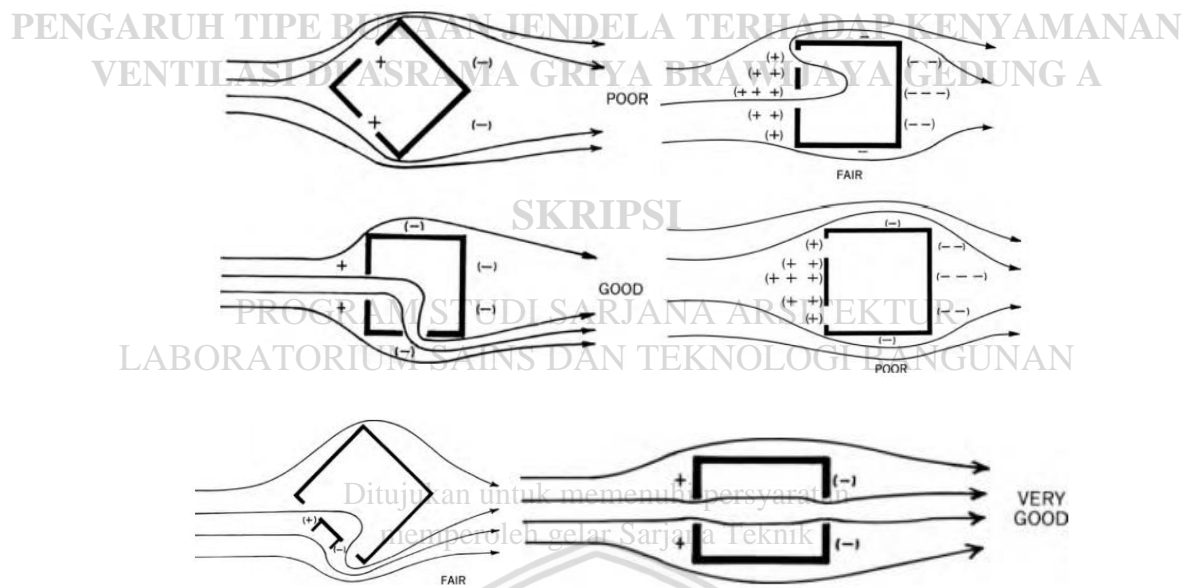
### 2.4.4 Posisi jendela

Peletakan jendela yang baik dengan menerapkan konsep *cross ventilation*, dimana jendela diletakkan bersebrangan untuk mendapatkan aliran angin di dalam ruang. Peletakan jendela secara asimetris memberikan perbedaan tekanan pada tiap jendela, sedangkan peletakan yang simetris tidak akan menimbulkan perbedaan tekanan (Lechner, 2015). Menurut Lechner (2015) ventilasi yang dapat memberikan kenyamanan ruang berada pada ketinggian 30-60 cm di atas lantai sesuai dengan aktivitas manusia ketika duduk. Udara panas akan naik ke bagian atas ruangan, sehingga adanya bukaan di bagian dinding atas atau penambahan cerobong dapat mengurangi suhu di dalam ruangan.



Gambar 2.13 Posisi bukaan jendela terhadap aliran udara dalam ruang  
Sumber: Lechner, 2015

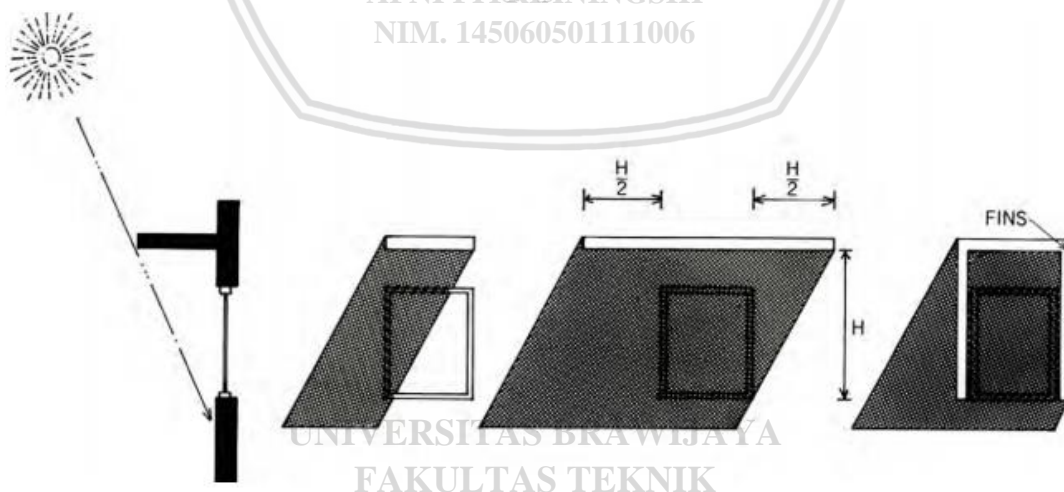
Peletakan jendela sangat mempengaruhi aliran udara dalam ruangan. Posisi jendela yang baik adalah jendela yang mampu menimbulkan ventilasi silang. Dimana aliran angin didorong oleh aliran positif dan tertarik menuju aliran negatif. Kualitas ventilasi yang hanya pada salah satu sisi bangunan memiliki kualitas yang kurang baik. Kualitas ventilasi ditentukan oleh letaknya dan ukurannya terhadap *inlet* dan *outlet*. Perbedaan tekanan terjadi jika jendela diletakkan secara asimetris sedangkan pada peletakan jendela yang simetris tidak terdapat tekanan.



Gambar 2.14 Posisi bukaan jendela terhadap aliran udara dalam ruang  
Sumber: Lechner, 2015

#### 2.4.5 *Shading device* pada jendela

*Shading device* merupakan pembayang untuk melindungi bangunan dari paparan sinar matahari dan tampias hujan. *Shading device* banyak ditempatkan di bukaan jendela untuk mengurangi panas dan tampias hujan masuk kedalam bangunan sehingga tetap menjaga kenyamanan dalam ruang. Untuk menghindari panas matahari, lebar *shading* harus melebihi lebar jendela setidaknya setengah dari tinggi jendela di samping kanan dan kirinya atau menggunakan *fins*. *Shading device* memiliki banyak jenisnya, berikut merupakan jenis *shading device* (Lechner, 2015).



Gambar 2.15 *Shading device* untuk menghindari panas matahari  
Sumber: Lechner, 2015



PENGARUH PERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

Table 9.3 Examples of Fixed Shading Devices

	Descriptive Name	Best Orientation*	Comments
I	Overhang Horizontal panel or awning	South, east, west	Traps hot air Can be loaded by snow and wind Can be slanted
II	Overhang Horizontal louvers in horizontal plane	South, east, west	Free air movement Snow or wind load is small Small scale Best buy!
III	Overhang Horizontal louvers in vertical plane	South, east, west	Reduces length of overhang View restricted Also available with miniature louvers
IV	Overhang Vertical panel	South, east, west	Free air movement No snow load View restricted
V	Vertical fin	North	Restricts view if used on east and west orientations
VI	Vertical fin slanted	East, west	Slant toward north in hot climates and south in cold climates Restricts view significantly <b>Not recommended</b>
VII	Eggcrate	East, west	For very hot climates View very restricted Traps hot air <b>Not recommended</b>

Gambar 2.16 Jenis *Shading device*  
Sumber: Lechner, 2015

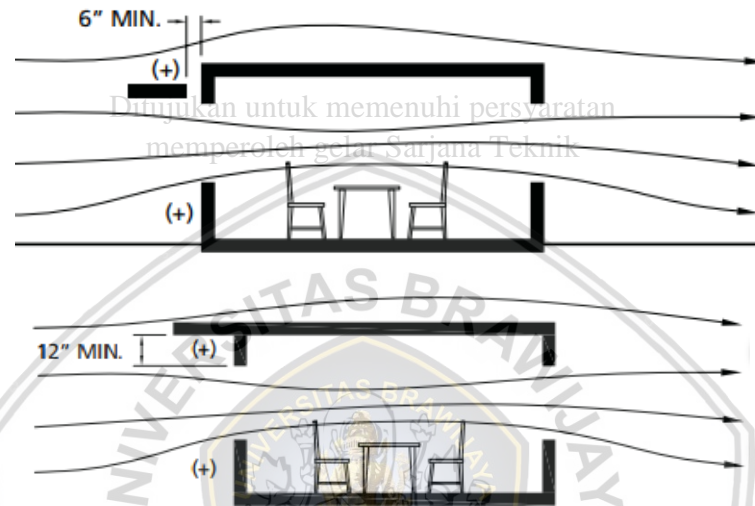
*Overhang* horizontal yang berada tepat di atas jendela menyebabkan pembelokan angin, sehingga angin menjauhi zona aktivitas manusia (Lechner, 2015). Solusi peletakan *overhang* diatas jendela agar tetap mengarahkan angin ke dalam ruangan tepat pada zona aktivitas manusia adalah dengan meletakkan *overhang* di ketinggian minimal 30 cm di atas jendela atau tepat diatas jendela namu diberi jarak 15 cm dengan jendela. peletakan ini menjaga arah aliran angin tetap mengarah ke zona aktivitas manusia.

## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRAYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 2.17 Letak *Shading device* tepat di atas jendela

Sumber: Lechner, 2015



Gambar 2.18 Letak *Shading device* dengan diberi jarak

Sumber: Lechner, 2015

### 2.5 Penelitian Terdahulu

Bukaan jendela merupakan salah satu bentuk ventilasi, melalui jendela udara dapat keluar masuk secara bebas. Desain bukaan mempengaruhi pergerakan udara dan suhu di dalam ruang. Menurut Amelia (2016) desain bukaan diantaranya adalah orientasi, posisi, dimensi, dan tipe bukaan. Razak (2015) melakukan penelitian mengenai bukaan pada SMPN 1 di Jakarta, hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antar variabel desain bukaan dan hubungan antar suhu, kecepatan angin, dan kelembapan yang di hasilkan. Daghigh (2009) melakukan penelitian di sebuah kantor di Malaysia dengan pengkondisian alami, hasil yang didapatkan adalah suhu di dalam ruang masih berada jauh dari zona nyaman standar ASHRAE. Studi ini menunjukkan bahwa standar ASHRAE 55 tidak sesuai digunakan untuk daerah dengan iklim tropis lembab. Hal ini sesuai dengan penelitian Santosa (2012) mengkaji bahwa standar ASHRAE 55 tidak mutlak berlaku di daerah dengan iklim tropis lembab. Salah satu cara untuk menurunkan suhu dalam zona suhu nyaman adalah dengan menambah aliran

angin di dalam ruang. Kindangen (2003) mengkaji aliran angin terhadap tipe jendela dan sudut bukaan dengan menggunakan *software* CFD-Fluent. Hasilnya tipe jendela *awning* dengan sudut  $60^\circ$  mengurangi jumlah aliran angin paling sedikit daripada jendela lain, yaitu sebesar 11%. Tabel 2.4 memberikan gambaran penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini akan berfokus pada desain bukaan serta modifikasi *shading device* yang sesuai untuk asrama Griya Brawijaya Blok A dengan menggunakan simulasi Ecotect.

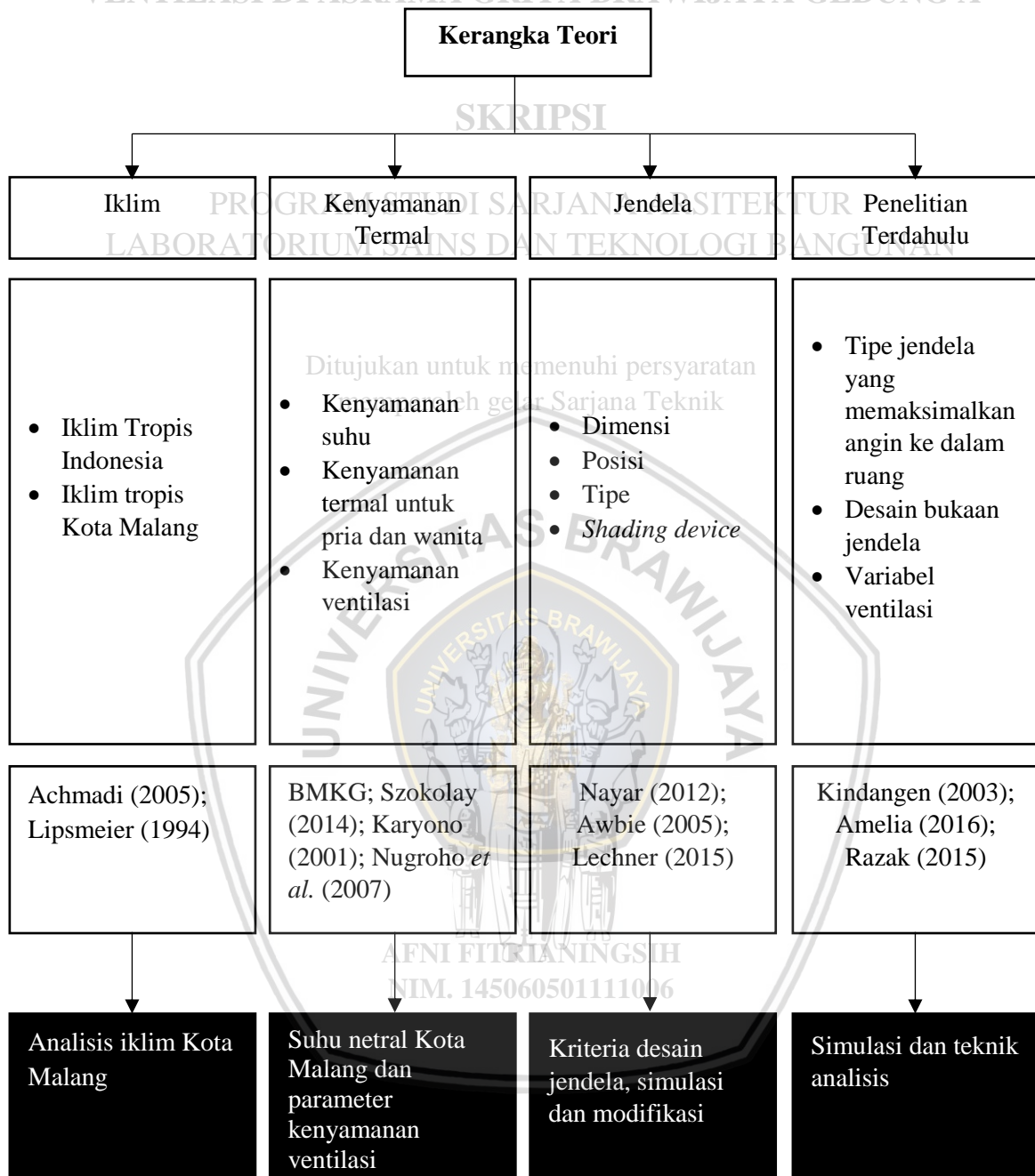
Tabel 2.5 Kedudukan penelitian yang akan dilakukan

Peneliti	Iklim			Konfigurasi					Kinerja			Alat		
	Panas Lembab	Panas Kering	Sub Tropis	Dimensi	Posisi	Tipe	Sudut	Orientasi	<i>Shading device</i>	Suhu	Kec. a ngin	Kelembaban	Statistik	Simulasi
Kindangen, 2003	*					*	*				*			*
Daghigh, 2009	*			*	*	*	*			*			*	
Razak, 2015	*			*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
Amelia, 2016			*		*	*	*	*		*	*	*	*	*
Penelitian yang akan dilakukan	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*		*

AFNI FITRIANINGSIH  
NIM. 145060501111006

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018

## 2.6 Kerangka Teori



Gambar 2.19 Kerangka Teori



PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Umum dan Tahapan Penelitian

Metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan suatu data yang valid dengan tujuan dapat ditemukan suatu hasil yang dapat dikembangkan dan dibuktikan sehingga dapat digunakan dalam memahami, mengantisipasi, dan memecahkan masalah (Sugiyono, 2009). Berikut merupakan uraian mengenai metode umum penelitian dan tahapan penelitian yang dilakukan.

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

##### 3.1.1 Metode umum penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian yang berjudul “Pengaruh Tipe Bukaannya Jendela Terhadap Kenyamanan Ventilasi Di Asrama Griya Brawijaya Blok A” adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah metode yang digunakan untuk meneliti sampel atau populasi tertentu yang umumnya diambil secara acak dan diukur menggunakan instrumen penelitian dengan analisis data bersifat statistik (Sugiyono, 2015). Tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui tipe bukaannya jendela dalam mencapai kenyamanan ventilasi. Data yang akan diolah berupa kecepatan angin, suhu, dan kelembaban.

Teknik pengumpulan data melalui pengukuran, dokumentasi, dan studi pustaka yang kemudian dianalisis dan simulasi. Data pengukuran ruang, dimensi jendela, suhu, kecepatan angin, dan kelembaban diperoleh dari pengukuran lapangan. Kemudian studi pustaka dan hasil analisis disandingkan untuk kemudian di peroleh hasil dan kesimpulan untuk pola bukaannya yang memenuhi kenyamanan suhu dalam ruang.

##### 3.1.2 Tahapan penelitian

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kualitas suatu penelitian. Tahap ini mencoba membuktikan fakta yang telah dituliskan di latar belakang sebagai penentuan pokok permasalahan. Isu yang berkembang adalah rencana Universitas Brawijaya sebagai *Green Campus* dan

PENG juga pembangunan kampus-kampus baru yang juga akan dilengkapi asrama.

Berdasarkan survey awal kondisi suhu didalam bangunan lebih tinggi daripada suhu luar ruangan. Pemenuhan kenyamanan termal di dalam ruangan akan lebih mudah menggunakan pendingin mekanik, namun hal ini tidak sejalan dengan rencana Universitas Brawijaya sebagai *Green Campus*. Sehingga diperlukan upaya pemenuhan kebutuhan kenyamanan termal melalui pendinginan alami. Salah satunya adalah dengan pendekatan tipe jendela. Jendela merupakan elemen bangunan yang memiliki potensi besar dalam memasukkan panas maupun angin dari luar bangunan. Dengan pendekatan jendela diharapkan dapat menurunkan suhu dan mencapai kenyamanan ventilasi.

## 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan berbagai informasi yang sesuai dengan tema penelitian. Pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan cara pengamatan dan pengukuran lapangan, data yang diperoleh dapat berupa foto dokumentasi, sketsa, maupun catatan. Data sekunder didapat melalui buku, jurnal penelitian, maupun prosiding.

## 3. Analisis Data

Data dianalisis berdasarkan studi pustaka terkait iklim, kondisi visual bangunan, hasil pengukuran, dan jendela untuk mengetahui kesesuaian dengan standar dan teori kenyamanan ventilasi. Analisis kondisi iklim, visual, dan data pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif dan kuantitatif. Analisis simulasi dan modifikasi menggunakan metode eksperimental. Selanjutnya analisis modifikasi jendela dan *shading device* juga dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif dan kuantitatif, kemudian hasil simulasi modifikasi di bandingkan satu sama lain untuk mendapatkan tipe jendela yang paling efektif. Hasil analisis berupa gambaran kondisi eksisting dan kinerja jendela yang telah dimodifikasi dalam penurunan suhu dan mencapai kenyamanan ventilasi.

## 4. Sintesis

Sintesis penelitian ini berupa kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Sintesis digunakan untuk menjawab permasalahan penelitian berupa kriteria jendela sebagai alat pendinginan alami yang dapat menurunkan suhu dan mencapai kenyamanan ventilasi.

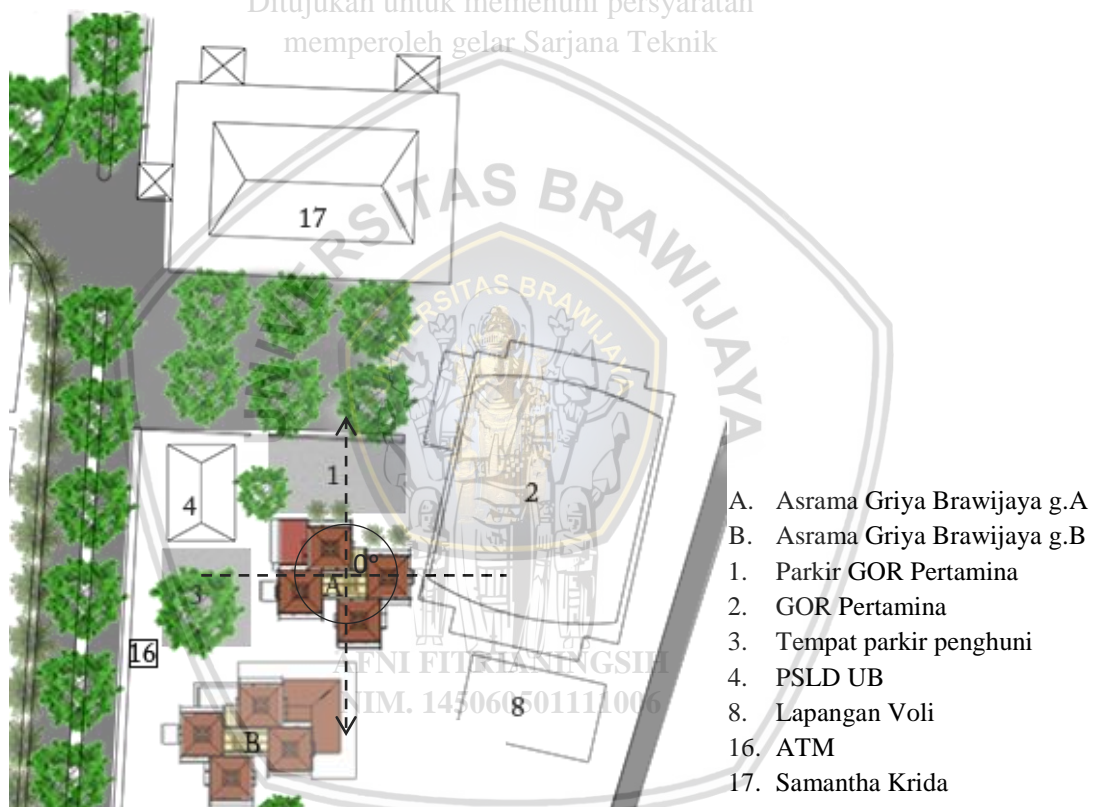
## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN

### 3.2 VENTILASI ALAMI PADA ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

#### 3.2.1 Lokus penelitian

Lokus penelitian adalah asrama mahasiswa di kampus pusat Universitas Brawijaya, yaitu Asrama Griya Brawijaya blok A. Asrama ini beralamat di Jl. Veteran No. 6B, Kecamatan Ketawanggede, Kota Malang. Lokasi asrama berada ditengah-tengah kampus Universitas Brawijaya. Kota Malang merupakan salah satu di provinsi Jawa Timur, secara astronomis terletak  $112,06^{\circ}$  –  $112,07^{\circ}$  Bujur Timur dan  $7,06^{\circ}$  –  $8,02^{\circ}$  Lintang Selatan.

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

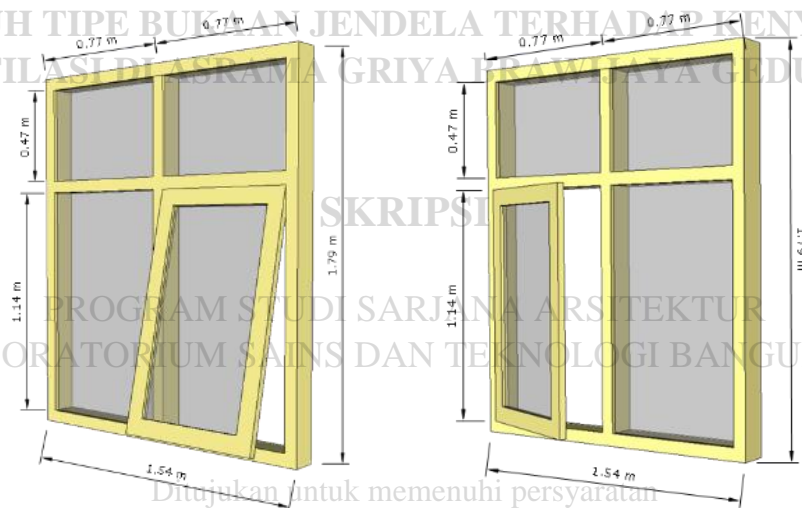


Gambar 3.1 Lokasi Asrama Griya Brawijaya blok A

#### 3.2.2 Fokus penelitian

Fokus penelitian ini difokuskan pada jendela ruang tidur asrama. Pengukuran yang dilakukan adalah pada kecepatan angin, suhu, kelembaban dan jendela bangunan yang dapat menurunkan suhu didalam bangunan. Jendela dikaji dengan kriteria desain agar mencapai penurunan suhu hingga mencapai kenyamanan ventilasi. Kriteria desain jendela berdasarkan pada jurnal penelitian Razak (2015) dan Lechner (2015). Kriteria tersebut diantaranya adalah dimensi jendela, posisi jendela, dan tipe jendela.

PENGARUH TIPE BUKAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 3.2 Tipe jendela ruang tidur Asrama Griya Brawijaya

### 3.3 Jenis dan Metode Pengumpulan Data

#### 3.3.1 Jenis data

Berdasarkan sumbernya, jenis data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder.

##### 1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dengan cara pengamatan dan survey lapangan secara langsung.

##### a. Data fisik Asrama Universitas Brawijaya

Data fisik dari asrama berupa denah kamar asrama, letak jendela, dan ukuran jendela. Hasil perolehan data berupa foto dokumentasi maupun sketsa.

##### b. Data pengukuran Asrama Universitas Brawijaya

Data pengukuran berupa pengukuran suhu, kelembapan udara, kecepatan angin di dalam ruang tidur dan ruang luar.

##### 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui *teks book* dan jurnal penelitian terdahulu yang sesuai dengan penelitian ini. Selain itu berupa data iklim Kota Malang yang didapatkan dari stasiun Klimatologi Kelas II Malang yang terletak di Karangploso melalui [dataonline.bmkg.go.id](http://dataonline.bmkg.go.id).



### 3.3.2 Metode pengumpulan data

#### 1. Data Primer

Metode pengumpulan data primer yang digunakan adalah melalui tinjauan lokasi secara langsung maupun berinteraksi secara langsung dengan objek yang diteliti. Metode yang dilakukan adalah pengukuran suhu, kecepatan angin, kelembaban, ruang dan jendela. kemudian dilakukan dokumentasi dengan foto dan sketsa.

#### 2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder berasal dari studi kepustakaan, berupa buku – buku, jurnal, dll. Pengumpulan data sekunder juga dapat diperoleh melalui informasi internet yang berkaitan dengan data iklim Kota Malang. Penelitian sejenis terkait jendela dan rumah susun yang telah dikaji sebelumnya juga diambil manfaatnya untuk diterapkan pada penelitian saat ini.

### 3.4 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh ruangan dalam gedung asrama Griya Brawijaya blok A. Sampel yang diambil adalah satu kamar dengan jendela *awning* dan satu kamar dengan jendela *casement* di setiap lantai dan sisi bangunan. Pertimbangan pengambilan sampel tersebut adalah perbedaan pembayangan matahari dan aliran angin disetiap sisi serta ketinggian lantai bangunan. Kemudian melalui analisis pengukuran didapatkan 1 ruang dengan suhu paling tinggi yang kemudian dianalisis.



Gambar 3.3 Denah asrama Asrama Griya Brawijaya

### 3.5 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat, sedangkan variabel terikat adalah variabel akibat dari variabel bebas.

Tabel 3.1 Variabel

Variabel bebas	Sub variabel	Variabel Terikat	Indikator
Iklim	Suhu bulanan	Rata-rata suhu bulanan	Suhu nyaman Kota Malang
Pembayangan	Waktu	Fasad bangunan	Fasad yang terbayangi
Jendela eksisting	Dimensi	Prosentase bukaan	SNI 03-6572-2001
	Posisi	Ketinggian dari lantai	Zona aktivitas
	Jenis	Tipe dan sudut bukaan	Prosentase aliran angin
Data pengukuran	Waktu	Suhu	Suhu nyaman Kota Malang
			Standar kenyamanan ventilasi
Jendela modifikasi	Dimensi	Suhu	Suhu nyaman Kota Malang
	Posisi	Suhu	Suhu nyaman Kota Malang
	Jenis	Suhu	Suhu nyaman Kota Malang
<i>Shading device</i>	Dimensi	Suhu	Suhu nyaman Kota Malang

### 3.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif, deskriptif kualitatif, dan analisis eksperimental. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai metode tersebut.

#### 1. Analisis Deskriptif Kuantitatif

Pada penelitian ini analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk menghitung suhu nyaman Kota Malang. Menghitung selisih suhu eksisting dan simulasi dengan suhu nyaman Kota Malang. Data suhu dari simulasi dan kondisi eksisting disajikan menggunakan grafik untuk mendapatkan gambaran secara ringkas.

#### 2. Analisis Deskriptif Kualitatif

Analisis deskriptif kualitatif digunakan untuk analisis kondisi visual pembayangan. Selain itu membandingkan hasil data pengukuran dengan hasil tinjauan pustaka. Sehingga didapatkan sebuah kesimpulan keadaan kondisi eksisting sesuai dengan teori atau tidak.

### 3. Analisis Eksperimental

Analisis eksperimental pada penelitian ini adalah dengan mengubah variabel bebas yang dapat mempengaruhi variabel terikat, sehingga didapatkan variabel terikat yang sesuai harapan. Variabel terikat yang dimaksud adalah suhu yang sesuai dengan suhu nyaman Kota Malang. Analisis eksperimental menggunakan Modifikasi jendela dan *shading device* dilakukan dengan merubah variabel bebas berupa dimensi, posisi, dan jenis jendela. Hasil modifikasi dengan suhu terendah menjadi alternatif terpilih.

#### 3.7 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan sejak bulan Februari 2018. Penelitian dimulai dengan pengumpulan data fisik berupa pengukuran suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin pada 25 – 27 Februari. Selanjutnya pada bulan Maret mulai dilakukan analisis data yang diperoleh. Simulasi dengan menggunakan Autodesk Ecotect Analysis 2011 dilakukan pada bulan April untuk memperoleh hasil yang diinginkan dalam penelitian.

#### 3.8 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan cara survey lapangan di Asrama Griya Brawijaya blok A.

1. Pengukuran fisik kamar tidur asrama
2. Pengukuran fisik jendela kamar asrama
3. Pengukuran suhu dalam dan luar ruangan
4. Pengukuran kecepatan angin di dalam ruangan
5. Pengukuran kelembaban di dalam ruangan
6. Pengumpulan teori mengenai jendela sebagai pendinginan alami

#### 3.9 Teknik Analisis Data

Berikut ini merupakan teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Analisis suhu Kota Malang

Analisis iklim dilakukan untuk mengetahui kondisi suhu Kota Malang secara umum di setiap bulannya dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (2013-

PENG  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

2. Analisis visual

Analisis visual dilakukan untuk mengetahui kondisi pembayangan dan elemen jendela bangunan. Analisis pembayangan dilakukan dengan melakukan simulasi pembayangan matahari sesuai dengan lokasi asrama Griya Brawijaya dan waktu pengukuran suhu. Elemen jendela dianalisis dengan cara membandingkan kondisi eksisting serta teori dan standar terkait tipe, posisi, dimensi, dan sudut bukaan sehingga diketahui kesesuaiannya.

3. Analisis pengukuran

Analisis pengukuran disajikan dalam grafik yang kemudian dibandingkan dengan standar kenyamanan dan suhu nyaman Kota Malang. Jika belum memenuhi dapat dilakukan analisis kecepatan angin untuk mendapatkan kenyamanan ventilasi. Data pengukuran yang dianalisis berupa suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

4. Analisis simulasi

Analisis simulasi dilakukan untuk mendapatkan besarnya suhu dalam ruang dengan menggunakan Autodesk Ecotect Analisis 2011. *Software ecotect* sering digunakan dalam penelitian. Sebelum dilakukan modifikasi menggunakan Ecotect, terlebih dahulu melakukan validasi terhadap kondisi eksisting. Standar validasi pada penelitian ini menggunakan rasio eror sebesar  $\leq 10\%$  agar dapat dikatakan valid (Nugroho, 2007). Simulasi modifikasi dapat dilakukan jika model yang digunakan telah valid terhadap kondisi suhu eksisting.

### 3.10 Teknik Sintesis Data

Sintesis bertujuan untuk memperoleh tanggapan dari proses analisis data yang telah dilakukan. Sintesis data menggunakan metode deskriptif untuk mengetahui jenis bukaan jendela yang dapat menurunkan suhu dan memberikan kenyamanan ventilasi. Jenis bukaan jendela yang sudah disimulasi, akan diseleksi berdasarkan penurunan suhu yang paling besar.

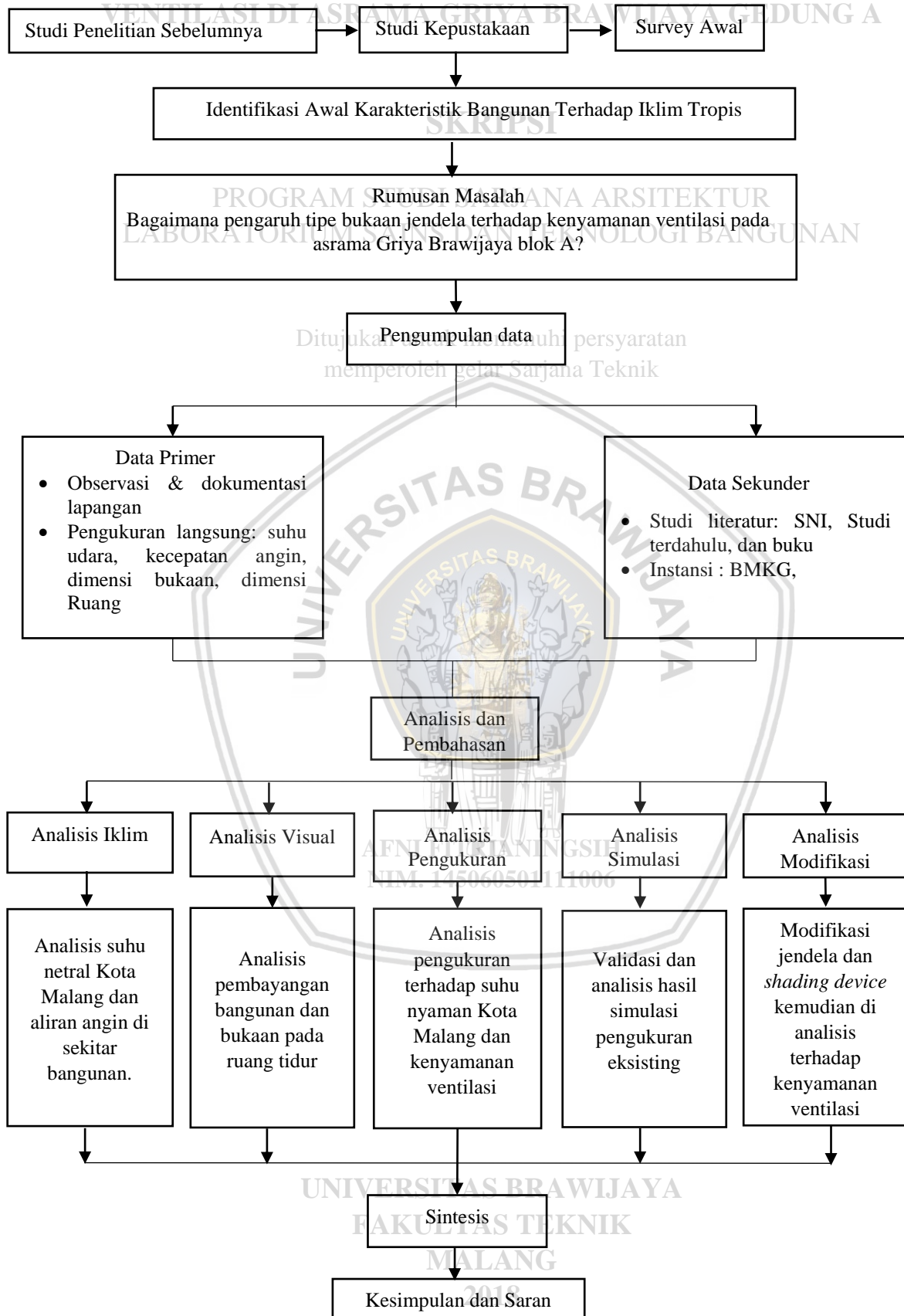


### 3.11 Instrumen Penelitian

Proses pengambilan data dan analisa data dilakukan dengan menggunakan instrumen atau alat, berikut adalah alat yang digunakan dalam proses penelitian ini.

1. Alat observasi
  - a. Kamera  
Kamera digunakan sebagai alat dokumentasi visual kondisi eksisting bangunan.
  - b. Alat tulis  
Alat tulis digunakan untuk mencatat proses hingga hasil penelitian
  - c. Meteran  
Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Meteran digunakan untuk mengukur luas ruangan dan jendela
  - d. Termohigrometer  
Termometer digunakan untuk mengukur suhu di dalam dan luar ruangan.
  - e. Anemometer  
Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin.
2. Analisis data
  - a. Teori  
Teori digunakan untuk menganalisis data
  - b. Sketch up  
Sketch up digunakan untuk membuat 3D bangunan asrama dan untuk simulasi pembayaran.
  - c. Autodesk Ecotect Analisis 2011  
Ecotect digunakan untuk simulasi modifikasi jendela dan *shading device*
  - d. SNI 03-6572-2001  
Acuan standar luas bukaan jendela untuk penghawaan alami, yaitu 5% dari luas lantai.

### 3.12 Kerangka Metode Penelitian



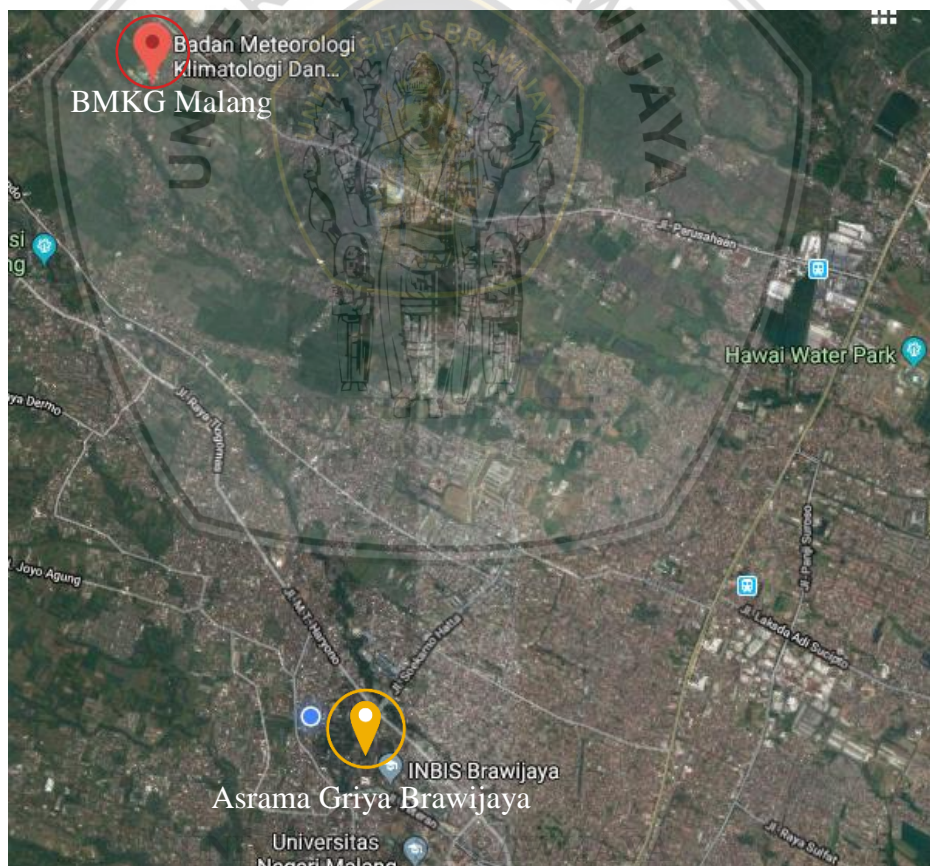
Gambar 3.4 Kerangka Metode Penelitian

PENGARUH TIPE BUKAAN JERAM TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

4.1 Identifikasi Objek

4.1.1 Kondisi iklim Kota Malang

Kota Malang secara astronomis terletak diantara 112,06° – 112,07° Bujur Timur dan 7,06° – 8,02° Lintang Selatan. Batas wilayah Kota Malang adalah wilayah Kabupaten Malang, yaitu sebelah utara Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso, sebelah timur Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang, sebelah Selatan Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji, dan disebelah barat Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau. Kota Malang dikelilingi oleh gunung, yaitu sebelah utara Gunung Arjuno, sebelah timur Gunung Semeru dan Gunung Bromo, sebelah barat Gunung Kawi. Wilayah Malang memiliki stasiun pengamat meteorologi, yaitu stasiun Klimatologi Kelas II Malang yang terletak di Desa Ngijo, Karangploso.

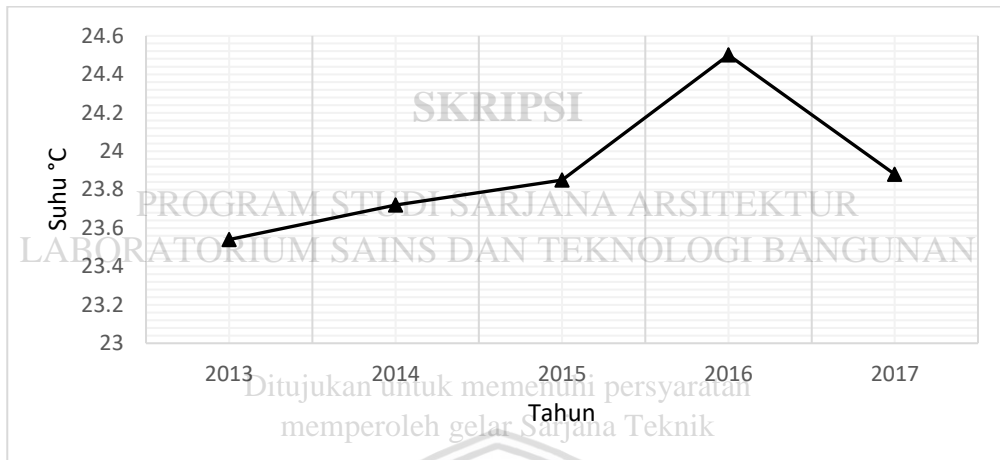


Gambar 4.1 Lokasi stasiun BMKG Kota Malang

Sumber : [www.google.co.id/maps](http://www.google.co.id/maps)

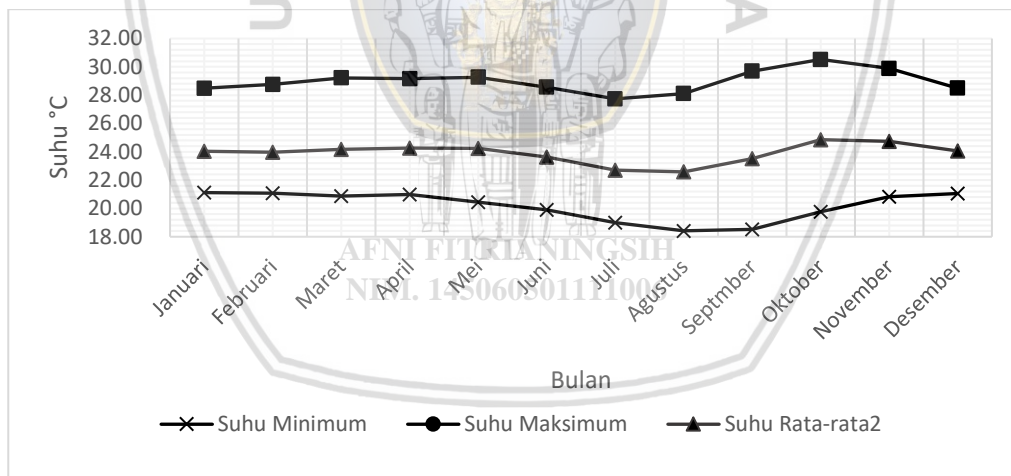
Kondisi suhu Kota Malang cenderung meningkat dari tahun 2013 hingga tahun 2017. Rata-rata suhu tahunan Kota Malang dari tahun 2013- 2017 yaitu 23.54°C- 24.50°C, dengan rata-rata suhu terpanasnya mencapai 28.49°C-29.49°C. Rata-rata

PEMANTAUAN SUHU TAHUNAN TERDAPAT PADA TAHUN 2016 YAITU  $24.50^{\circ}\text{C}$ . SEdangkan suhu rata-rata terpanas terdapat pada tahun 2014, dimana suhu rata-rata mencapai  $29.49^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.2 Rata-rata suhu tahunan Kota Malang 2013-2017

Hasil pengamatan stasiun BMKG Malang tahun 2013-2017 menunjukkan rata-rata suhu tertinggi pada bulan Oktober, yaitu mencapai suhu  $24.86^{\circ}\text{C}$ . Suhu pada bulan terpanas tersebut dapat dijadikan acuan dalam perancangan bangunan untuk menciptakan kondisi bangunan yang nyaman bagi pengguna. Sedangkan rata-rata suhu terendah terdapat pada bulan Agustus, yaitu suhu mencapai  $18.42^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.3 Rata-rata suhu bulanan Kota Malang 2013-2017

#### 4.1.2 Kondisi tapak Asrama Griya Brawijaya

Asrama Griya Brawijaya didirikan pada tahun 2011 di kampus pusat Universitas Brawijaya. Asrama ini berada di pusat kampus dan beralamat di Jl. Veteran No. 6B, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang. Kawasan asrama seluas  $7619,03 \text{ m}^2$  ini terdiri dari empat gedung. Gedung A dan B difungsikan sebagai asrama putri dan gedung C dan D difungsikan sebagai asrama putra. Griya Brawijaya memiliki fungsi sebagai asrama mahasiswa dan juga sebagai penginapan umum. Pada gedung A



PENC terdapat fasilitas penunjang berupa print dan fotokopi, sedangkan pada gedung B dilengkapi dengan kantin, minimarket, dan juga pos satpam yang terletak di lantai 1. Bangunan penunjang lain Griya Brawijaya adalah tempat parkir, taman, dan ATM.



Gambar 4.4 Kondisi lingkungan Asrama Griya Brawijaya g.A sisi barat (atas) dan sisi utara (bawah)

Asrama Griya Brawijaya didirikan pada tahun 2011 pada lahan seluas 7619,03 m<sup>2</sup>, terdiri dari empat gedung dan dihuni sebanyak 338 mahasiswa. Setiap Gedung memiliki jumlah empat lantai dan setiap lantai terdiri dari 20 kamar. Keempat gedung asrama berorientasi kearah utara – selatan.

## PENGARUH TITIK BUKAAN JENJAL TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.5 Siteplan Asrama Griya Brawijaya

Terletak diantara gedung-gedung lainnya di Universitas Brawijaya. Jarak antar bangunan tersebut cukup rapat, sehingga kondisi kenyamanan pada bangunan sangat terpengaruhi oleh gedung lain disekitarnya. Bangunan di sekitar asrama memiliki ketinggian rata-rata 2-12 lantai. Terdapat beberapa vegetasi disekitar bangunan sehingga di beberapa titik sekitar bangunan cukup teduh. Berikut merupakan gedung



PENC disekitar asrama Griya Brawijaya. Berikut merupakan gedung disekitar asrama Griya Brawijaya.

### VENISIASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.6 PSLD UB



Gambar 4.7 SMA BSS



Gambar 4.8 Gedung FILKOM



Gambar 4.9 Gedung FTP



Gambar 4.10 Children center BSS



Gambar 4.11 SD BSS



Gambar 4.12 Samantha Krida



Gambar 4.13 SMP BSS

MALANG  
2018



#### 4.1.3 Kondisi bangunan Asrama Griya Brawijaya Gedung A

Gedung A merupakan salah satu gedung yang terletak dibagian paling utara. Gedung tersebut merupakan asrama yang dihuni oleh mahasiswa perempuan. Bangunan gedung A memiliki luas lantai 1418,97 m<sup>2</sup> dengan jumlah lantai sebanyak 4 lantai. Ketinggian total bangunan sekitar 12 m. Asrama gedung A berbatasan langsung dengan gedung-gedung lain sehingga mempengaruhi keadaan gedung tersebut.



Gambar 4.14 Batas utara tempat parkir GOR

Gambar 4.15 Batas selatan Griya Brawijaya g.B



Gambar 4.16 Batas timur GOR Pertamina dan lapangan voli

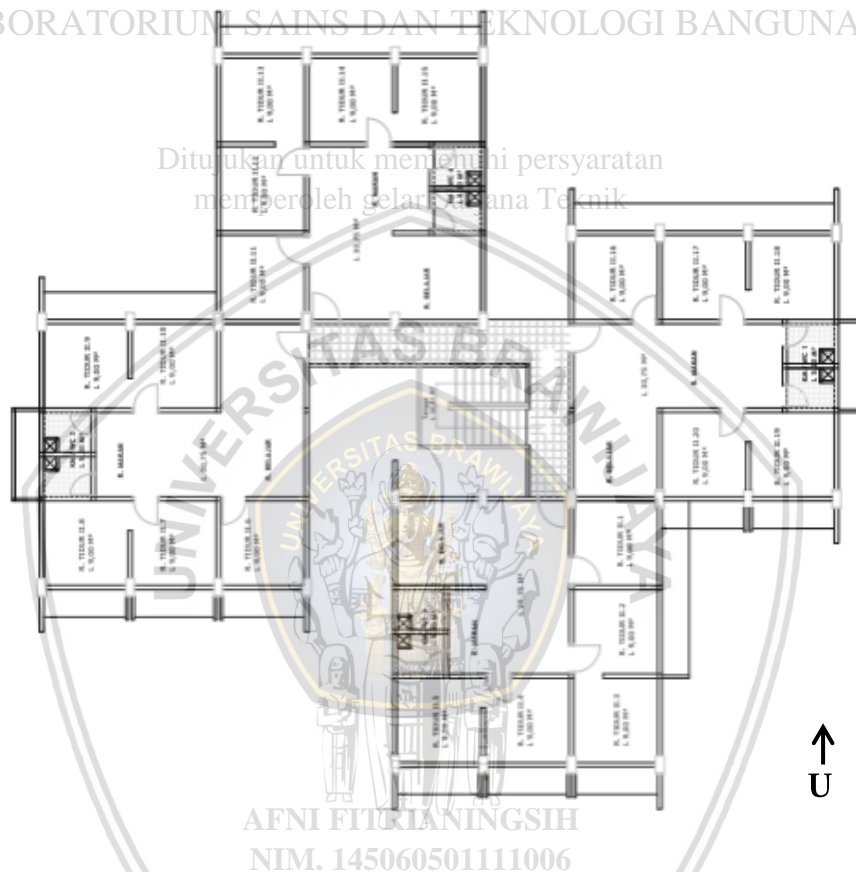


Gambar 4.17 Batas barat Tempat parkir penghuni dan PSLD UB

Pada gedung A lantai satu, 2 unit ruang difungsikan sebagai penginapan umum dan 2 unit ruang sebagai asrama mahasiswa. Sedangkan lantai dua hingga lantai empat berfungsi sebagai asrama mahasiswa. Gedung ini memiliki total 80 kamar,



dimana di setiap lantainya terdiri dari 20 kamar. Bentuk ruang gedung Griya Brawijaya ini memiliki satu ruang bersama di setiap lima kamar. Sehingga dalam satu lantai terdapat empat unit ruang yang didalamnya terdiri dari ruang bersama, lima kamar tidur, dan dua kamar mandi. Ruangan disusun secara radial dengan koridor dan terdapat void dibagian sirkulasi tangga sehingga memungkinkan udara dan cahaya alami masuk kedalam bangunan.



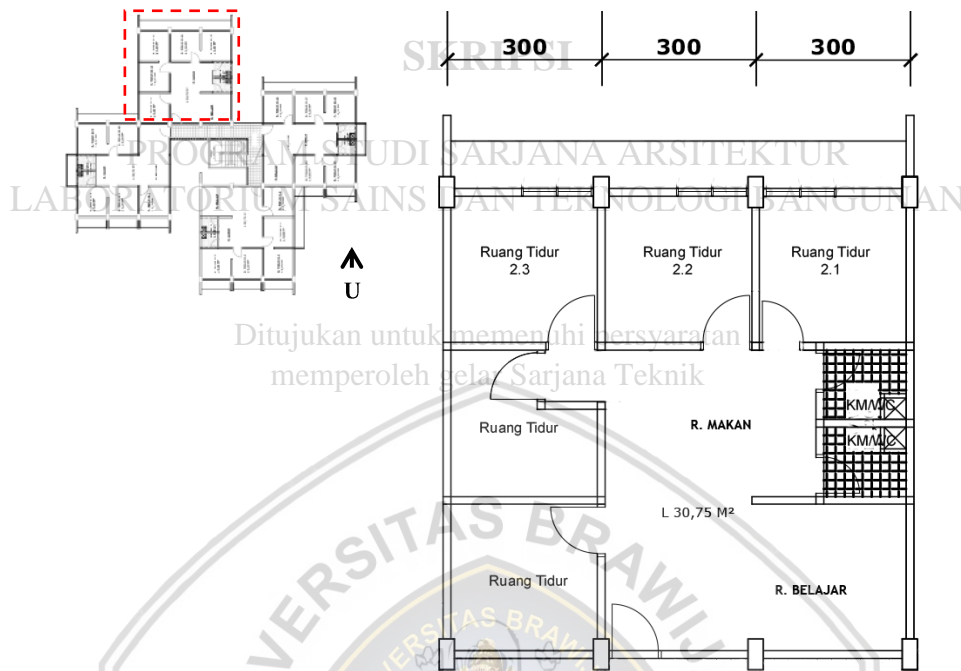
Gambar 4.18 Denah Gedung A Asrama Griya Brawijaya Lt. 2-4



Gambar 4.19 Kondisi Gedung A Asrama Griya Brawijaya

Kamar tidur pada asrama memiliki luas 3 m x 3 m dan ketinggian ruang tidurnya 2,5 m. Rata-rata setiap kamar diisi 2 orang mahasiswa dengan menggunakan ranjang

bertingkat. Tiap kamar memiliki jendela masing-masing dengan luas jendela 160cm x 180cm. Hal ini menunjukkan bangunan didesain untuk pencahayaan dan penghawaan alami.



Gambar 4.20 Denah unit ruang

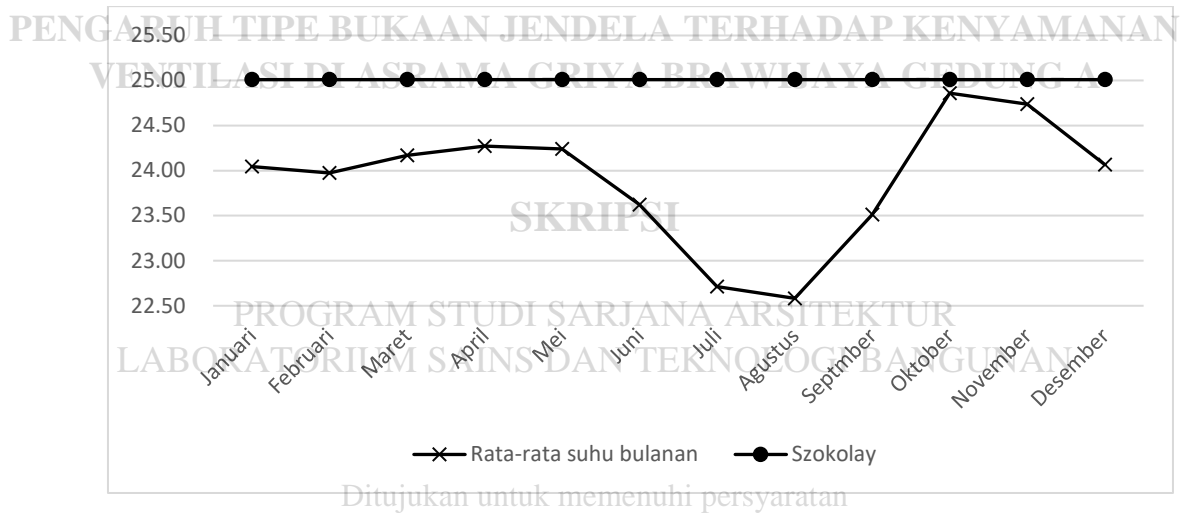
## 4.2 Analisis Suhu Kota Malang

### 4.2.1 Suhu netral Kota Malang

Suhu netral merupakan kondisi dimana manusia tidak merasa kedinginan atau berkeringat. Suhu netral dapat dihitung melalui rata-rata suhu bulanan pada suatu lingkungan. Salah satu persamaan suhu netral yang dapat digunakan adalah persamaan Szokolay. Data yang dibutuhkan untuk menghitung suhu netral adalah rata-rata suhu bulanan pada beberapa tahun terakhir.

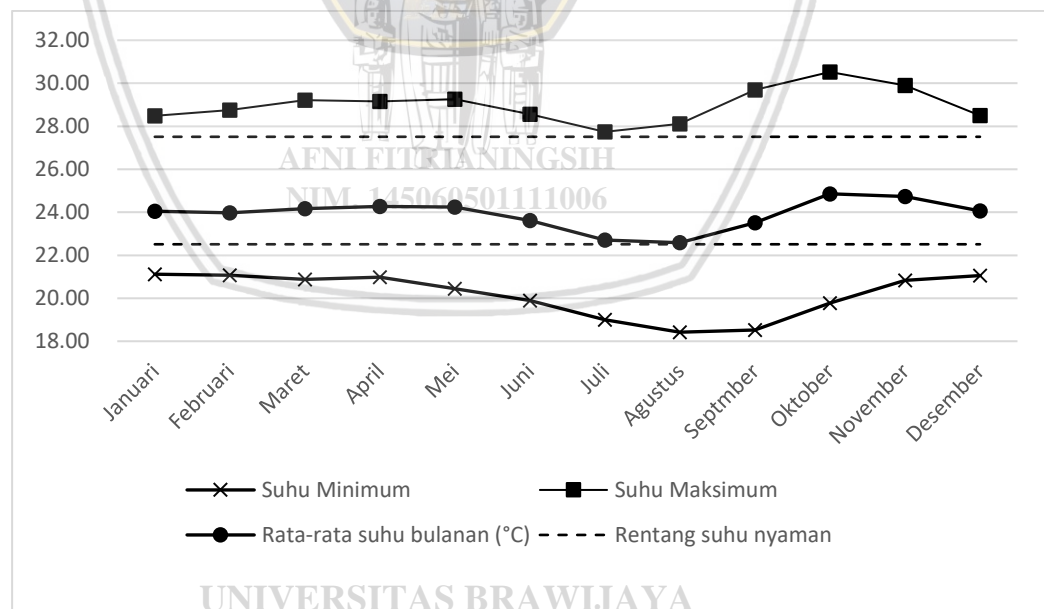
Rata-rata suhu bulanan Kota Malang dalam kurun waktu 2013-2017 berkisar antara 22,71°C-24.86°C, dengan rata-rata suhu yaitu 23.90°C. Hasil dari persamaan suhu netral Szokolay menunjukkan suhu konstan sebesar 25.00°C. Pada grafik menunjukkan suhu rata-rata bulanan selama tahun 2013-2017 berada dibawah suhu netral dalam persamaan Szokolay. Berikut merupakan persamaan Szokolay.

$$\begin{aligned}
 T_n &= 17.6 + 0.31 \text{ suhu rata-rata bulanan} \\
 &= 17.6 + 0.31 (23.90^\circ\text{C}) \\
 &= 25.00^\circ\text{C} \quad 2018
 \end{aligned}$$



Gambar 4.21 Suhu netral Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017

Berdasarkan hasil persamaan suhu netral tersebut, maka dapat ditemukan suhu nyaman Kota Malang. Batasan suhu yang dapat diterima oleh manusia sebagai suhu nyamannya adalah berada pada rentang  $5^{\circ}\text{C}$ , yaitu  $(T_n - 2.5^{\circ}\text{C}) - (T_n + 2.5^{\circ}\text{C})$ . Sehingga batas tertinggi suhu nyaman di Kota Malang dapat ditentukan dari persamaan  $T_n + 2.5^{\circ}\text{C}$ , yaitu sebesar  $27.50^{\circ}\text{C}$  dan batas terendah suhu nyamannya adalah  $T_n - 2.5^{\circ}\text{C}$ , yaitu sebesar  $22.50^{\circ}\text{C}$ . Suhu rata-rata bulanan Kota Malang berada pada batas suhu nyaman Kota Malang. Sedangkan suhu terendah dan suhu tertinggi bulanan Kota Malang berada di luar batas suhu nyaman.

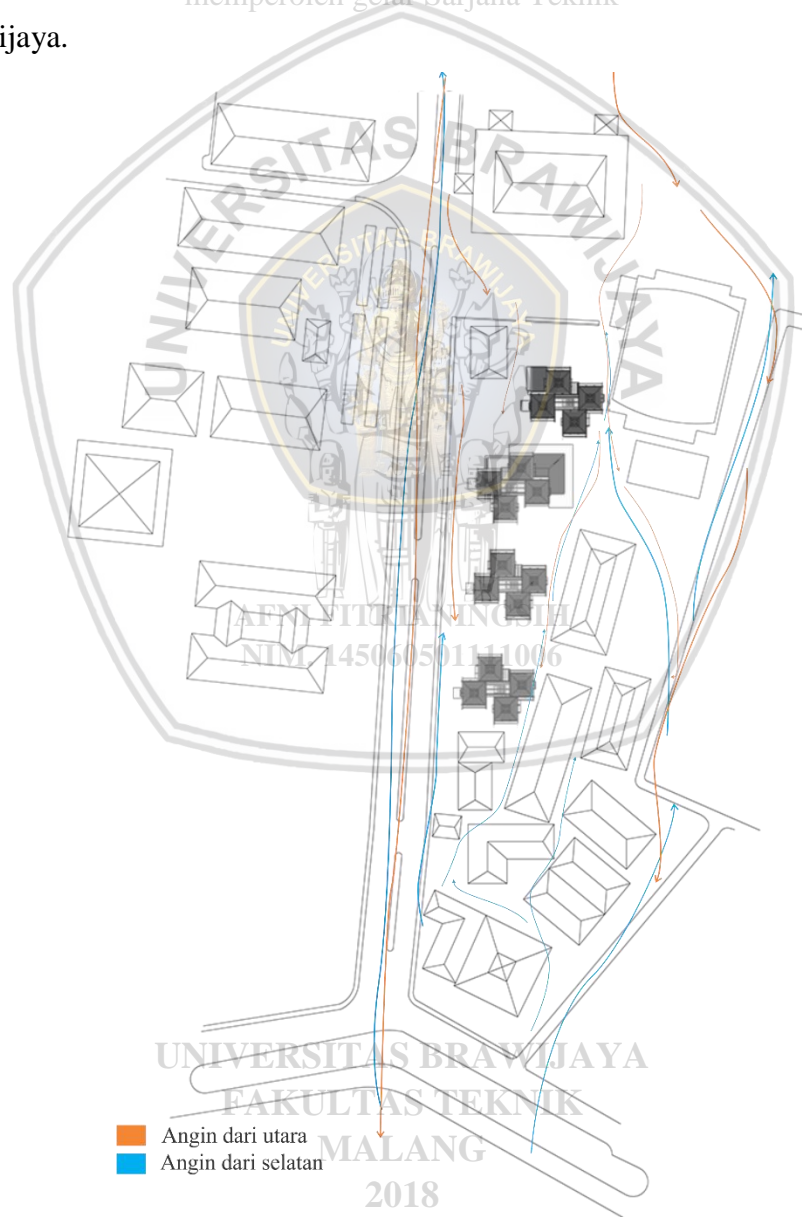


Gambar 4.22 Suhu nyaman Kota Malang terhadap suhu rata-rata bulanan Kota Malang 2013-2017

#### 4.2.2 Analisis arah angin

##### 1. Angin Mikro

Berdasarkan data arah angin dari BMKG Kota Malang angin di Kota Malang rata-rata berasal dari arah utara dan selatan. Pada bulan Juli-Oktober arah angin berasal dari arah selatan, dan di bulan-bulan lain berasal dari arah utara. Kondisi bangunan di sekitar Universitas Brawijaya yang cukup padat mempengaruhi arah aliran angin. Ketika angin melewati celah antar bangunan, pada saat itu kecepatan angin meningkat karena dipengaruhi oleh efek venturi. Angin berhembus pada koridor jalan kemudian melewati celah-celah antar bangunan. Berikut adalah arah aliran angin secara mikro disekitar asrama Griya Brawijaya.



Gambar 4.23 Prediksi angin secara mikro



2. Angin dengan Ketinggian Bangunan

Semakin tinggi suatu tempat kecepatan angin yang diterima akan semakin tinggi pula (Taranath, 2005). Aliran angin pada bangunan yang berkelompok berbeda dengan bangunan yang terisolasi (Elshaer, 2015). Berikut merupakan analisis aliran angin dengan ketinggian bangunan di sekitar asrama Griya Brawijaya.



Gambar 4.24 Prediksi aliran angin dengan ketinggian

Angin mengalir dari arah utara dan selatan dengan pola laminar. Angin akan berubah pola menjadi turbulent saat melewati bangunan, sehingga arah angin menjadi sulit diperkirakan dan angin menjadi lemah.

Tabel 4.1 Analisis aliran angin

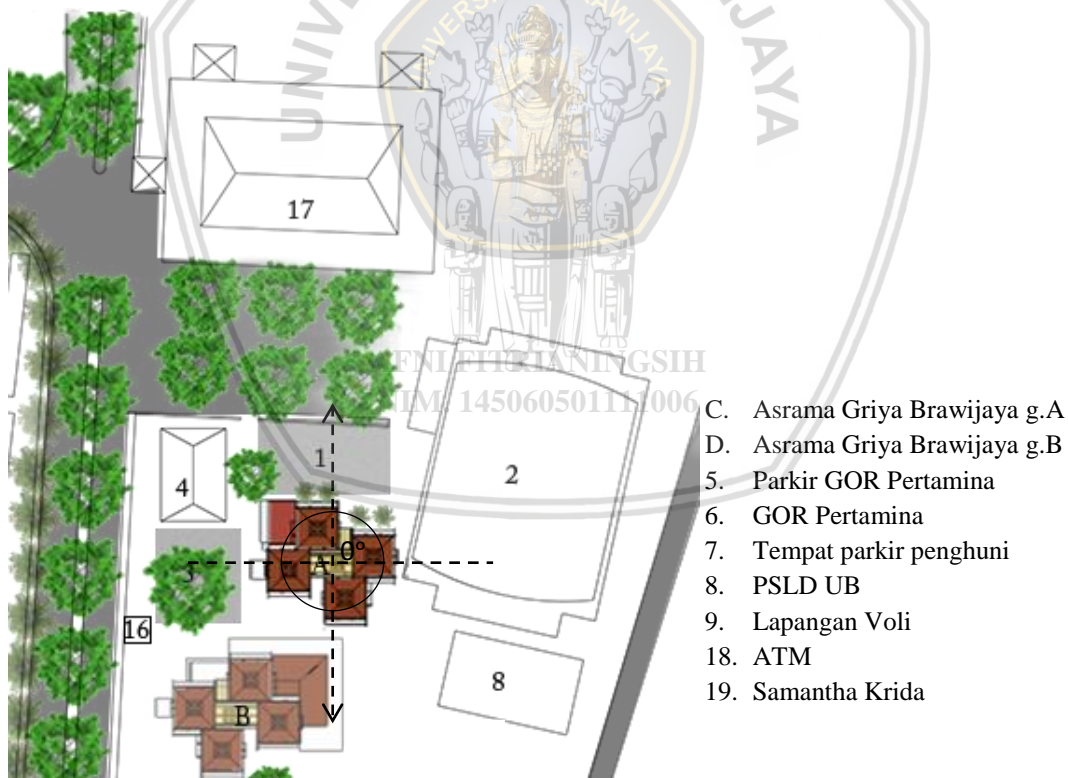
Gambar	Keterangan	Sumber
	Pada bangunan tinggi aliran angin akan membuka ke sisi bangunan secara periodik	Taranath, 2005
	Aliran angin saat mengenari bangunan tinggi	Lechner, 2015
	Bangunan tinggi membelokkan angin ke permukaan tanah	Lechner, 2015
	Bangunan tinggi yang diperluas bagian bawah, akan mengalihkan aliran angin dari permukaan tanah	Lechner, 2015

#### 4.3 Analisis Visual

Analisis visual dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik bangunan melalui pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Analisis visual yang dilakukan berupa analisis pembayangan fasad bangunan serta analisis elemen jendela. Analisis pembayangan bangunan dilakukan untuk mengetahui sisi bangunan yang paling banyak menerima paparan sinar matahari. Analisis elemen jendela dilakukan untuk mengetahui kondisi jendela dan kesesuaian jendela dengan teori/standar yang ada.

##### 4.3.1 Pembayangan bangunan

Alamat asrama Griya Brawijaya di Jl. Veteran No. 6B, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, tepatnya berada di titik koordinat  $7^{\circ}57'13.1''S$   $112^{\circ}36'58.0''E$ . Batas asrama Griya Brawijaya gedung A pada sisi utara adalah tempat parkir GOR Pertamina, sisi barat tempat parkir penghuni asrama dan kantor layanan disabilitas, batas selatan kantin dan gedung B, dan batas timur GOR Pertamina dan lapangan volly.





Gambar 4.25 Siteplan Asrama Griya Brawijaya gedung A

Analisis pembayangan bangunan dilakukan dengan *software sketch up*. Sebelum dilakukan analisis pembayangan, terlebih dahulu dilakukan validasi agar hasil simulasi pembayangan valid digunakan dalam penelitian. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembayangan bangunan pada *sketch up* dengan foto yang

diambil dengan waktu pengambilan foto dan waktu validasi *sketch up*. Analisis perbandingan dilakukan secara kualitatif untuk mengetahui hasil kesamaan antara foto dan simulasi. Hasil simulasi dikatakan valid apabila hasil pembayangan simulasi dan foto yang diambil sama.

Tabel 4.2 Validasi pembayangan dengan *sketch up*

Tanggal & waktu	Foto Bangunan	Simulasi
16/3 08.45		
<p><b>Validasi :</b> simulasi menunjukkan hasil pembayangan yang serupa dengan foto. Hasil pembayangan simulasi maupun foto menunjukkan fasad sisi utara bangunan terbayangi pada lantai 1, 2 dan 3 serta sebagian pada lantai 4.</p>		
15/3 10.24		
<p><b>Validasi :</b> simulasi menunjukkan hasil pembayangan yang serupa dengan foto. Hasil pembayangan simulasi maupun foto menunjukkan fasad sisi barat menunjukkan fasad terbayangi kecuali pada <i>shading device</i> jendela kamar mandi lantai 4 yang terpapar sedikit sinar matahari.</p>		



Hasil perbandingan foto dengan simulasi *sketch up* menunjukkan hasil pembayangan pada area yang sama. Sehingga, hal ini menunjukkan hasil simulasi dengan *software sketch up* dinyatakan valid dan dapat dilakukan untuk analisis pembayangan selanjutnya.

Simulasi pembayangan dilakukan pada titik balik matahari yaitu pada 22 Juni dan 22 Desember serta titik *equinox* pada 21 Maret. Kemudian pembayangan dilakukan pada hari pengambilan data, yaitu pada tanggal 25-27 Februari. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi pembayangan pada bangunan pada saat pengambilan data. Sehingga dapat dilihat keterkaitan antara hasil pengukuran suhu dan kondisi pembayangan bangunan. Berikut ini adalah hasil simulasi pembayangan pada waktu tersebut.

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

Simulasi pembayangan akan dilakukan pada titik balik matahari yaitu tanggal 22 Juni dan 22 Desember, serta *equinox* 21 Maret. Dalam tiga waktu tersebut akan disimulasikan pada pagi hari pukul 08.00, siang hari pukul 12.00, sore hari pukul 16.00. Hasil pembayangan ketiganya akan dibandingkan satu sama lain sehingga akan didapatkan kondisi fasad, pada area mana saja yang terbayangi dan terpapar sinar matahari.

Tabel 4.3 Pembayangan bangunan pada pukul 08.00

Tanggal	Hasil Pembayangan
21 Maret	
<p><b>Analisis</b> : Hasil simulasi pada 21 Maret pukul 08.00 menunjukkan fasad yang terbayangi adalah sisi barat, utara, dan selatan. Arah datangnya sinar matahari berasal dari timur sehingga fasad timur menerima banyak paparan sinar matahari. Pada sisi ini terbayangi pada area yang terdapat <i>sun shading</i> saja.</p>	



PENGARUH TIPE BUKAAN JENDI TERHADAP KENYAMANAN

Tanggal 22 Juni

Hasil Pembayangan



Timur



Barat



Selatan



Utara

Hasil simulasi pada 22 Juni pukul 08.00 menunjukkan fasad yang terbayangi secara berurutan adalah pada sisi barat, selatan, utara, timur. Sehingga fasad timur terbayangi sebagian pada sisi kiri oleh adanya bangunan di sisi tengah. Fasad sisi utara terbayangi oleh adanya *side shading* dan *overhang*, sehingga yang terbayangi adalah sisi kiri lantai 1-4 dan sebagian atas lantai 4.

22  
Desember



Timur



Barat



Selatan



Utara



Hasil simulasi pada 22 Desember pukul 08.00 menunjukkan fasad yang terbayangi secara berurutan adalah sisi barat, utara, selatan, dan timur. Sisi timur terpapar sinar matahari langsung, area yang terbayangi adalah sisi kanan oleh bangunan sisi tengah dan oleh *shading*. Sedangkan pada sisi barat dan utara terbayangi karena posisinya membelakangi sinar matahari.

Hasil dari keseluruhan simulasi pembayangan pada pukul 08.00 menunjukkan bahwa, dari ketiga simulasi, fasad yang paling banyak terkena paparan sinar matahari adalah fasad timur. Dan sisi yang paling terbayangi adalah sisi barat karena membelakangi arah datangnya sinar matahari.

Fasad timur asrama berfungsi sebagai kamar mandi dan kamar tidur. Dari ketiga sisi bangunan di fasad timur, sisi kiri memiliki fungsi kamar tidur dan dua sisi lainnya berfungsi sebagai kamar mandi. Jika diurutkan fasad timur yang

paling terbayangi dan tidak terlalu banyak memasukkan panas ke dalam bangunan dari ketiga waktu tersebut adalah pada 22 Juni, 22 Desember, dan 21 Maret. Fasad utara dan selatan secara keseluruhan berfungsi sebagai kamar tidur. Kedua fasad ini tidak terpapar sinar matahari secara langsung. Fasad sisi selatan yang paling terbayangi secara urut pada pukul 08.00 adalah pada 22 Juni, 21 Maret, dan 22 Desember. Sedangkan fasad sisi utara yang paling terbayangi secara urut adalah pada 22 Desember, 21 Maret, dan 22 Juni.

Tabel 4.4 Pembayangan bangunan pada pukul 12.00

Tanggal	Hasil Pembayangan
21 Maret	 <p style="text-align: center;">Timur <span style="margin-left: 200px;">Barat</span></p> <p style="text-align: center;">Selatan <span style="margin-left: 200px;">Utara</span></p> <p><b>Analisis :</b> Hasil simulasi pada 21 Maret pukul 12.00 menunjukkan fasad yang terpapar sinar matahari adalah pada sisi barat. Posisi matahari berada tegak lurus diatas bangunan, sehingga sisi bangunan terbayangi, dan hanya sisi barat yang terpapar sinar matahari secara tidak langsung.</p>
22 Juni	 <p style="text-align: center;">Timur <span style="margin-left: 200px;">Barat</span></p> <p style="text-align: center;">Selatan <span style="margin-left: 200px;">Utara</span></p> <p><b>Analisis :</b> Hasil simulasi pada 22 Juni pukul 12.00 menunjukkan fasad yang terbayangi adalah sisi timur dan selatan. Sedangkan sisi utara terbayangi sebagian oleh adanya <i>shading</i> dan <i>overhang</i> karena sisi ini yang paling banyak menerima paparan sinar matahari. Fasad barat sedikit terbayangi oleh adanya <i>shading</i>, namun pembayangan itu tidak tepat pada jendela sehingga berpotensi memasukkan panas ke dalam bangunan.</p>

---

**PENGALIHAN TIPE BUKAAN JENDELA Hasil Pembayaran KENYAMANAN**


---

Tanggal  
22  
Desember



Timur



Barat



Selatan



Utara

**Analisis :** Hasil simulasi 22 Desember pukul 12.00 menunjukkan fasad bangunan yang terbayangi adalah pada sisi utara dan sisi timur. Fasad selatan yang terbayangi adalah lantai 4 dan untuk lantai 1-3 hanya terbayangi sebagian. Sedangkan fasad barat sedikit terbayangi, lantai yang paling terbayangi secara berurutan adalah lantai 1, lantai 2, lantai 3, dan lantai 4.



Hasil simulasi pada pukul 12.00 menunjukkan sisi yang selalu terbayangi seluruhnya adalah fasad timur. Fasad selatan terbayangi seluruhnya pada 22 Juni, fasad utara terbayangi seluruhnya pada 22 Desember, dan pada 21 Maret fasad selatan dan utara terbayangi seluruhnya. Sisi yang paling terbayangi secara berurutan adalah sisi timur, sisi selatan, sisi utara, dan sisi barat. Posisi matahari yang berada di atas membuat bangunan tidak terpapar sinar matahari secara langsung.

Pada simulasi pukul 12.00 menunjukkan fasad barat merupakan sisi yang paling banyak terkena paparan sinar matahari. Ruang tidur di sisi barat tidak terbayangi secara keseluruhan. Karena bayangan dari *sun shading* tidak jatuh tepat pada jendela, sehingga memungkinkan masuknya panas matahari ke dalam bangunan. Fasad utara terbayangi hampir seluruhnya pada simulasi 22 Desember dan 21 Maret, sedangkan fasad selatan hampir terbayangi seluruhnya pada 22 Juni dan 21 Maret.



## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASPAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

Tabel 4.5 Pembayangan bangunan pada pukul 16.00

Tanggal	Hasil Pembayangan
21 Maret	 <p style="text-align: center;">Timur <span style="margin-left: 200px;">Barat</span></p> <p style="text-align: center;">Selatan <span style="margin-left: 200px;">Utara</span></p>
<p><b>Analisis :</b> Hasil simulasi pada 21 Maret pukul 16.00 menunjukkan sisi yang terbayangi adalah fasad timur, utara, dan selatan. fasad barat hanya terbayangi oleh adanya <i>shading</i> saja, karena posisi matahari berada di sebelah barat. Pada sisi ini bangunan mendapatkan paparan sinar matahari paling banyak, sehingga berpotensi memasukkan panas kedalam bangunan, terutama pada ruang yang berfungsi sebagai kamar tidur karena hanya terbayangi setengah dari luasan jendela.</p>	
22 Juni	 <p style="text-align: center;">Timur <span style="margin-left: 200px;">Barat</span></p> <p style="text-align: center;">Selatan <span style="margin-left: 200px;">Utara</span></p>
<p><b>Analisis :</b> Hasil simulasi pembayangan pada pukul 16.00 menunjukkan sisi yang terbayangi adalah fasad timur dan selatan. Arah datang sinar matahari dari barat utara sehingga sisi barat paling banyak menerima paparan sinar matahari. Pada fasad barat area yang terbayangi adalah sisi kiri dan tengah, sedangkan sisi kanan hanya sebagian kecil karena terbayangi oleh bangunan sisi tengah. Fasad utara terbayangi sebagian oleh adanya <i>side shading</i> dan <i>overhang</i>, sehingga sisi tengah dan kanan hanya terbayangi bagian kanan dan atas lantai 4. Sisi kari area yang terbayangi adalah pada lantai 1-3 dan sebagian lantai 4.</p>	



---

**PENGARUH ORIENTASI BUKAAN JENDELA TERHADAP HASIL PEMBAYANGAN KENYAMANAN**


---

Tanggal

Hasil Pembayangan

22

Desember



Timur

Barat



Selatan

Utara

---

**Analisis :** Hasil simulasi pada 22 Desember pukul 16.00 menunjukkan sisi yang terbayangi secara keseluruhan adalah fasad timur dan utara. Pada fasad barat sisi kanan dan kiri mendapatkan paparan sinar matahari paling banyak, sedangkan sisi kiri terbayangi sebagian oleh bangunan sisi tengah. Fasad selatan terbayangi sebagian terutama pada sisi kanan, sedangkan sisi tengah dan kiri terbayangi sebagian oleh adanya *side shading* dan *overhang* membayangi lantai 4.

---

Hasil simulasi pada pukul 16.00 menunjukkan sisi yang selalu terbayangi seluruhnya adalah fasad timur. Sisi yang paling terbayangi secara berurutan adalah sisi timur, sisi utara, sisi selatan, dan sisi barat. Posisi matahari yang berada di barat membuat fasad barat bangunan mendapat paparan sinar matahari secara langsung.

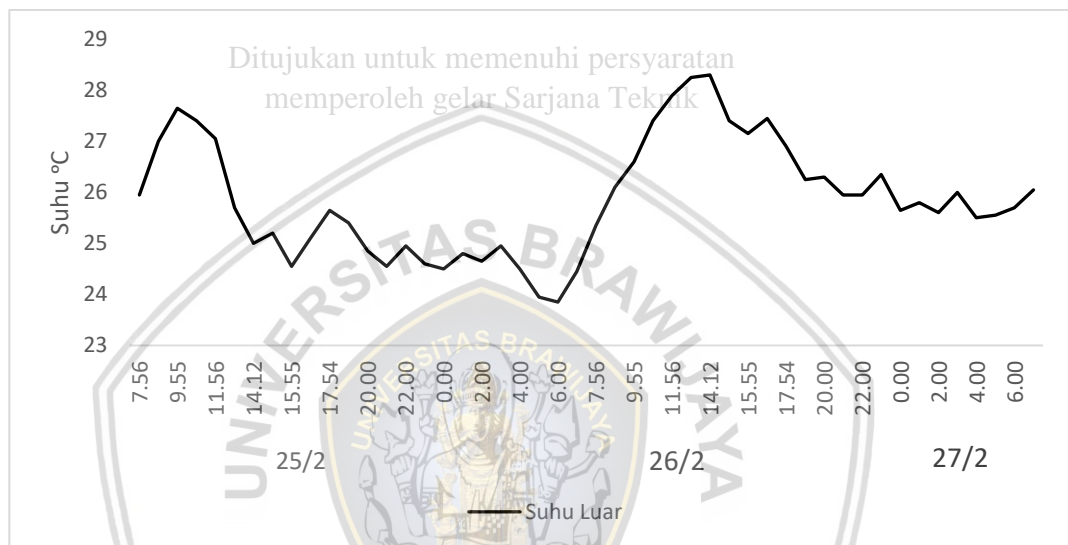
Jika diurutkan, fasad barat dengan fungsi ruang tidur yang terbayangi pada 22 Desember, 21 Maret, dan 22 Juni. Pada 22 Juni sisi ini tidak terbayangi dengan baik karena sisi ini berada di sebelah utara sedangkan arah datangnya matahari dari barat dan utara. Secara runtut fasad utara terbayangi pada 22 Desember, 21 Maret, 22 Juni. Sedangkan fasad selatan terbayangi pada 22 Juni, 21 Maret, dan 22 Desember.

Seluruh hasil simulasi pembayangan pada titik balik matahari dan *equinox* menunjukkan fasad yang paling terbayangi adalah sisi selatan, utara, timur, dan barat. Sehingga orientasi bangunan yang baik adalah ke arah selatan dan utara. Pada Asrama Griya Brawiwa, belum sepenuhnya menerapkan orientasi tersebut. Dimana 64 dari 80 kamar tidur di posisikan di sisi selatan dan utara serta sisanya diletakkan di sisi barat dan timur. Dan semua kamar mandi diletakkan di sisi timur dan barat.

## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN

### 2. PEMBAYANGAN BANGUNAN SAAT PENGUKURAN SUHU

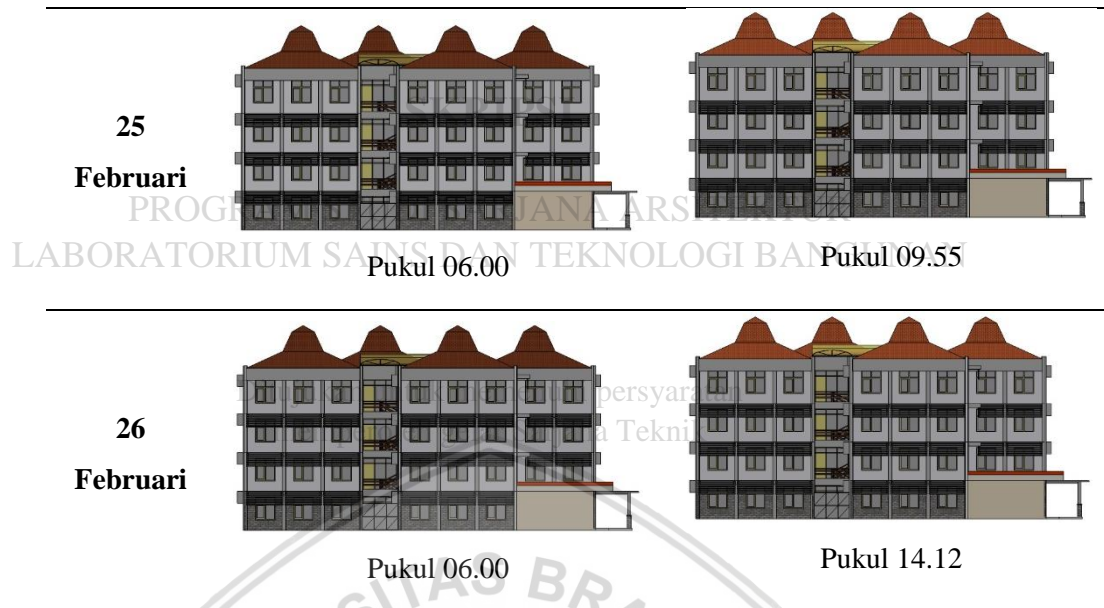
Pengukuran suhu dilakukan pada tanggal 25 – 27 Februari selama 24 jam. Hasil pengukuran suhu luar selama 2 hari tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan suhu tertinggi dan terendah. Waktu suhu tertinggi dan suhu terendah akan digunakan sebagai acuan untuk analisis pembayangan pada saat pengambilan data. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi visual bangunan pada saat pengukuran suhu dilakukan.



Gambar 4.26 Hasil pengukuran suhu luar

Hasil pengukuran suhu luar menunjukkan suhu tertinggi 25 Februari pada pukul 09.55 dan pada 26 Februari berada pada pukul 14.12. perbedaan suhu tertinggi yang cukup drastis ini dikarenakan pada 25 Februari terjadi hujan dari pukul 10.45 hingga pukul 18.15. Suhu terendah pada pukul 06.00 pada 26 Februari. Berdasarkan hasil tersebut, analisis pembayangan akan dilakukan pada pagi hari pukul 06.00 tanggal 25-26 Februari, pukul 09.55 tanggal 25 Februari, dan sore hari pada pukul 14.12 pada tanggal 26 Februari. Pengukuran suhu dilakukan di lantai 2-4 pada sisi utara, sehingga simulasi pembayangan akan difokuskan pada fasad sisi utara.

Tabel 4.6 Pembayangan fasad utara 25-26 Februari  
**Waktu** **Hasil Pembayangan**



Hasil pembayangan menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada tanggal 25 hingga 26 Februari. Kecuali pada pukul 25 Februari pukul 09.55 dan 26 Februari pukul 14.12. Tidak adanya perbedaan ini disebabkan oleh letaknya yang berada di sisi utara dan garis edar matahari yang berada di lintang selatan. Sehingga sisi utara mendapatkan pembayangan karena tidak terpapar sinar matahari langsung.

Kondisi fasad di kamar tidur lantai 2 dan 3 dinaungi oleh *sun shading* dan lantai 4 dinaungi oleh tritisan atap. Fasad sisi utara akan mendapatkan paparan sinar matahari pada rentang 21 Maret hingga 23 September dan terbayangi pada rentang 23 September hingga 21 Maret.

#### 4.3.2 Jendela

Asrama mahasiswa merupakan hunian vertikal yang terdiri dari kamar tidur sebagai ruang utama. Pada asrama Griya Brawijaya terdiri dari kamar tidur, kamar mandi, dan ruang bersama. Sehingga fasad bangunan di dominasi oleh jendela ruang tidur. Jenis jendela ruang tidur asrama memiliki 2 jenis yaitu jendela gantung atas dan jendela gantung samping, namun jenis jendela gantung atas sangat mendominasi jendela pada kamar tidur asrama.


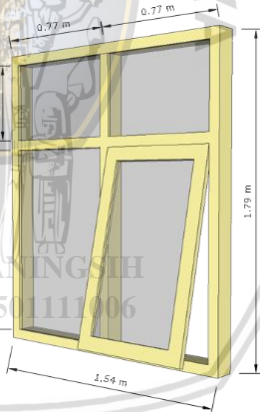

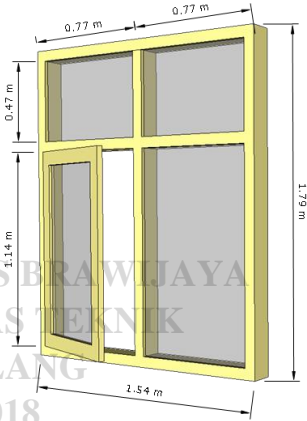
PENGARUH TIPE BUKAAN JENDERA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI PADA RUANG TIDUR GEDUNG A




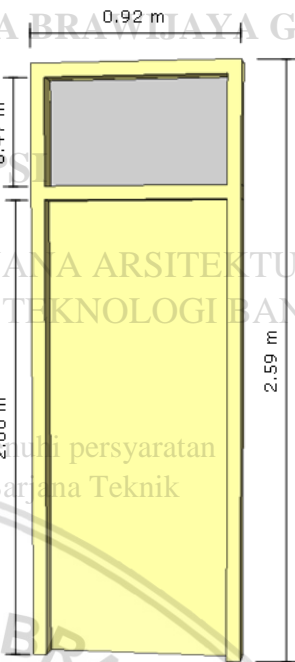


Gambar 4.27 Tampak Utara Asrama Griya Brawijaya

Analisis jendela difokuskan pada jendela yang terdapat di kamar tidur sebagai fungsi utama asrama. Desain suatu jendela yang berbeda dapat mempengaruhi tingkat pendinginan ruang yang berbeda pula. Faktor desain jendela yang berpengaruh terhadap suhu, antara lain posisi jendela dari lantai, dimensi jendela, dan jenis jendela. berikut ini merupakan kondisi jendela eksisting pada kamar tidur asrama.

Tabel 4.7 Kondisi bukaan eksisting

Tipe	Foto Bukaan	Dimensi	Keterangan
A			Jendela gantung atas dan <i>fixed</i> Posisi + 0.80 Luas <i>Awning</i> 0.78 m <sup>2</sup> <i>Fixed</i> 1.41 m <sup>2</sup> Letak Ruang 2.1, 2.2, 2.3, 3.2, dan 4.1
B			Jendela gantung samping dan <i>fixed</i> Posisi + 0.80 Luas <i>Casement</i> 0.78 m <sup>2</sup> <i>Fixed</i> 1.41 m <sup>2</sup> Letak Ruang 3.1 dan 3.3



Tipe	Foto	Bukaan	Dimensi	Keterangan
C		Bukaan		Pintu dan boven jenis <i>fixed</i> Posisi Boven +2.06 m Letak Ruang 2.2, 3.2 Luas  Pintu 1,6 m <sup>2</sup> Boven 0.38 m <sup>2</sup>
D		Bukaan		Pintu Posisi Ruang 2.3, 3.3, 2.1, 3.1, 4.1,  Luas  Pintu 1,6 m <sup>2</sup>

Menurut Permenpu No. 60/PRT/1992, standar penghawaan alami pada rusunawa adalah terjadinya *cross ventilation* dan luas jendela penghawaan minimal 1% dari luas ruang. Sedangkan menurut Lechner (2015) untuk mencapai kenyamanan dalam bangunan, di daerah iklim tropis luas penghawaan minimal 20% dari luas lantai. Jika dilihat pada table 4.8, jendela pada ruang tidur belum ada yang terpenuhi baik sesuai dengan Permenpu No. 60/PRT/1992 dan menurut Lechner.

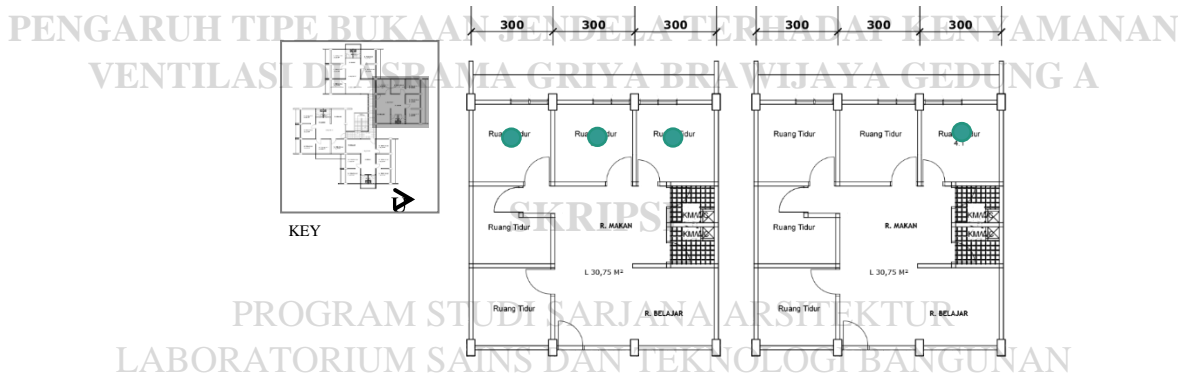
Tabel 4.8 Kebutuhan dimensi bukaan

Nama Ruang	Luas eksisting (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan (m <sup>2</sup> )	Keterangan
3.1 dan 3.3	Lantai	Permenpu No. 60/PRT/1992 0.0812	Menurut Permenpu No. 60/PRT/1992 dan SNI 03-6572- 2001 terpenuhi
	8.12 m <sup>2</sup> Jendela B	Lechner 1.62 m <sup>2</sup> SNI 03-6572-2001	Menurut Lechner tidak terpenuhi
	0.59 m <sup>2</sup>	0.406	
2.1, 2.2, 2.3, 3.2, dan 4.1	Lantai	Permenpu No. 60/PRT/1992 0.0812	Menurut Permenpu No. 60/PRT/1992 terpenuhi
	8.12 m <sup>2</sup> Jendela A	Lechner 1.62 m <sup>2</sup> SNI 03-6572-2001	Menurut Lechner dan SNI 03-6572- 2001 tidak terpenuhi
	0.23 m <sup>2</sup>	0.406	

#### 4.4 Analisis Data Pengukuran

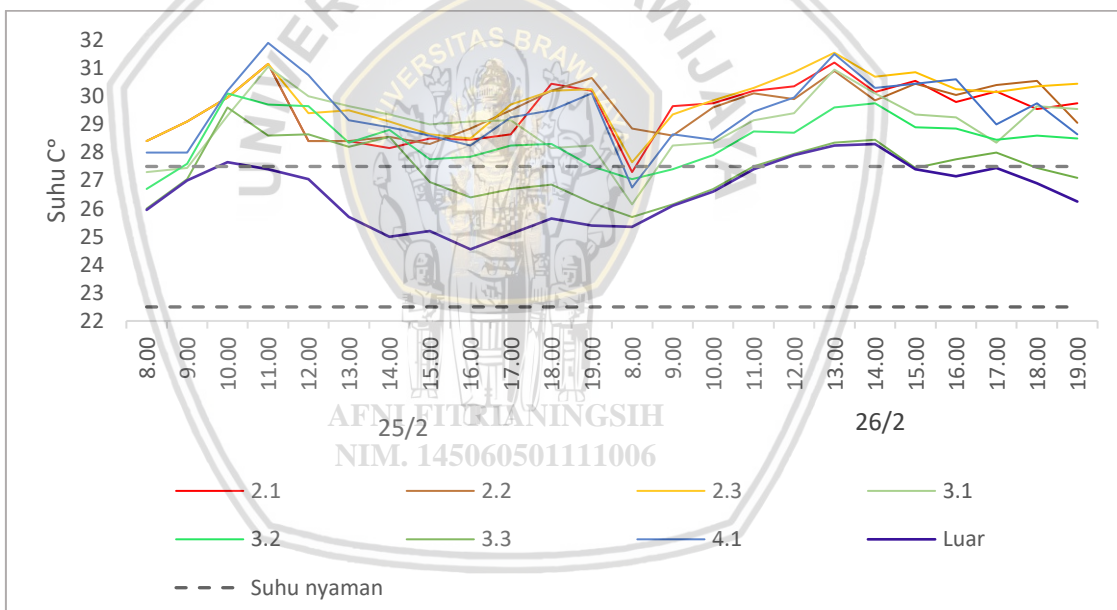
##### 4.4.1 Data pengukuran

Kondisi termal bangunan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Diantara faktor-faktor tersebut, suhu udara merupakan faktor yang paling dominan dalam menentukan kondisi kenyamanan termal. Kecepatan angin juga ikut mempengaruhi ventilasi dalam melakukan pendinginan dalam ruang. Data suhu, kecepatan angin, dan kelembaban udara digunakan untuk mengetahui kondisi pendinginan alami asrama Griya Brawijaya gedung A. data tersebut diperoleh dari pengukuran lapangan secara langsung pada tanggal 25 – 27 Februari. Pengukuran dilakukan pada kamar tidur sisi utara lantai 2, 3 dan 4. Terdapat 7 titik pengukuran dalam ruang, yang mana setiap ruang tidur dilakukan 1 titik pengukuran dan mengukur suhu dan kelembaban luar ruangan dari luar jendela setiap kamar tidur. Pada saat pengukuran kondisi jendela ruangan dibuka.

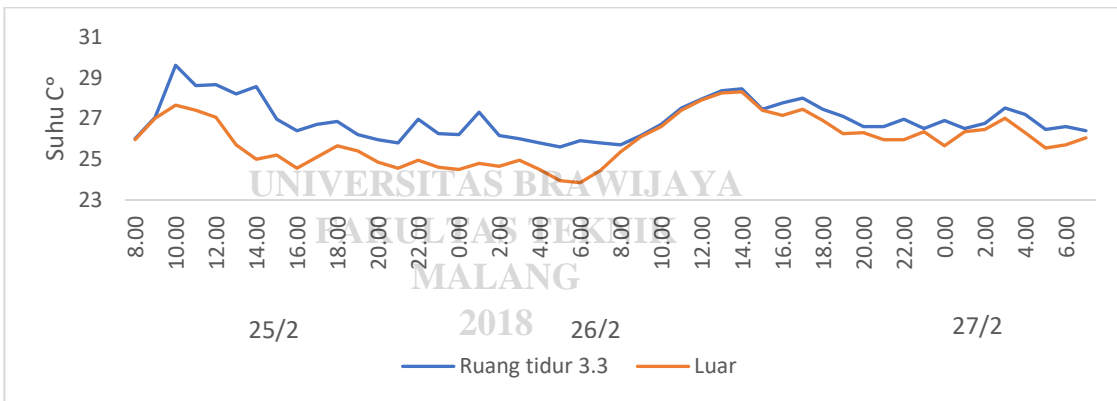


Gambar 4.28 (1) Titik pengukuran lantai 2 dan 3 (2) Titik pengukuran lantai 4

Pengukuran suhu udara dilakukan di ruang tidur lantai 2 hingga lantai 4 yang jendelanya menghadap ke arah utara. Di lantai 2 dan 3 terdapat 3 ruang tidur dan di lantai 4 terdapat 1 ruang tidur. Data pengukuran suhu tersebut kemudian dirangkum untuk mengetahui perbandingan suhu antar ruang tidur dan terhadap suhu nyaman Kota Malang yang telah dihitung sebelumnya. Berikut ini merupakan grafik pengukuran suhu pada tanggal 25 – 26 Februari.



Gambar 4.29 Data pengukuran suhu ruang dalam

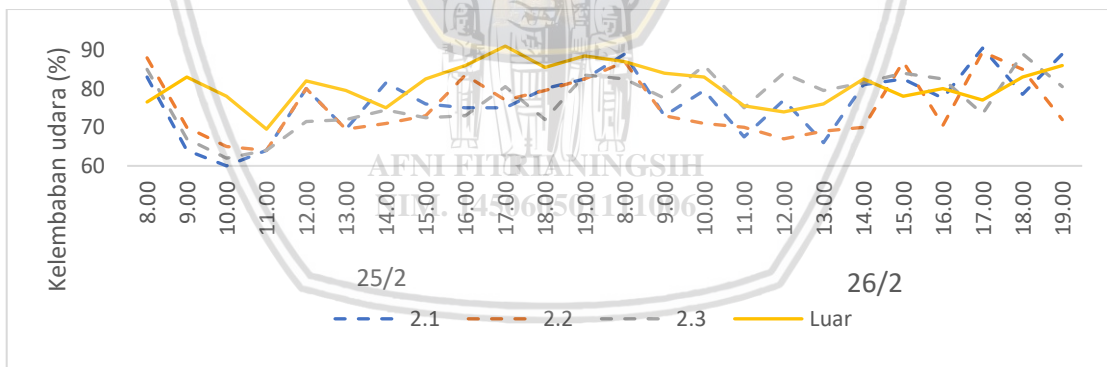


Gambar 4.30 Data pengukuran suhu 24 jam ruang tidur 3.3

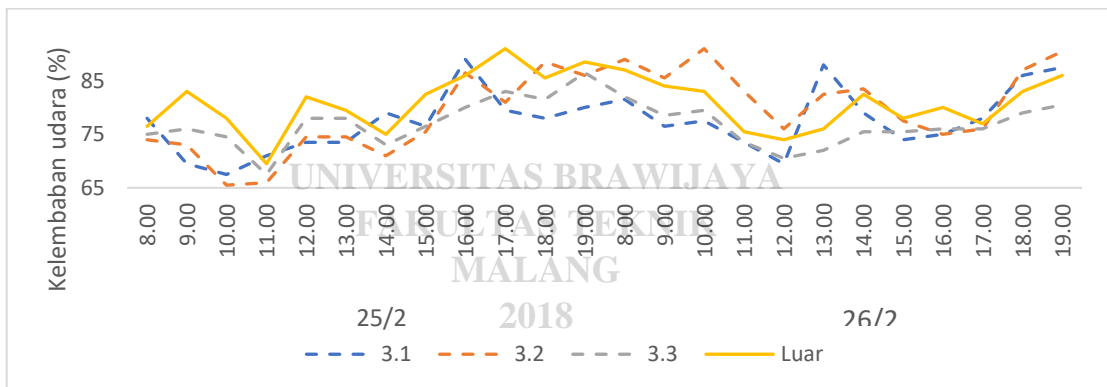
PENG Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa semua ruangan memiliki suhu yang lebih tinggi daripada suhu luar. Diantara semua ruangan di lantai 2 hingga lantai 4 menunjukkan bahwa ruangan yang berada di lantai 3 memiliki suhu rata-rata yang paling rendah. Ruangan yang memiliki suhu paling rendah dan mendekati suhu luar adalah ruang 3.3 yang terletak di lantai 3 ruangan di sisi barat.

Kenaikan suhu menunjukkan suhu dalam ruangan mengalami kenaikan pada siang hari. Hasil pengukuran suhu tertinggi pada 25 Februari adalah pukul 11.00 dan selanjutnya menurun dikarenakan adanya hujan dari pukul 11.00 hingga pukul 16.00. Pada tanggal 26 Februari suhu tertinggi terjadi pada pukul 13.00, hal ini sesuai dengan pengukuran suhu luar dimana suhu tertinggi terjadi pada pukul 13.00 dan sesuai dengan simulasi pembayangan dimana posisi matahari berada di atas. Suhu luar terendah terjadi pada tanggal 26 Februari pukul 05.00 hingga 06.00 dimana suhu mencapai  $23.85^{\circ}\text{C}$  -  $23.95^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan di dalam ruangan suhu terendah terjadi pada pukul 05.00 dimana suhu mencapai  $25.6^{\circ}\text{C}$ .

Data pengukuran selanjutnya adalah pengukuran kelembaban udara. Pengukuran kelembaban udara dilakukan di ketujuh ruang tidur dan ruang luar. Data pengukuran tersebut digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kondisi termal dalam bangunan. Berikut ini merupakan grafik hasil pengukuran kelembaban udara.

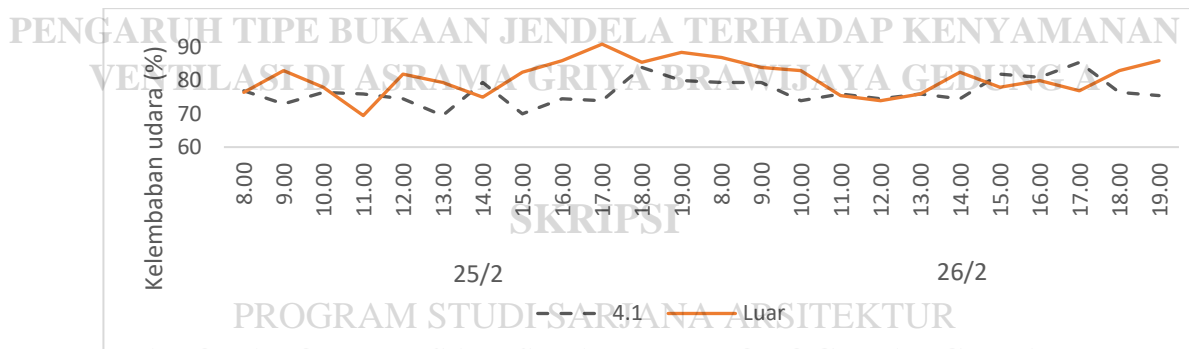


Gambar 4.31 Data pengukuran kelembaban udara ruang tidur lantai 2

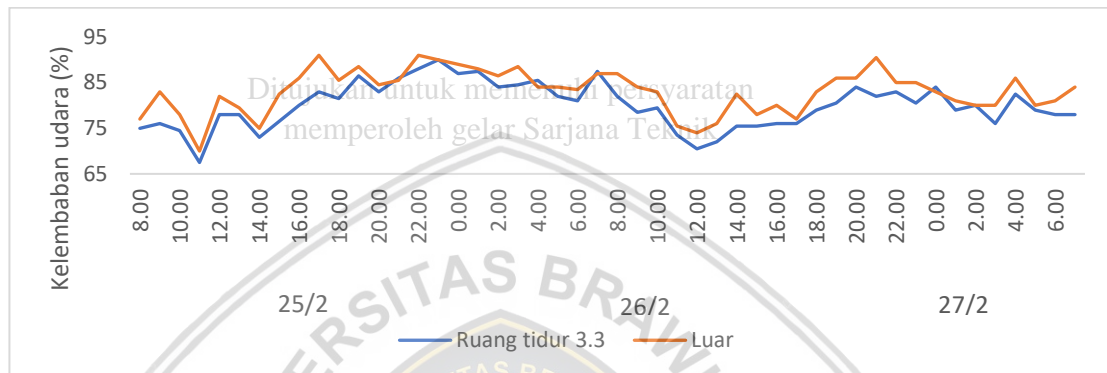


Gambar 4.32 Data pengukuran kelembaban udara ruang tidur lantai 3





Gambar 4.33 Data pengukuran kelembaban udara ruang tidur lantai 4

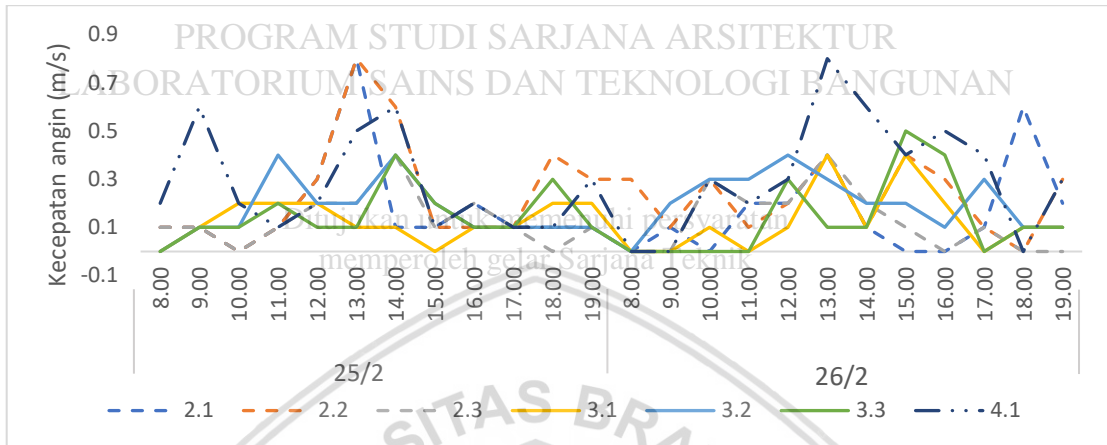


Gambar 4.34 Data pengukuran kelembaban udara 24 jam ruang tidur 3.3

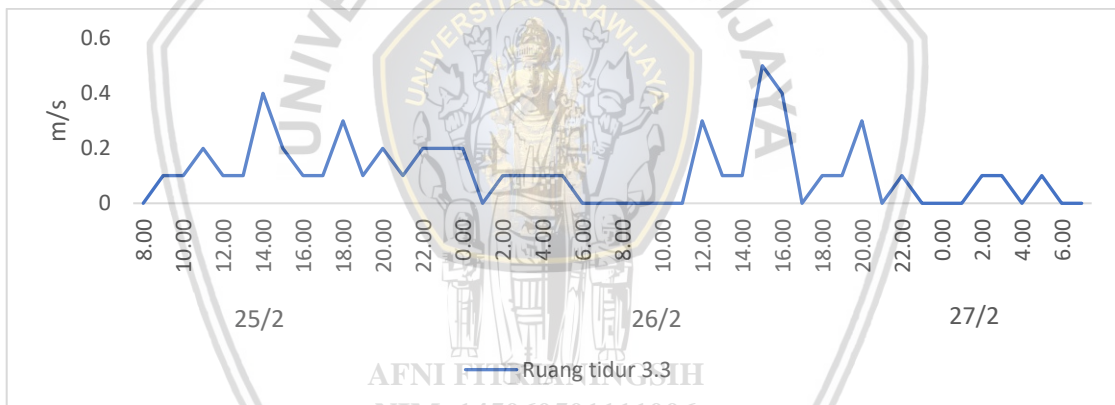
Berdasarkan hasil pengukuran kelembaban udara menunjukkan bahwa kelembaban udara rata-rata ruang tidur lebih rendah daripada kelembaban udara ruang luar. Hasil pengukuran kelembaban udara ruang luar menunjukkan bahwa rentang kelembaban udara adalah 70%-91%. Pada lantai 2 rentang kelembaban udara 62% hingga 89%. Pada tanggal 25 Februari rata-rata kelembaban udara adalah sebesar 74% dan pada tanggal 26 Februari sebesar 79%. Sedangkan pada lantai 3 rentang kelembaban udara 65% hingga 91% lebih tinggi daripada lantai 2. Pada tanggal 25 Februari kelembaban udara lebih kecil daripada tanggal 26 Februari yaitu 77%, pada tanggal 26 Februari sebesar 79%. Pada lantai 4 kelembaban udara rata-rata pada tanggal 25 Februari sebesar 76% dan pada tanggal 26 Februari sebesar 78%. Rentang kelembaban udara pada lantai 4 adalah 70% hingga 86%, hal ini lebih dari lantai 2 dan 3. Dapat disimpulkan bahwa kelembaban paling rendah terdapat pada lantai 2 yaitu 62% pada ruang 2.1 dan paling tinggi pada lantai 3 yaitu 91% pada ruang 3.2. Berdasarkan hasil perbandingan pengukuran tersebut pada tanggal 25 Februari memiliki kelembaban udara yang lebih rendah daripada pada tanggal 26 Februari.

Data pengukuran selanjutnya adalah pengukuran kecepatan angin. Kecepatan angin yang diukur berupa kecepatan angin dalam ruang, ruangan tersebut adalah

ketujuh ruang di lantai 2-4. Pengukuran kecepatan angin ini untuk mengetahui kondisi kecepatan angin dari ventilasi ruang sebagai pendinginan alami bangunan dan bagaimana perbandingan kecepatan angin terhadap kenyamanan ventilasi berdasarkan literatur. Berikut merupakan grafik pengukuran kecepatan angin pada tanggal 25 – 27 Februari



Gambar 4.35 Data pengukuran kecepatan angin

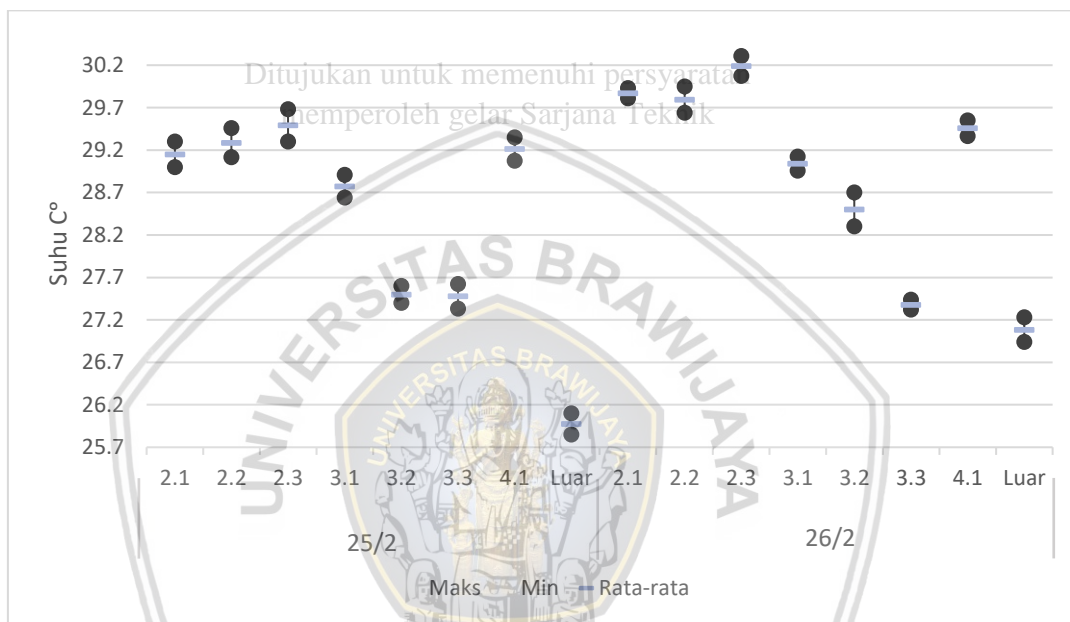


Gambar 4.36 Data pengukuran kecepatan angin 24 jam ruang tidur 3.3

Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan angin didapatkan bahwa rentang kecepatan angin didalam ruang adalah 0.00 m/s – 0.8 m/s. Ruang tidur dengan kecepatan angin mencapai 0.8 m/s adalah ruang tidur pada lantai 2 dan 4. Selama 2 hari pengukuran menunjukkan bahwa kecepatan angin pada pukul 13.00 mengalami kenaikan hingga mencapai 0.8 m/s. Sedangkan melalui pengukuran selama 24 jam pada ruang 3.3 menunjukkan bahwa kecepatan angin pada pukul 00.00 hingga 08.00 mengalami penurunan bahkan hingga 0.00 m/s. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin yang paling tinggi terjadi pada ruang tidur lantai 2 dan lantai 4.

#### 4.4.2 Analisis pengukuran suhu udara

Pengukuran suhu udara dilakukan di tujuh kamar tidur lantai 2 hingga lantai 4 yang memiliki jendela menghadap ke utara. Masing-masing suhu ruang dirangkum agar dapat dibandingkan satu sama lain sehingga dapat diketahui ruang mana yang memiliki suhu tertinggi dan terendah ketika dilakukan pengukuran. Data suhu pengukuran di hitung rata-rata harian, sehingga didapatkan suhu rata-rata harian minimum dan rata-rata maksimum. Berikut ini merupakan rangkuman hasil pengukuran suhu harian.

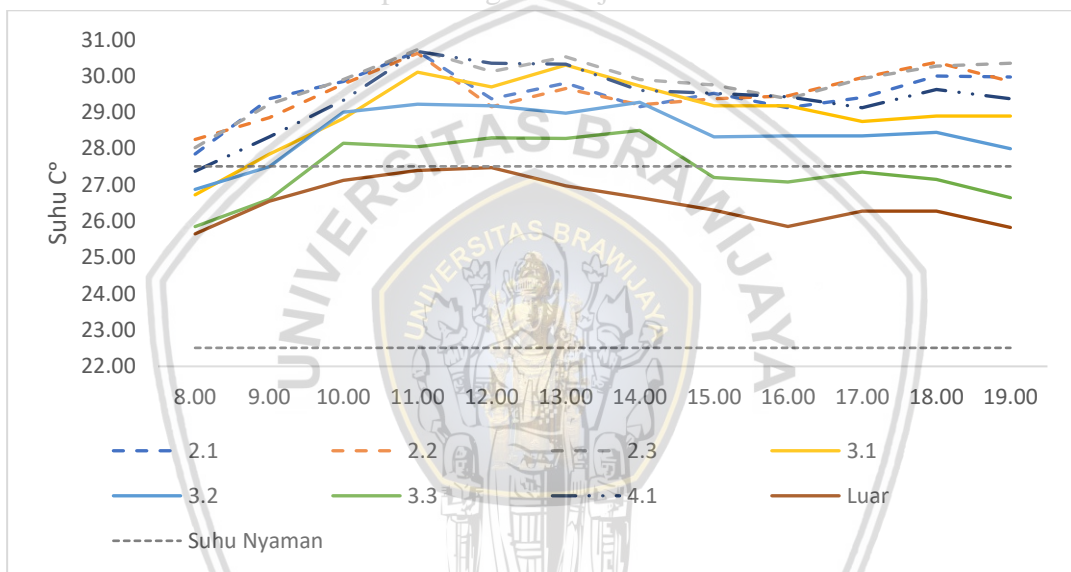


Gambar 4.37 Rangkuman data pengukuran suhu harian

Berdasarkan hasil data pengukuran, suhu tertinggi ruang luar berada pada tanggal 26 Februari yaitu sebesar 27.23°C. Suhu terendah terjadi pada tanggal 25 Februari sebesar 26.1°C. Rata-rata suhu harian tertinggi pada tanggal 26 Februari sebesar 27.1°C dan rata-rata suhu terendah harian pada tanggal 25 Februari sebesar 25.97°C. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran tanggal 26 Februari merupakan suhu tertinggi dan suhu terendah pada tanggal 25 Februari. Sehingga pada tanggal 26 Februari dijadikan sebagai acuan untuk analisis simulasi selanjutnya.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu di dalam bangunan secara keseluruhan lebih tinggi daripada suhu di luar. Hasil pengukuran ruangan di lantai 2, 3 dan 4 menunjukkan bahwa ruangan yang memiliki suhu paling tinggi berada di lantai 2. Sedangkan suhu ruangan yang paling rendah berada di lantai 3. Rata-rata suhu tertinggi dan terendah dalam bangunan berada pada 26 Februari dengan suhu tertinggi 30.31°C di ruang 2.3 lantai 2 dan suhu terendah sebesar 27.30°C di ruang 3.3 lantai 3.

Kemudian dilakukan rata-rata perjam terhadap hasil pengukuran suhu selama 2 hari dan dibandingkan dengan suhu nyaman Kota Malang. Suhu nyaman Kota Malang sebelumnya telah dihitung berdasarkan rata-rata suhu perbulan selama 5 tahun terakhir di Kota Malang. Hasil yang didapatkan adalah rentang suhu nyaman sebesar  $22.51^{\circ}\text{C}$ - $27.51^{\circ}\text{C}$ . Perbandingan suhu rata-rata perjam dengan suhu nyaman Kota Malang dilakukan untuk mengetahui apakah suhu pengukuran telah masuk dalam kategori suhu nyaman Kota Malang. Selisih antara suhu nyaman Kota Malang dengan suhu rata-rata perjam dihitung untuk diketahui seberapa besar suhu yang perlu diturunkan untuk mencapai suhu nyaman. Berikut ini merupakan grafik perbandingan rata-rata suhu perjam dengan suhu nyaman Kota Malang.



Gambar 4.38 Rata-rata suhu per jam terhadap suhu nyaman

Perbandingan suhu rata-rata perjam hasil pengukuran dengan suhu nyaman Kota Malang menunjukkan bahwa suhu ruang luar berada di dalam zona suhu nyaman secara keseluruhan. Ruang tidur 3.3 pada pagi hari suhu ruangan berada di zona suhu nyaman hingga pukul 09.30 dan mulai memasuki suhu nyaman lagi pada pukul 15.00. Selisih suhu tertinggi ruang 3.3 dengan suhu nyaman adalah  $0.99^{\circ}\text{C}$  pada pukul 14.00. Kemudian pada ruang tidur 3.1 dan 3.2 pada pagi hari berada di zona suhu nyaman hingga pukul 09.00. Selisih suhu rata-rata dengan suhu nyaman tertinggi di ruang tidur 3.1 sebesar  $2.79^{\circ}\text{C}$  pada pukul 13.00 dan di ruang tidur 3.2 sebesar  $1.77^{\circ}\text{C}$  pada pukul 14.00. Ruang tidur 4.1 pada pagi hari berada di zona suhu nyaman hingga pukul 08.00 dan selisih suhu tertingginya sebesar  $3.17^{\circ}\text{C}$  pada pukul 11.00. Hasil rata-rata suhu perjam selama pengukuran menunjukkan bahwa ruang tidur di lantai 2 yaitu ruang 2.1, 2.2, 2.3 tidak ada yang memasuki suhu nyaman Kota

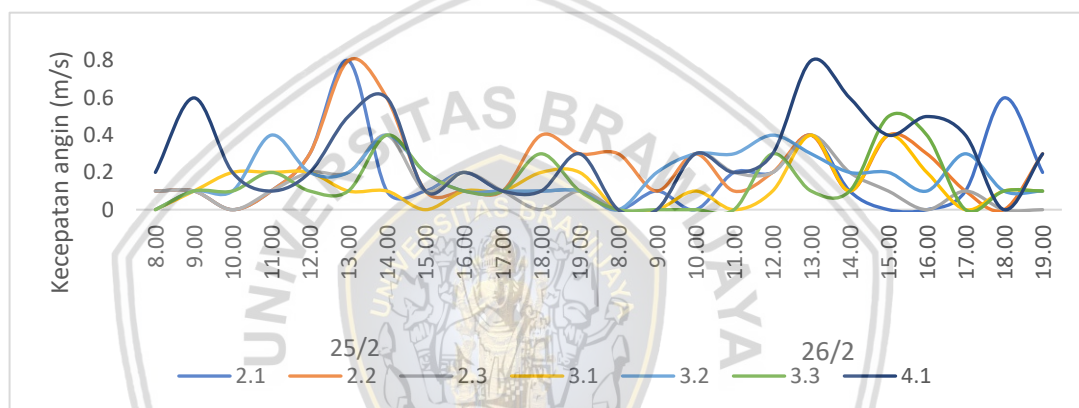


Malang. Selisih suhu rata-rata ruang tidur tertinggi dilantai 2 pada pukul 11.00 mencapai 3.22°C. Kondisi suhu siang hari yang tidak nyaman sangat mempengaruhi aktifitas penghuni, dimana pada siang hari ruang tidur digunakan penghuni untuk istirahat dan belajar.

## SKRIPSI

### 4.4.3 Analisis pengukuran kecepatan angin

Berdasarkan data iklim Kota Malang yang telah dikaji sebelumnya, arah angin banyak berasal dari arah utara, kecuali pada bulan Juli hingga bulan Oktober rata-rata angin berasal dari arah selatan. Namun kondisi bangunan yang berada diantara bangunan-bangunan lain mempengaruhi jumlah aliran angin yang diterima oleh bangunan. Selama waktu pengukuran angin berasal dari arah utara.



Gambar 4.39 Grafik kecepatan angin 25-26 Februari

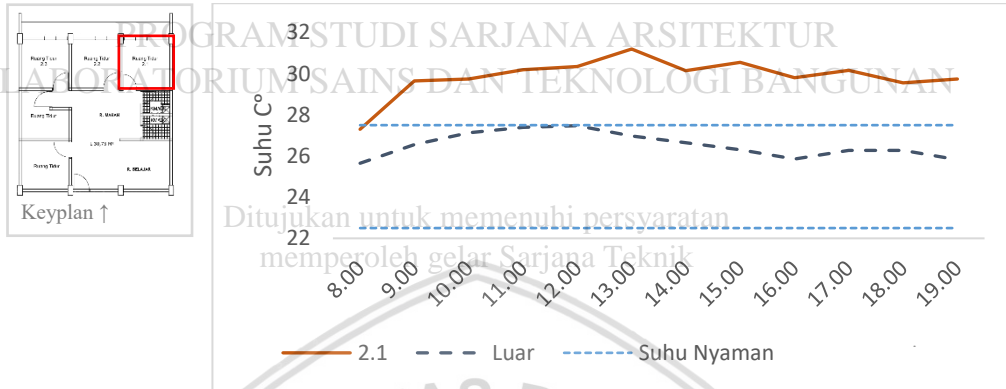
Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa ruang tidur 4.1 merupakan ruangan yang mendapatkan aliran angin paling banyak dariada ruangan lainnya. Kecepatan angin tertinggi pada 26 Februari pukul 13.00 dengan kecepatan angin 0.8 m/s. ruangan yang menerima aliran angin yang banyak selanjutnya adalah ruang tidur 2.2, dimana kecepatan angin tertinggi pada waktu pengukuran 25 Februari dengan kecepatan angin 0.8 m/s.

### 4.4.4 Analisis kenyamanan ventilasi

Upaya yang dapat dilakukan selanjutnya untuk mendapatkan kenyamanan dalam ruang adalah dengan memanfaatkan kecepatan aliran angin yang masuk kedalam bangunan untuk mencapai kenyamanan ventilasi. Hembusan angin yang mengenai kulit dapat memberikan penyegaran udara terhadap permukaan kulit. Nugroho *et al.* (2007) meneliti tentang kecepatan angin yang dibutuhkan dalam kondisi suhu dan kelembaban tertentu untuk mencapai kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *physcometrics* versi bioklimatik. Berikut merupakan analisis kenyamanan ventilasi pada sampel ruang tidur asrama.

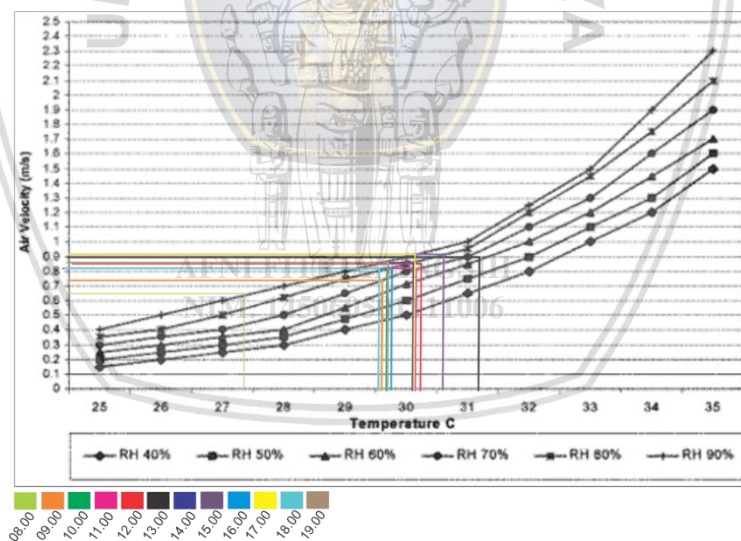
## 1. Ruang tidur 2.1

Kondisi suhu di ruang 2.1 pada pukul 09.00 – 19.00 berada di luar zona suhu nyaman. Pada pukul 08.00 pagi suhu masih berada di dalam zona suhu nyaman, yaitu 27.30°C. Suhu yang paling tinggi pada pukul 13.00 dengan suhu mencapai 31.2°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 3.7°C.



Gambar 4.40 Grafik suhu ruang tidur 2.1

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psychrometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi.



Gambar 4.41 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.1

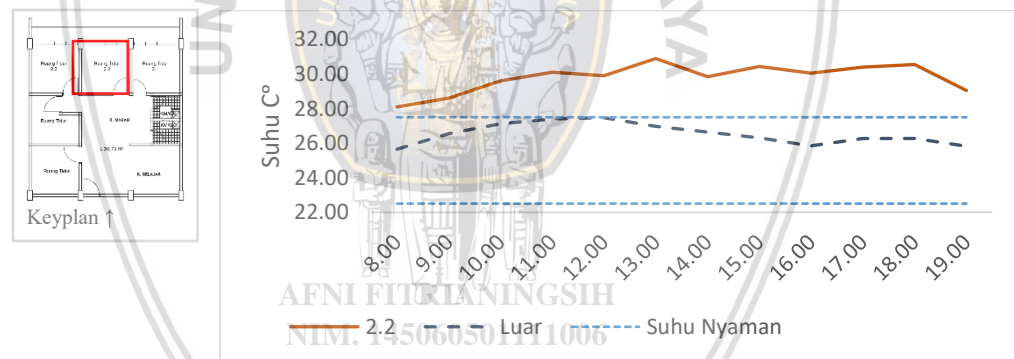
Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 09.00 – 19.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 17.00 yaitu 0.92 m/s, dengan kondisi suhu 30.17°C dan kelembaban sebesar 90.5%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 09.00 yaitu 0.73 m/s, dengan kondisi suhu 29.65°C dan kelembaban 73%.

Tabel 4.9 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.1

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec. Angin (m/s)
08.00	27.3	89	-
09.00	29.65	73	0.73
10.00	29.75	79.5	0.81
11.00	30.2	67.5	0.81
12.00	30.35	77	0.85
13.00	31.2	66	0.9
14.00	30.15	81	0.85
15.00	30.55	82.5	0.91
16.00	29.8	77.5	0.82
17.00	30.17	90.5	0.92
18.00	29.55	78.5	0.81
19.00	29.75	89	0.85

## 2. Ruang tidur 2.2

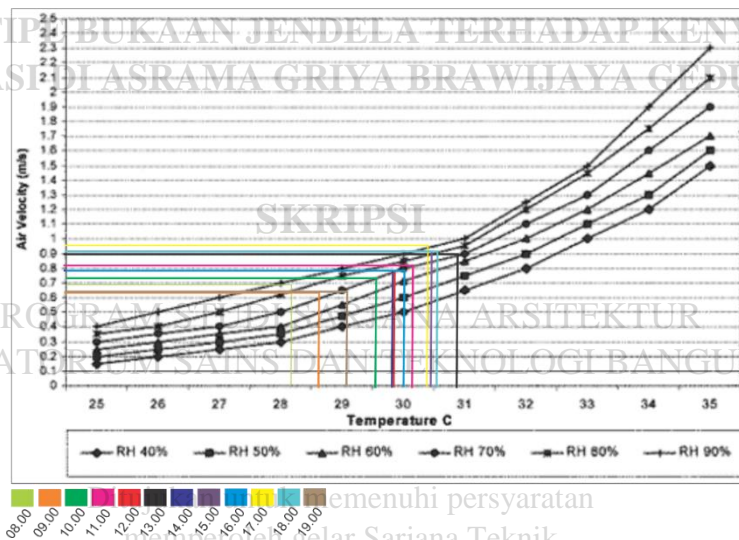
Kondisi suhu di ruang 2.2 pada pukul 08.00 – 19.00 berada di luar zona suhu nyaman. Suhu terus meningkat secara signifikan dari pukul 08.00 hingga pukul 13.00. Suhu yang paling tinggi pada pukul 13.00 dengan suhu mencapai 30.90°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 3.4°C.



Gambar 4.42 Grafik suhu ruang tidur 2.2

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psychometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang.

PENGARUH TIPA BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.43 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.2

Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 08.00 – 19.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 17.00 yaitu 0.98 m/s, dengan kondisi suhu 30.40°C dan kelembaban sebesar 90%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 09.00 yaitu 0.62 m/s, dengan kondisi suhu 28.60°C dan kelembaban 73%.

Tabel 4.10 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.2

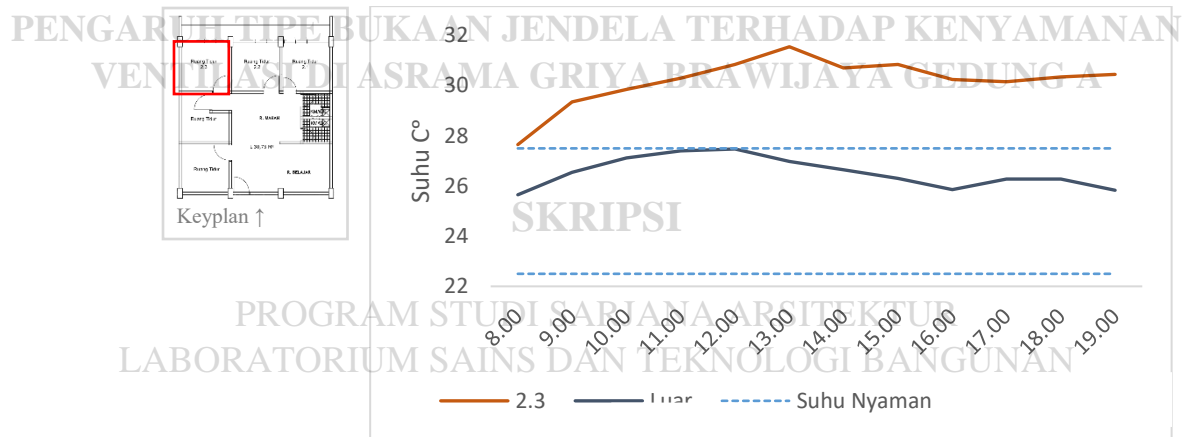
Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec angin (m/s)
08.00	28.10	87	0.7
09.00	28.60	73	0.62
10.00	29.60	71	0.72
11.00	30.10	70	0.82
12.00	29.90	67	0.8
13.00	30.90	69	0.96
14.00	29.85	70	0.8
15.00	30.45	87	0.92
16.00	30.05	71	0.8
17.00	30.40	90	0.98
18.00	30.55	85	0.92
19.00	29.05	72	0.65

### 3. Ruang tidur 2.3

Kondisi suhu di ruang 2.2 pada pukul 08.00 – 19.00 berada di luar zona suhu nyaman. Suhu terus meningkat secara signifikan dari pukul 08.00 hingga pukul 13.00. Suhu yang paling tinggi pada pukul 13.00 dengan suhu mencapai 32°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 4.5°C.

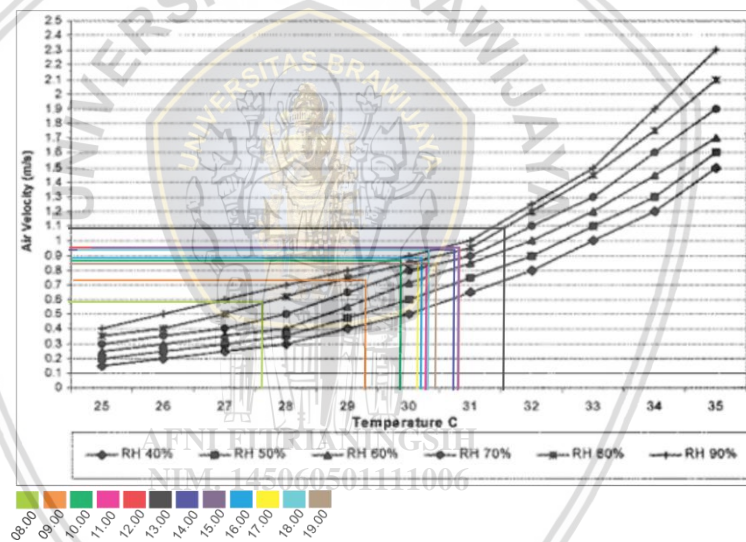






Gambar 4.44 Grafik suhu ruang tidur 2.3

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psychometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang.



Gambar 4.45 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.3

Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 08.00 – 19.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 13.00 yaitu 1.00 m/s, dengan kondisi suhu 32°C dan kelembaban sebesar 80%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 08.00 yaitu 0.6 m/s, dengan kondisi suhu 28°C dan kelembaban 83%.

PENGINTEGRASIAN KENYAMANAN TERHADAP KENYAMANAN  
 VEGETASITAS KAWA... GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

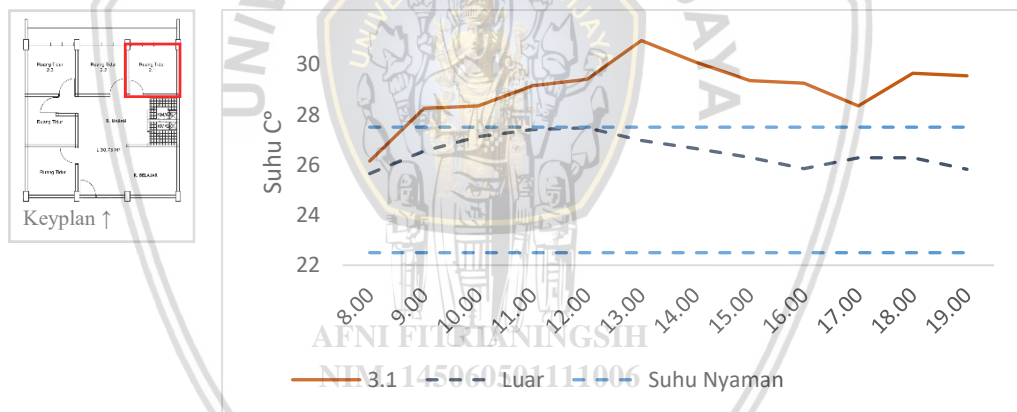
Tabel 4.11 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.3

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	kec angin (m/s)
08.00	28	83	0.6
09.00	29	78	0.72
10.00	30	86	0.88
11.00	30	75	0.85
12.00	31	84	0.98
13.00	32	80	1.1
14.00	31	82	0.95
15.00	31	84	0.98
16.00	30	83	0.9
17.00	30	74	0.85
18.00	30.35	89	0.95
19.00	30.45	80.5	0.85

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
 memperoleh gelar Sarjana Teknik

#### 4. Ruang tidur 3.1

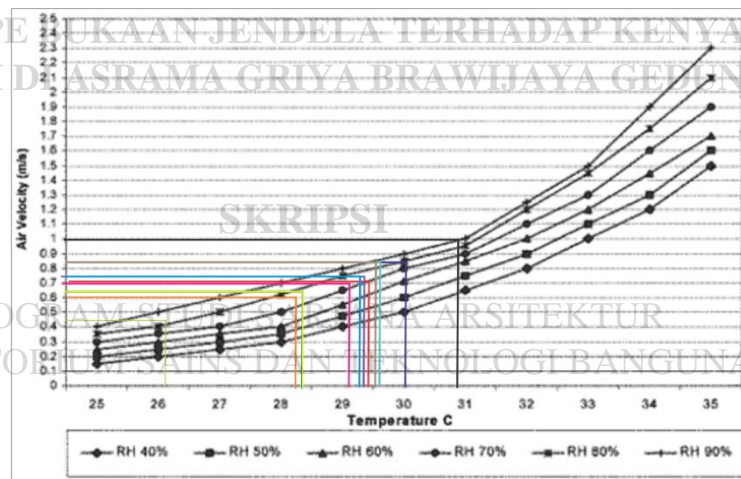
Kondisi suhu di ruang 2.2 pada pukul 09.00 – 19.00 berada di luar zona suhu nyaman. Pada pukul 08.00 suhu berada di zona suhu nyaman 26.15 °C. Suhu yang paling tinggi pada pukul 13.00 dengan suhu mencapai 30.95°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 3.45°C.



Gambar 4.46 Grafik suhu ruang tidur 3.1

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psycometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang.

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.47 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.1

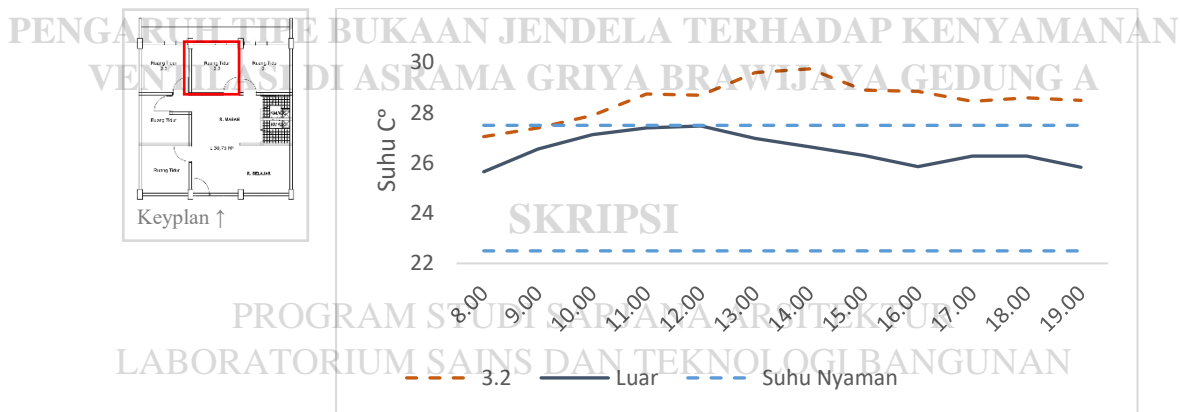
Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 09.00 – 19.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 13.00 yaitu 1.00 m/s, dengan kondisi suhu 30.95°C dan kelembaban sebesar 88%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 09.00 yaitu 0.6 m/s, dengan kondisi suhu 28.25°C dan kelembaban 76.5%.

Tabel 4.12 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.1

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec angin (m/s)
08.00	26.15	82	-
09.00	28.25	76.5	0.6
10.00	28.35	77.5	0.65
11.00	29.15	73.5	0.7
12.00	29.4	69.5	0.7
13.00	30.95	88	1
14.00	30.1	79	0.85
15.00	29.35	74	0.75
16.00	29.25	75	0.75
17.00	28.35	78	0.65
18.00	29.65	86	0.85
19.00	29.55	87.5	0.85

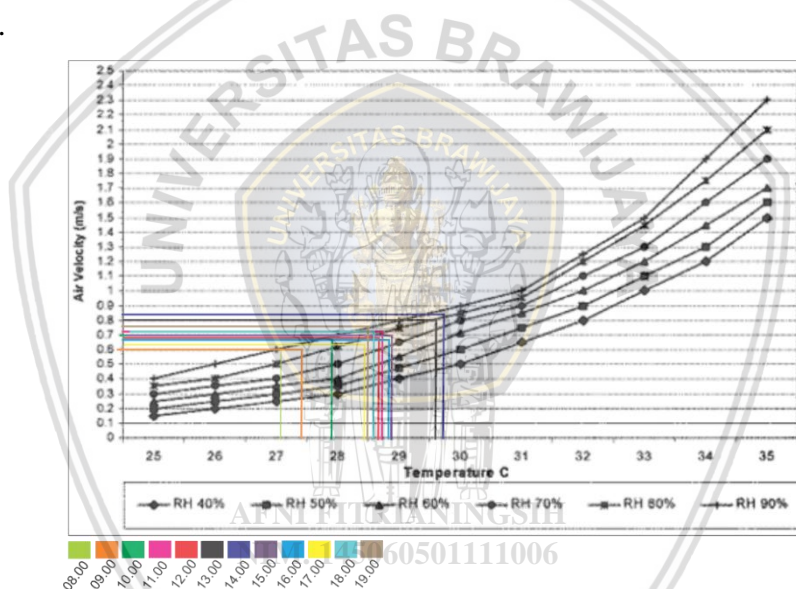
## 5. Ruang tidur 3.2

Kondisi suhu di ruang 2.2 pada pukul 10.00 – 19.00 berada di luar zona suhu nyaman. Suhu terendah pada pukul 08.00 yaitu 27.05 °C. Suhu yang paling tinggi pada pukul 14.00 dengan suhu mencapai 29.75°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 2.25°C.



Gambar 4.48 Grafik suhu ruang tidur 3.2

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psychrometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang.



Gambar 4.49 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2

Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 10.00 – 19.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 14.00 yaitu 0.82 m/s, dengan kondisi suhu 29.75°C dan kelembaban sebesar 83.5%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 17.00 yaitu 0.62 m/s, dengan kondisi suhu 28.45°C dan kelembaban 76%.

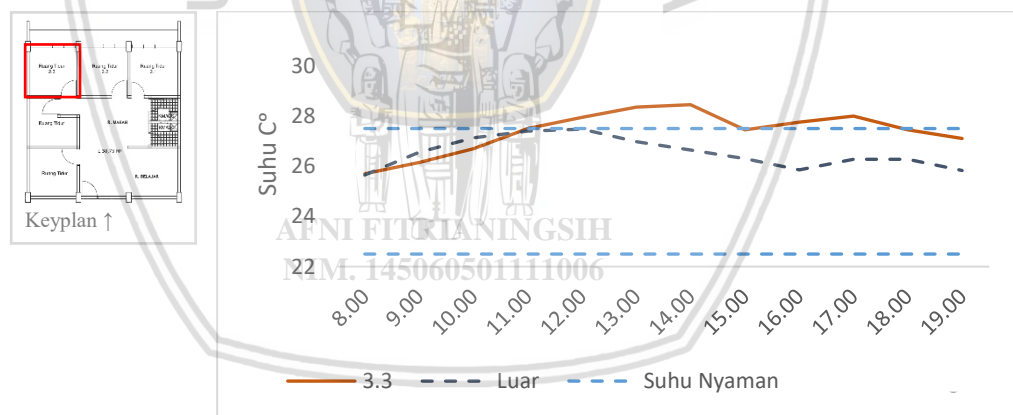


Tabel 4.13 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.2

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec angin (m/s)
08.00	27.05	89	-
09.00	27.40	86	-
10.00	27.90	91	0.7
11.00	28.75	83	0.72
12.00	28.70	76	0.78
13.00	29.60	82.5	0.8
14.00	29.75	83.5	0.82
15.00	28.90	77.5	0.7
16.00	28.85	75	0.65
17.00	28.45	76	0.62
18.00	28.60	87	0.72
19.00	28.50	90.5	0.76

## 6. Ruang tidur 3.3

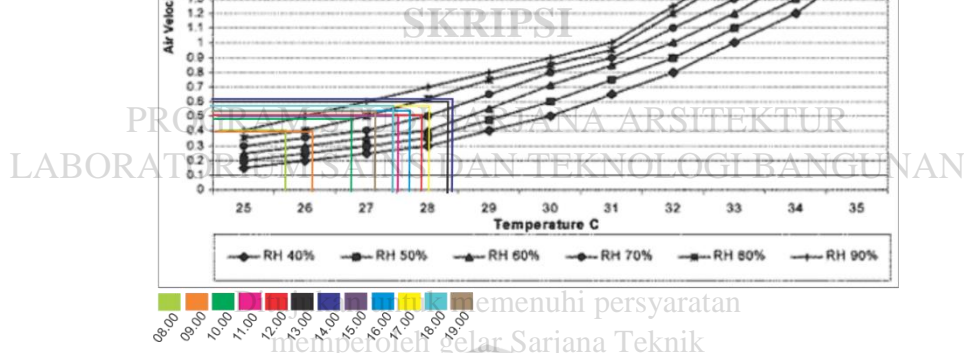
Kondisi suhu di ruang 2.2 pada pukul 12.00 – 17.00 berada di luar zona suhu nyaman. Pada pukul 08.00 – 11.00 suhu terus meningkat namun masih berada di zona suhu nyaman yaitu 25.70 °C- 27.50 °C dan pada sore hari suhu menurun di bawah suhu nyaman pada pukul 18.00-19.00 yaitu 27.40 °C -27.10 °C. Suhu yang paling tinggi pada pukul 14.00 dengan suhu mencapai 28.45°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 0.95°C.



Gambar 4.50 Grafik suhu ruang tidur 3.3

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psychometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang.

PENGARUH TITIK BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.51 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.3

Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 12.00 – 17.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 14.00 yaitu 0.62 m/s, dengan kondisi suhu 28.45°C dan kelembaban sebesar 75.5%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 12.00 dan pukul 15.00 yaitu 0.5 m/s, dengan kondisi suhu pukul 12.00 yaitu 27.95°C dan kelembaban 70.5% dan pukul 15.00 yaitu 27.45°C dan kelembaban 75.5%.

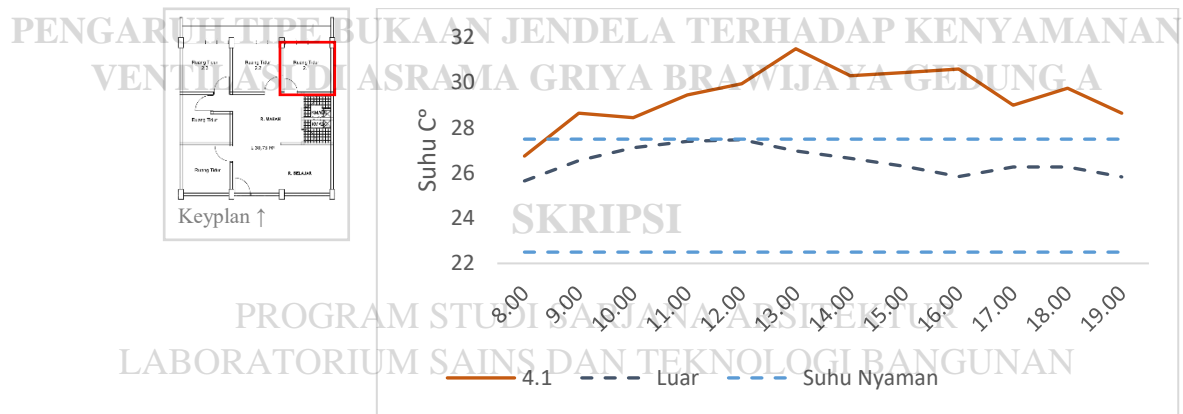
Tabel 4.14 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.3

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec angin (m/s)
08.00	25.7	82	-
09.00	26.15	79	-
10.00	26.7	80	-
11.00	27.5	74	-
12.00	27.95	70.5	0.5
13.00	28.35	72	0.6
14.00	28.45	75.5	0.62
15.00	27.45	75.5	0.5
16.00	27.75	76	0.54
17.00	28.00	76	0.58
18.00	27.45	79	-
19.00	27.1	81	-

7. Ruang tidur 4.1

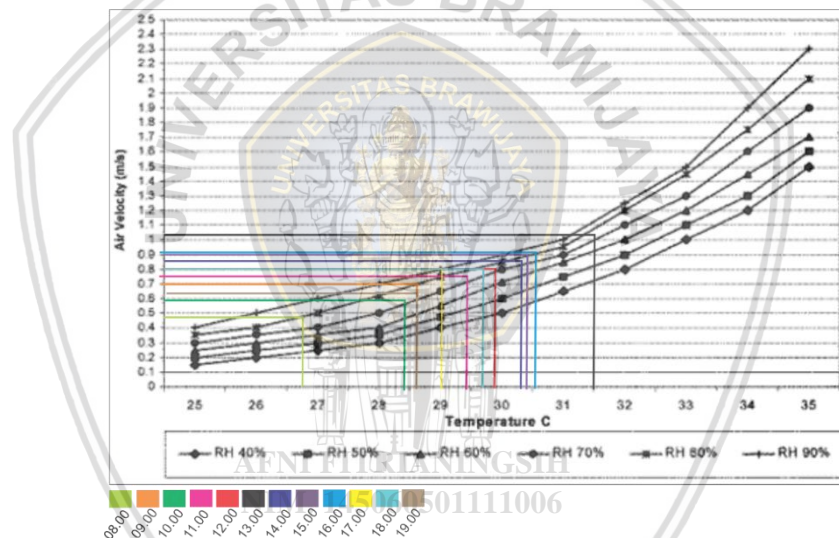
Kondisi suhu di ruang 2.2 pada pukul 09.00 – 19.00 berada di luar zona suhu nyaman. Pada pukul 08.00 suhu berada di zona suhu nyaman 26.75 °C. Suhu yang paling tinggi pada pukul 13.00 dengan suhu mencapai 31.50°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 4°C.





Gambar 4.52 Grafik suhu ruang tidur 4.1

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psychrometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang.



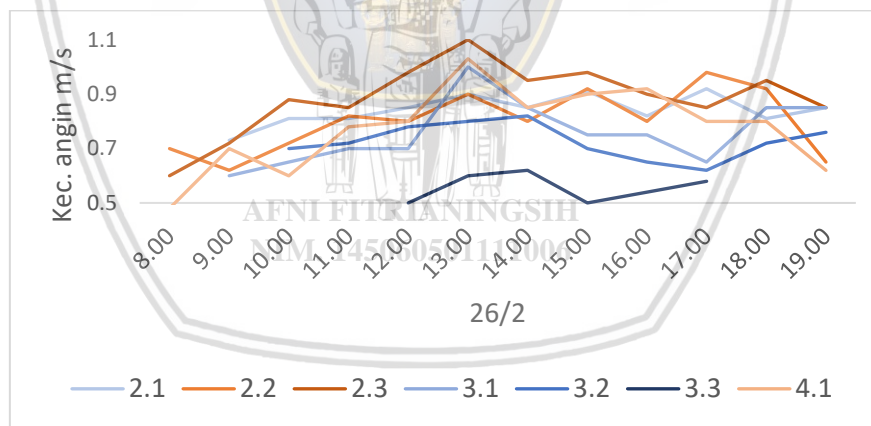
Gambar 4.53 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1

Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 09.00 – 19.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 13.00 yaitu 1.03 m/s, dengan kondisi suhu 31.50°C dan kelembaban sebesar 76%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 10.00 yaitu 0.6 m/s, dengan kondisi suhu 28.45°C dan kelembaban 74%.

Tabel 4.15 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 4.1

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec angin (m/s)
08.00	26.75	80	-
09.00	28.65	79.5	0.7
10.00	28.45	74	0.6
11.00	29.45	76	0.78
12.00	29.95	74.5	0.8
13.00	31.5	76	1.03
14.00	30.3	74.5	0.85
15.00	30.45	82	0.9
16.00	30.6	81	0.92
17.00	29	85.5	0.8
18.00	29.75	76.5	0.8
19.00	28.65	75.5	0.62

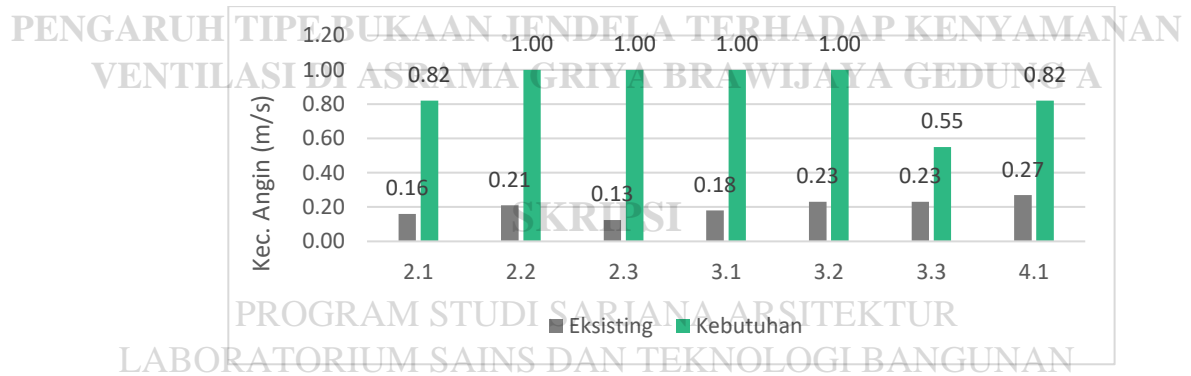
Berdasarkan hasil analisis diatas, untuk mencapai kenyamanan ventilasi setiap ruang jumlah kebutuhan kecepatan angin yang berbeda-beda. Ruangan yang membutuhkan tambahan kecepatan angin selama pukul 08.00-19.00 adalah ruang 2.2, 2.3, dan 4.1. ruang 2.3 merupakan ruangan yang membutuhkan kecepatan angin paling tinggi diantara ruangan lainnya. Sedangkan ruang tidur yang paling sedikit membutuhkan kecepatan angin yaitu pada ruang 3.3, dimana ruangan ini membutuhkan tambahan kecepatan angin hanya pada pukul 12.00-17.00 dan kecepatan angin yang rendah.



Gambar 4.54 Grafik kecepatan angin yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan ventilasi

Kemudian kecepatan angin eksisting dalam ruang dibandingkan dengan kebutuhan kecepatan angin hasil dari analisis diagram *psychometrics*. Ruangan yang memiliki selisih paling banyak adalah ruang tidur 2.3, dengan selisih sebesar 0.82 m/s. sedangkan ruang tidur yang memiliki selisih paling sedikit adalah ruang tidur 3.3, dengan selisih sebesar 3.2 m/s.





Gambar 4.55 Grafik kecepatan angin yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan ventilasi

#### 4.4.5 Kesimpulan hasil pengukuran

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

Berdasarkan hasil analisis data pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan ruang 2.3 adalah ruangan yang memiliki suhu paling tinggi daripada ruang lainnya. Berdasarkan hasil analisis kenyamanan ventilasi ruangan 2.3 memiliki selisih kebutuhan angin yang paling banyak daripada lainnya. Sehingga ruang tidur 2.3 akan dijadikan model simulasi untuk tahap modifikasi selanjutnya.

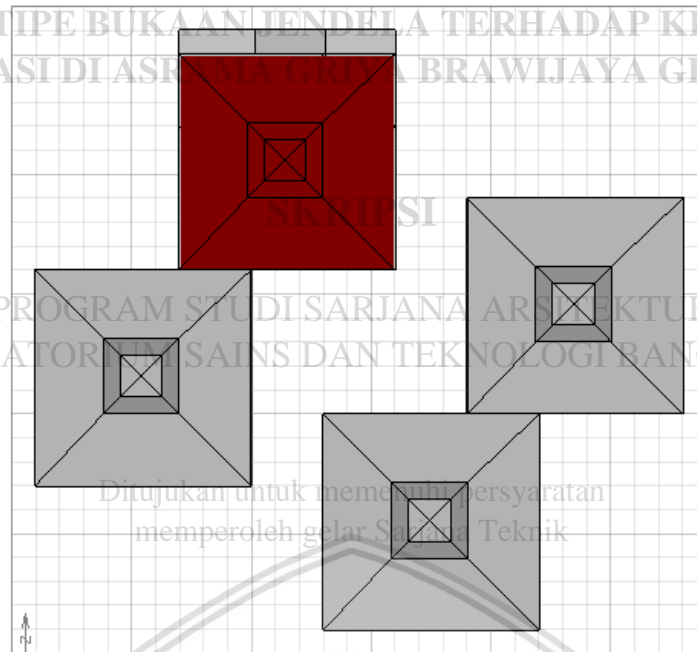


Gambar 4.56 Ruang 2.3 pada denah dan tampak utara

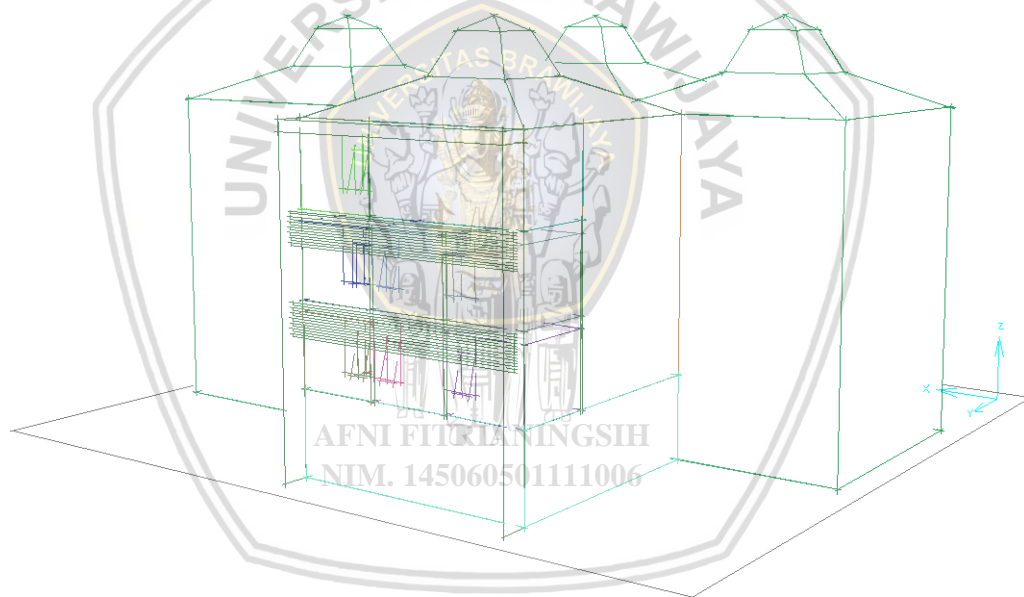
#### 4.5 Analisis Simulasi

Simulasi suhu dilakukan mengikuti hari pengukuran yang memiliki suhu luar rata-rata tertinggi, yaitu pada pengukuran tanggal 26 Februari. Model simulasi bangunan menyesuaikan dengan kondisi eksisting pada saat pengukuran. Simulasi pengukuran menggunakan *weather data file* Indonesia, tanggal pengukuran, menyesuaikan orientasi bangunan, dan material bangunan disamakan dengan kondisi eksisting. Hasil pengukuran suhu luar juga dimasukkan kedalam simulasi. Kondisi jendela ruang yang disimulasikan dalam keadaan terbuka. Ruangan-ruangan yang disimulasikan diberi jarak antar ruang sehingga hasil yang didapatkan dapat sesuai dengan kondisi eksisting.

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



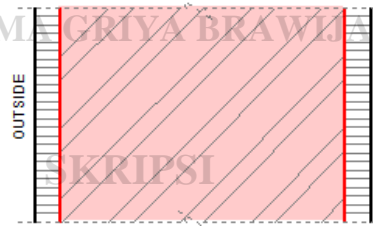
Gambar 4.57 Plan model simulasi Asrama Griya Brawijaya gedung A



Gambar 4.58 Model simulasi Asrama Griya Brawijaya gedung A

Model simulasi dibuat mirip dengan kondisi eksisting beserta material eksisting yang digunakan namun lebih disederhanakan bentuknya. Zone model simulasi dibuat sejumlah ruang pengukuran dengan kondisi yang sama pula. Sehingga terdapat 7 zone yaitu ruang 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, dan 4.1. Model simulasi dilengkapi dengan elemen-elemen bangunan yang ada, seperti bentuk jendela, shading, dan bentuk atap. Jarak antar ruang per lantai diberi jarak sebesar 0.4 m, karena tinggi zone ruang disamakan dengan ketinggian plafon yaitu 2.60 m. Berikut merupakan material yang diterapkan pada model simulasi.

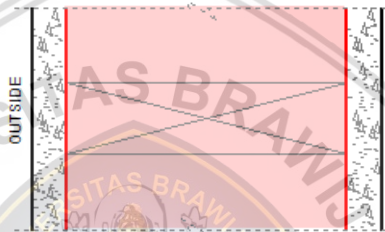
# PENCARBUKUKAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
Plaster Building (Molded Dry	10.0	1250.0	1088.000	0.431	85
Brick Masonry Medium	110.0	2000.0	836.800	0.711	25
Plaster Building (Molded Dry	10.0	1250.0	1088.000	0.431	85

Gambar 4.59 Detail dan spesifikasi *brick plaster* i persyaratan  
Sumber : Autodesk Ecotect Analysis 2011

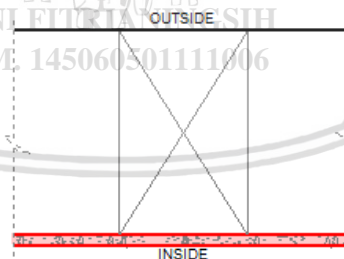
## 2. Dinding antar ruang



	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Gypsum	10.0	1200.0	940.000	0.420	35
2.	Air Gap	80.0	1.3	1004.000	5.560	15
3.	Gypsum	10.0	1200.0	940.000	0.420	35

Gambar 4.60 Detail dan spesifikasi dinding *gypsum*  
Sumber : Autodesk Ecotect Analysis 2011

## 3. Plafon



	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Fiberfax Paper	0.6	324.0	732.200	0.030	115
2.	Air Gap	200.0	1.3	1004.000	5.560	11
3.	Gypsum	10.0	1200.0	940.000	0.420	35

Gambar 4.61 Detail dan spesifikasi plafon *gypsum*  
Sumber : Autodesk Ecotect Analysis 2011

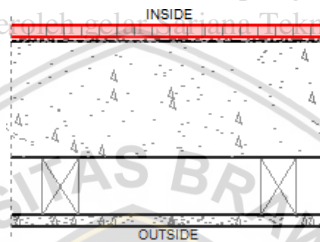
## 5.5. Jendela TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Glass Standard	6.0	2300.0	836.800	1.046	75

Gambar 4.62 Detail dan spesifikasi jendela kaca  
Sumber : Autodesk Ecotect Analisis 2011

6. Lantai Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
mempertahankan suhu ruangan



	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Gypsum	10.0	1200.0	940.000	0.420	35
2.	Air Gap	50.0	1.3	1004.000	5.560	15
3.	Concrete	100.0	3800.0	656.900	0.753	35
4.	Concrete Screed	5.0	2000.0	656.900	0.753	119
5.	Ceramic Tiles	10.0	1900.0	656.900	0.309	79

Gambar 4.63 Detail dan spesifikasi lantai keramik  
Sumber : Autodesk Ecotect Analisis 2011

### 4.5.1 Validasi

Validasi hasil pengukuran dilakukan dengan menghitung prosentase selisih perbedaan suhu hasil pengukuran dengan suhu hasil simulasi. Model simulasi bangunan dapat dikatakan valid apabila perbedaan antara suhu pengukuran dan suhu simulasi tidak lebih dari 10% (Nugroho *et al.*, 2007). Validasi dilakukan dengan cara membuat model simulasi dibuat sesuai dengan kondisi eksisting, seperti menghadap ke arah utara, mengubah material dinding luar bata plester, dinding dalam *gypsum*, *shading*, dan *weather data file* yang digunakan adalah Indonesia dan pengaturan tanggal pada 26 Februari. Suhu yang disimulasikan adalah pada pukul 08.00 – 19.00 sesuai dengan kondisi pengukuran.

Simulasi suhu dilakukan pada semua ruangan yang telah diukur sebelumnya. Prosentase selisih suhu simulasi dan pengukuran pada ruang-ruang tersebut, masing-masing dihitung tiap jamnya. Batas prosentase selisih suhu simulasi dan pengukuran



sebesar 10%, apabila hasilnya kurang dari 10% maka dinyatakan valid dan jika lebih dari 10% dinyatakan tidak valid.

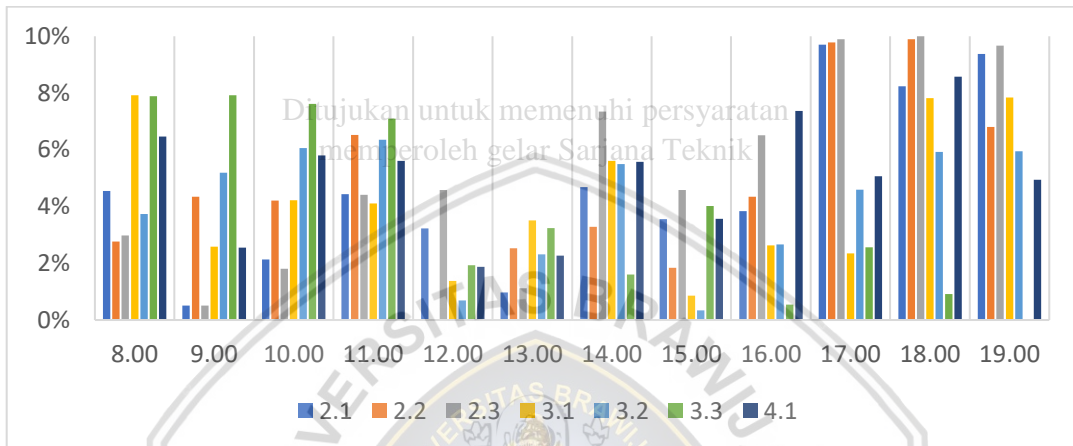
Tabel 4.16 Validasi simulasi

Pukul	Suhu Eksisting			Suhu Simulasi			Prosentase selisih			Validasi		
	T <sub>1</sub> (°C)			T <sub>2</sub> (°C)			(T <sub>1</sub> -T <sub>2</sub> )T <sub>2</sub> x 100%			≤10%		
	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3
08.00	27.3	28.1	27.65	29.4	28.6	29.2	-7.14	-1.75	-5.31	√	√	√
09.00	29.65	28.6	29.35	30.6	29.8	30.5	-3.10	-4.03	-3.77	√	√	√
10.00	29.75	29.6	29.85	31.8	31.1	31.7	-6.45	-4.82	-5.84	√	√	√
11.00	30.2	30.1	30.3	33.5	32.8	33.4	-9.85	-8.23	-9.28	√	√	√
12.00	30.35	29.9	30.85	30.6	30	30.5	-0.82	-0.33	1.15	√	√	√
13.00	31.2	30.9	31.55	32.9	32.2	32.8	-5.17	-4.04	-3.81	√	√	√
14.00	30.15	29.85	30.7	29.6	28.9	29.4	1.86	3.29	4.42	√	√	√
15.00	30.55	30.45	30.85	31	30.4	30.9	-1.45	0.16	-0.16	√	√	√
16.00	29.8	30.05	30.25	29.4	28.8	29.3	1.36	4.34	3.24	√	√	√
17.00	30.17	30.4	30.15	28.1	27.9	27.9	7.37	8.96	8.06	√	√	√
18.00	29.55	30.55	30.35	28.3	27.8	28.1	4.42	9.89	8.01	√	√	√
19.00	29.75	29.05	30	27.5	27.1	27.4	8.18	7.20	9.49	√	√	√
	3.1	3.2	3.3	3.1	3.2	3.3	3.1	3.2	3.3	3.1	3.2	3.3
08.00	26.15	27.05	25.7	27.9	27.8	27.2	-6.27	-2.70	-5.51	√	√	√
09.00	28.25	27.4	26.15	29	29.2	28.4	-2.59	-6.16	-7.92	√	√	√
10.00	28.35	27.9	26.7	30.1	30.6	29.5	-5.81	-8.82	-9.49	√	√	√
11.00	29.15	29.2	28	31.7	32.4	31.1	-8.04	-9.88	-9.97	√	√	√
12.00	29.4	28.7	28.1	29.1	29.3	28.4	1.03	-2.05	-1.06	√	√	√
13.00	30.95	29.6	28.35	31.2	31.7	30.6	-0.80	-6.62	-7.35	√	√	√
14.00	30.1	29.75	28.45	28.3	28.3	27.7	6.36	5.12	2.71	√	√	√
15.00	29.35	28.9	27.45	29.6	29.6	28.9	-0.84	-2.36	-5.02	√	√	√
16.00	29.25	28.85	27.75	28.1	28	27.5	4.09	3.04	0.91	√	√	√
17.00	28.35	28.45	28	26.7	26.5	26.1	6.18	7.36	7.28	√	√	√
18.00	29.65	28.6	27.45	27	26.5	26.4	9.81	7.92	3.98	√	√	√
19.00	28.8	28.4	27.1	26.2	25.9	25.5	9.92	9.65	6.27	√	√	√
	4.1			4.1			4.1			4.1		
08.00		26.75			28.5			-6.14			√	
09.00		28.65			29.7			-3.54			√	
10.00		28.45			31.1			-8.23			√	
11.00		29.45			32.6			-9.66			√	
12.00		29.95			29.7			0.84			√	
13.00		31.5			32			-1.56			√	
14.00		30.3			28.6			5.94			√	
15.00		30.45			30			1.50			√	
16.00		30.6			28.4			7.75			√	
17.00		29			27			7.41			√	
18.00		29.6			27			9.63			√	
19.00		28.65			26.5			8.11			√	

Hasil validasi simulasi menunjukkan bahwa seluruh prosentase selisih suhu pada ruang tidur 2.1, 3.1, 4.1 adalah valid. Rentang prosentase selisih suhu yang ditunjukkan sebesar -10.00% - 10.00%. Hasil simulasi yang dilakukan pada tanggal 26 Februari selama 12 jam pengukuran dari pukul 08.00 – 19.00 valid digunakan sebagai bahan analisis.

#### 4.5.2 Hasil simulasi

Hasil simulasi yang telah divalidasi kemudian dibandingkan dengan suhu pengukuran dan suhu nyaman Kota Malang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui selisih suhu simulasi dengan suhu nyaman Kota Malang. Suhu hasil simulasi nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk penurunan suhu melalui modifikasi jendela. Berikut ini merupakan grafik perbandingan suhu eksisting ( $T_1$ ), suhu simulasi ( $T_2$ ) dengan suhu nyaman Kota Malang.



Gambar 4.64 Grafik validasi simulasi

#### 4.6 Modifikasi Jendela Eksisting

Menurut Santosa (2012) kenyamanan termal dapat dicapai dengan suatu tindakan adaptif dari penghuni, salah satunya adalah dengan mengatur sistim ventilasi. Untuk memaksimalkan aliran angin yang masuk ke dalam ruang adalah dengan mengatur sudut bukaan jendela. Pada tahap ini, jendela eksisting akan di rubah sudut bukaannya dan memodifikasi *shading device*. Jendela yang akan di modifikasi adalah semua jendela pada ruang yang diteliti. Simulasi modifikasi menggunakan *software* Ecotect. Berikut merupakan kondisi jendela eksisting.



Gambar 4.65 Letak jendela eksisting

Tabel 4.17 Kondisi jendela eksisting

Nama Ruang	Jenis jendela	Sudut
2.1	<i>Awning</i>	15°
2.2	<i>Awning</i>	15°
2.3	<i>Awning</i>	15°
3.1	<i>Casement</i>	50°
3.2	<i>Awning</i>	15°
3.3	<i>Casement</i>	50°
4.1	<i>Awning</i>	15°

#### 4.6.1 Modifikasi sudut jendela

Sudut bukaan jendela mempengaruhi aliran angin yang masuk kedalam ruang. adanya aliran angin di dalam ruang memberikan efek penyejukan pada permukaan kulit. Modifikasi sudut jendela dilakukan untuk mengetahui kinerja jendela dalam menurunkan suhu ketika sudut bukaannya dirubah.

##### 1. Penentuan alternatif sudut jendela

Kondisi sudut jendela *awning* dan *casement* berbeda karena adanya pivot yang membatasi sudut bukaannya. Jendela *awning* memiliki sudut bukaan maksimal sebesar 15° dan jendela *casement* memiliki bukaan maksimal sebesar 50°. Alternatif sudut bukaan merujuk pada penelitian Kindangen (2003) yang menggunakan sudut bukaan jendela sebesar 30°, 45°, dan 60°. Berikut merupakan rincian alternatif sudut bukaan jendela.

Tabel 4.18 Alternatif sudut bukaan jendela

Nama Ruang	Jenis jendela	Alternatif sudut
2.1	<i>Awning</i>	30°
		45°
		60°
2.2	<i>Awning</i>	30°
		45°
		60°
2.3	<i>Awning</i>	30°
		45°
		60°
3.1	<i>Casement</i>	30°
		45°
		60°
3.2	<i>Awning</i>	30°
		45°
		60°
3.3	<i>Casement</i>	30°
		45°
		60°
4.1	<i>Awning</i>	30°
		45°
		60°

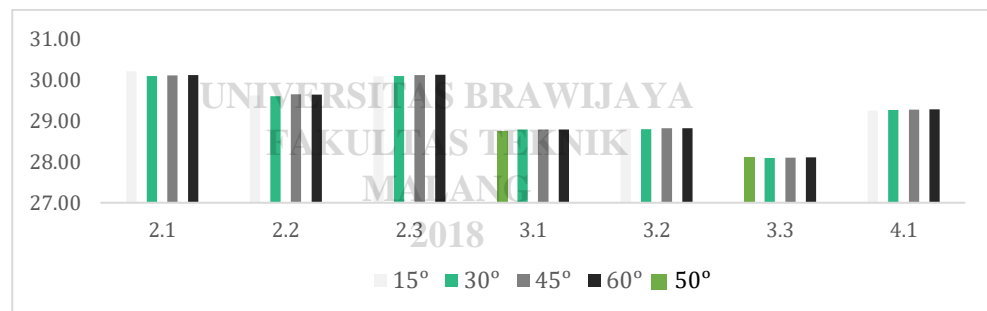
## 2. Simulasi suhu alternatif sudut

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Ecotect Analisis 2011. Pengukuran dilakukan pada tanggal 26 Februari sesuai dengan waktu pengukuran terpanas. Hasil simulasi yang didapat di rata-rata pada pukul 08.00-19.00. Berikut merupakan hasil rata-rata simulasi sudut jendela untuk semua ruang.

Tabel 4.19 Alternatif sudut bukaan jendela

Nama Ruang	Jenis jendela	Alternatif sudut	Hasil simulasi (°C)
2.1	<i>Awning</i>	30°	30.10
		45°	30.12
		60°	30.13
2.2	<i>Awning</i>	30°	29.61
		45°	29.65
		60°	29.64
2.3	<i>Awning</i>	30°	30.10
		45°	30.13
		60°	30.13
3.1	<i>Casement</i>	30°	28.79
		45°	28.79
		60°	28.79
3.2	<i>Awning</i>	30°	28.80
		45°	28.83
		60°	28.83
3.3	<i>Casement</i>	30°	28.09
		45°	28.10
		60°	28.11
4.1	<i>Awning</i>	30°	29.27
		45°	29.28
		60°	29.28

Hasil simulasi modifikasi sudut bukaan pada jendela eksisting tidak menghasilkan perubahan suhu yang signifikan. Pada ruang 2.1, 2.2, 3.2 tipe *awning* suhu menurun pada sudut 30° dengan selisih sebesar 0.02°C. Dan ruang 2.3 dan 4.1 tipe *awning* suhu menurun pada sudut 15° dengan selisih suhu sebesar 0.01°C. Sedangkan untuk tipe *casement* pada ruang 3.1 pada sudut bukaan 50° dan ruang 3.3 pada sudut 30°.



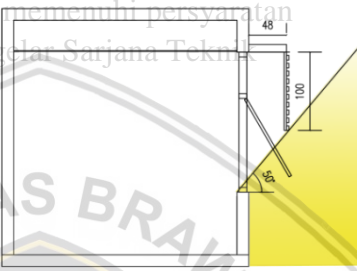
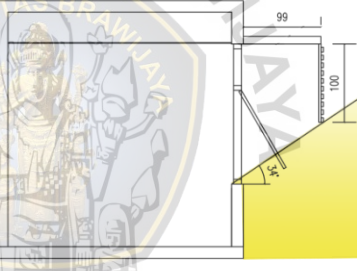
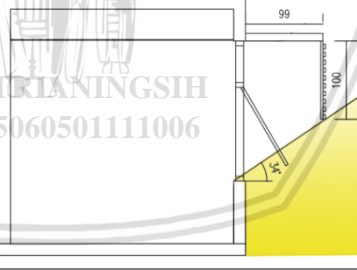
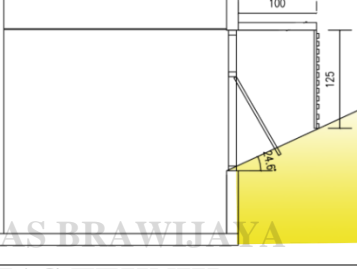
Gambar 4.66 Rata-rata suhu hasil modifikasi sudut bukaan



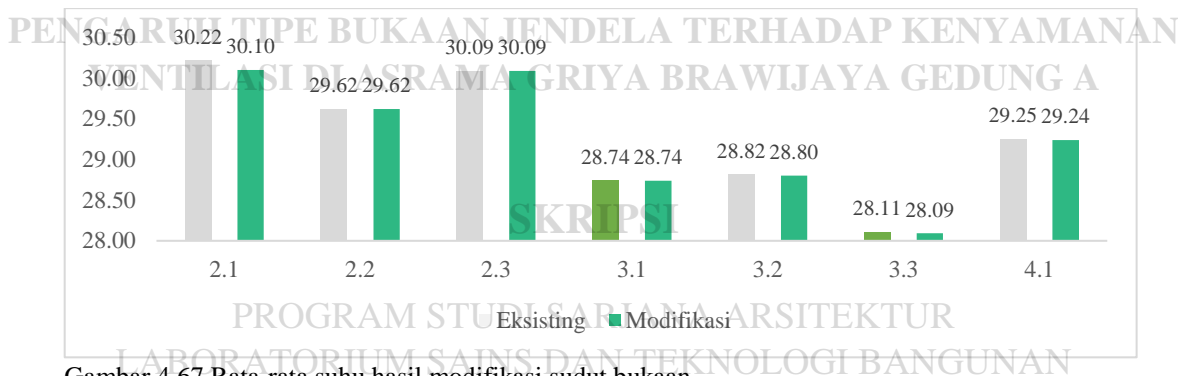
#### 4.6.2 Modifikasi Shading Device

*Shading device* merupakan penghalang masuknya panas matahari dan tampias air hujan kedalam bangunan. *Shading device* eksisting di asrama adalah tipe *louver*. *Louver* memiliki lebar 1.00m dipasang sepanjang fasad bangunan untuk menaungi jendela dari panas matahari. Penentuan lebar *overhang* berdasarkan SBV yang didapat sesuai dengan orientasi fasad. Berikut merupakan hasil modifikasi *shading device*.

Tabel 4.20 Alternatif sudut bukaan jendela

Orientasi	SBV	Alternatif	Hasil (°C)
Utara	50°		30.09
Selatan	34°		30.10
Timur	34.9°		30.13
Barat	24.6°		30.19

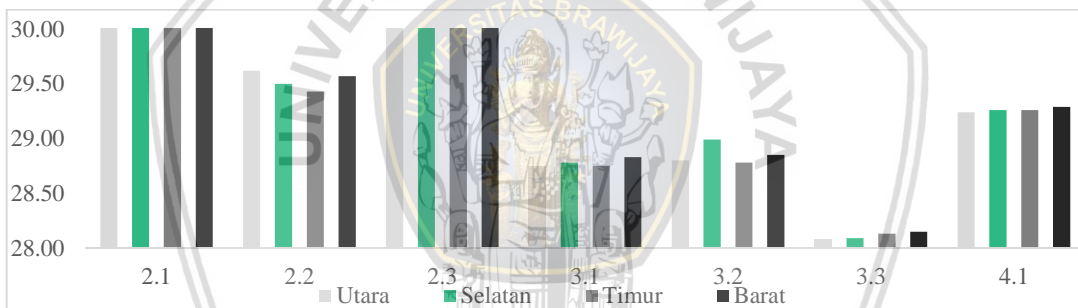
Hasil modifikasi sudut jendela dan *shading device* dibandingkan dengan rata-rata suhu eksisting. hasilnya ruang 2.1, 3.2, 3.3, dan 4.1 mengalami penurunan suhu. Ruang 2.1, 3.2, dan 3.3 turun 0.2°C, ruang 4.1 turun sebesar 0.01°C. sedangkan ruang 2.2, 2.3, dan 3.1 tidak mengalami perubahan rata-rata suhu.



Gambar 4.67 Rata-rata suhu hasil modifikasi sudut bukaan

### 4.6.3 Penerapan pada Orientasi

Hasil modifikasi kemudian diterapkan di orientasi fasad timur, barat, selatan, dan utara. Suhu yang diturunkan jendela modifikasi berbeda untuk ruang tidur yang tergantung arah orientasi jendela. Pada ruang 2.1, 2.3, 3.1, 3.3, dan 4.1 kinerja jendela dalam menurunkan suhu yang terbaik pada orientasi utara, sedangkan ruang 2.2 dan 3.2 modifikasi jendela bekerja baik pada orientasi timur. Berikut merupakan hasil simulasi orientasi.

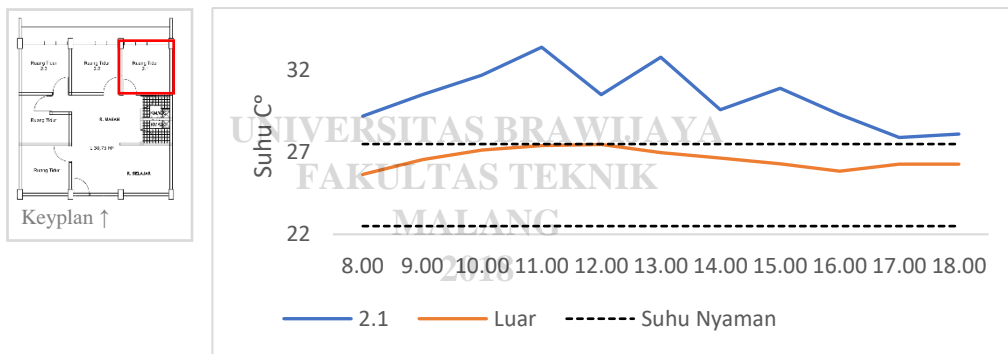


Gambar 4.68 Rata-rata suhu hasil modifikasi sudut bukaan

### 4.6.4 Analisis kenyamanan ventilasi

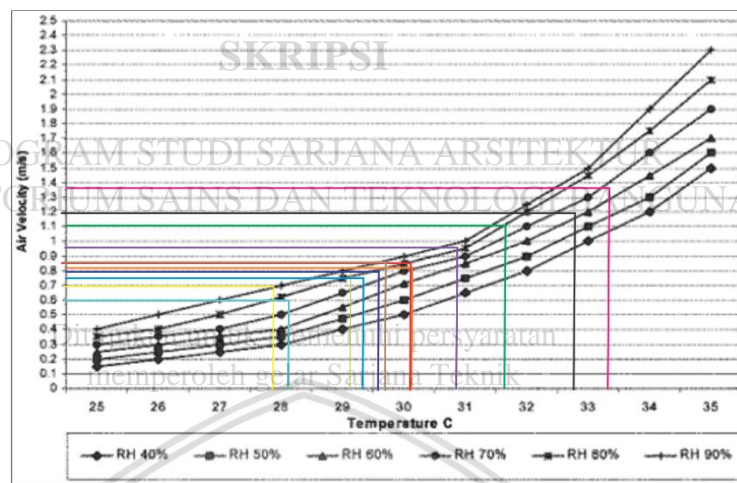
#### 1. Ruang tidur 2.1

Kondisi suhu di ruang 2.1 berada di luar zona suhu nyaman pada pukul 08.00-18.00. Suhu tinggi pada pukul 11.00 dimana suhu mencapai 33.4°C. Sehingga perlu adanya analisis kenyamanan ventilasi untuk mengetahui kebutuhan kecepatan angin agar pada pukul 08.00-18.00 mencapai kenyamanan.



Gambar 4.69 Grafik suhu ruang tidur 2.1 setelah modifikasi 1

Kemudian dilakukan analisis kenyamanan ventilasi sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi.



Gambar 4.70 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.1

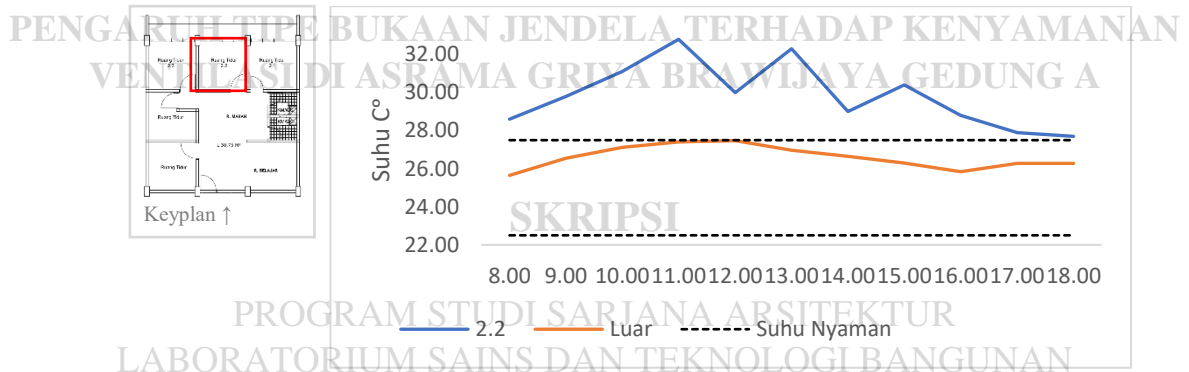
Dari analisis diatas, didapatkan kebutuhan kecepatan angin untuk ruang 2.1 pada pukul 08.00-18.00. kebutuhan kecepatan angin paling banyak adalah pada pukul 11.00 yaitu sebesar 1.3 m/s di keadaan suhu terpanas.

Tabel 4.21 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.1

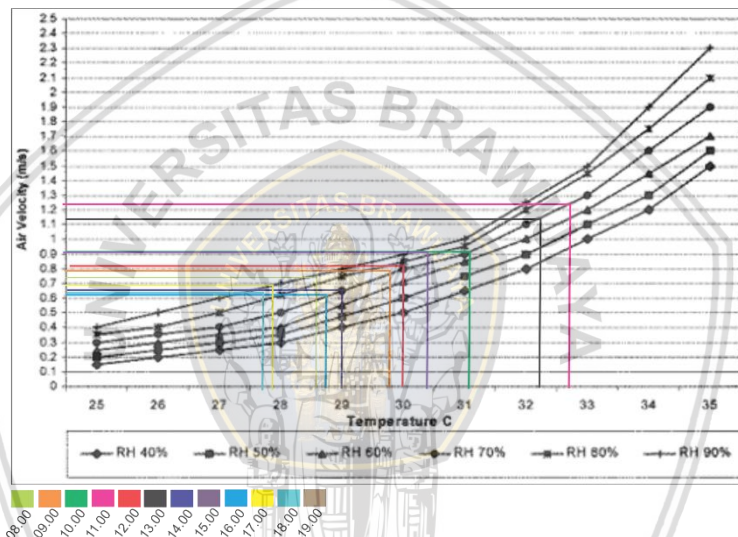
Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec. Angin (m/s)
08.00	29.2	89	0.8
09.00	30.5	73	0.8
10.00	31.7	79.5	1.1
11.00	33.4	67.5	1.3
12.00	30.5	77	0.85
13.00	32.8	66	1.2
14.00	29.6	81	0.8
15.00	30.9	82.5	0.98
16.00	29.3	77.5	0.75
17.00	27.9	90.5	0.7
18.00	28.1	78.5	0.6
Rata-rata	29.86	79.25	0.89

## 2. Ruang tidur 2.2

Setelah dilakukan modifikasi sudut bukaan, suhu di ruang tidur 2.2 berada diluar zona suhu nyaman pada pukul 08.00-18.00. Suhu tertinggi pada pukul 11.00 yaitu 32.8°C. Suhu mulai menurun pada pukul 15.00 namun masih diluar zona suhu nyaman.



Analisis kenyamanan ventilasi dilakukan untuk mengetahui kebutuhan kecepatan angin agar didalam ruang terasa nyaman. Berikut merupakan analisis kenyamanan ventilasi pada pukul 08.00-18.00.



Gambar 4.72 Analisis kenyamanan ventilasi ruang 2.2

Hasil yang didapatkan kebutuhan kecepatan angin paling tinggi pada 11.00 yaitu 1.25 m/s pada suhu terpanas. Kecepatan angin mulai menurun mulai pukul 15.00 seiring dengan menurunnya suhu ruangan.

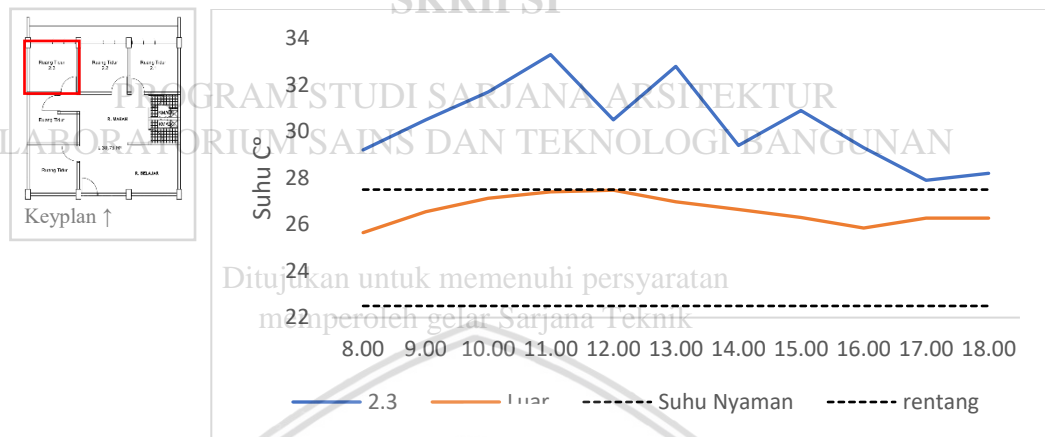
Tabel 4.22 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.2

Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	28.6	87	0.75
09.00	29.8	73	0.8
10.00	31.1	71	0.92
11.00	32.8	70	1.25
12.00	30	67	0.8
13.00	32.3	69	1.15
14.00	29	70	0.65
15.00	30.4	87	0.9
16.00	28.8	71	0.6
17.00	27.9	90	0.7
18.00	27.7	85	0.65
Rata-rata	30.00	76	0.83



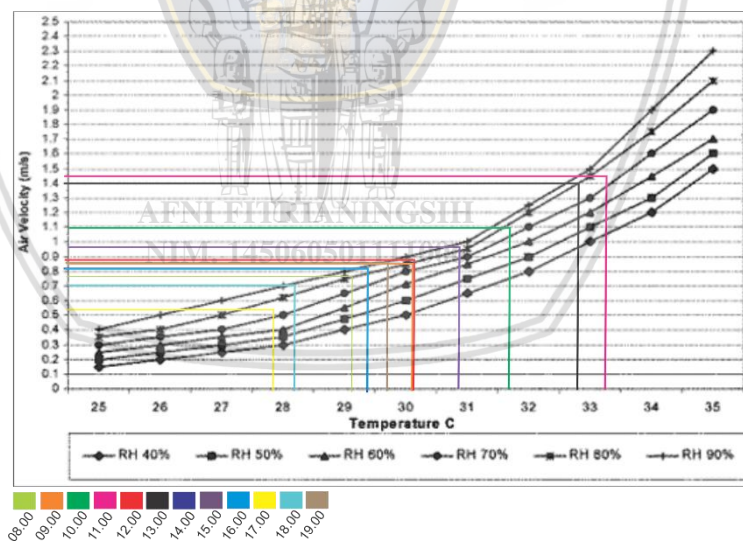
### 3. Ruang tidur 2.3

Setelah modifikasi sudut dan *shading device*, ruang 2.3 masih berada di luar zona suhu nyaman mulai pukul 08.00-18.00. dengan suhu tertinggi pada pukul 11.00 yaitu 33.30°C.



Gambar 4.73 Grafik suhu ruang tidur 2.3 modifikasi 1

Analisis kenyamanan ventilasi dilakukan pada pukul 08.00-18.00 agar dicapai kenyamanan ruang melalui penambahan kecepatan angin. Analisis menggunakan diagram *psychometrics* Nugroho (2007). Berikut merupakan analisis kenyamanan ventilasi.



Gambar 4.74 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.3

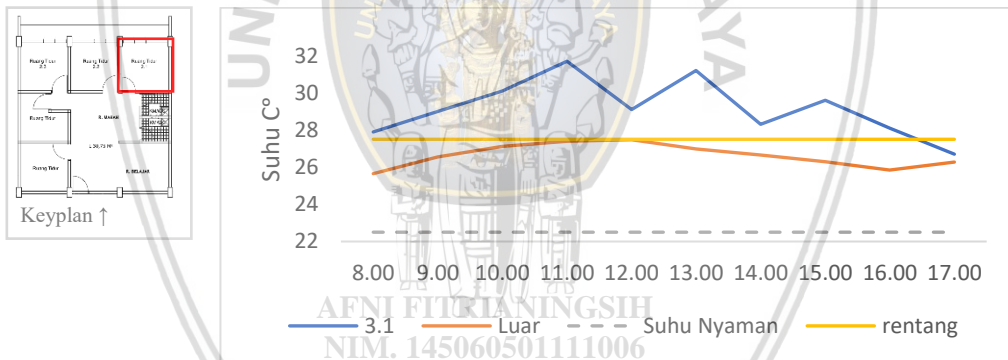
Kebutuhan kecepatan angin paling tinggi pada pukul 11.00 saat suhu ruang paling panas, yaitu 1.45 m/s. rata-rata kecepatan angin yang dibutuhkan perharinya adalah 0.92 m/s dengan suhu rata-rata 30°C. kondisi suhu terendah adalah pada pukul 17.00 sehingga kecepatan angin yang dibutuhkan juga sedikit, yaitu 0.55 m/s.

Tabel 4.23 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.2

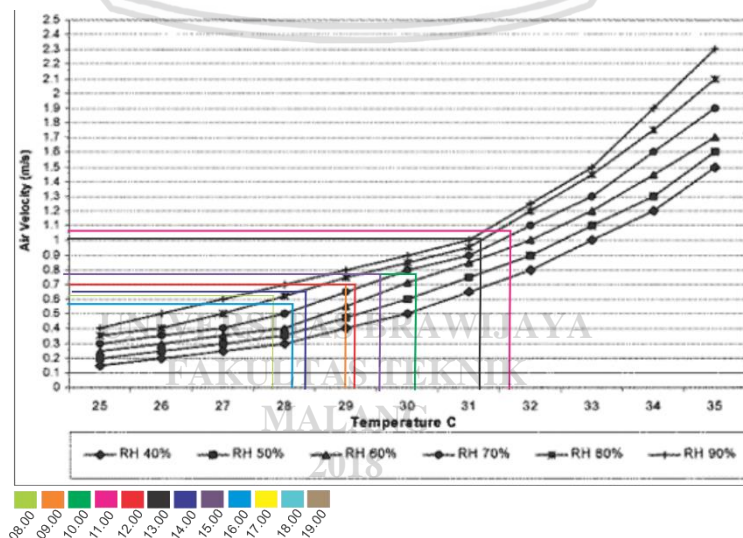
Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	29.2	83	0.75
09.00	30.5	78	0.85
10.00	31.7	86	1.1
11.00	33.3	75	1.45
12.00	30.5	84	0.85
13.00	32.8	80	1.4
14.00	29.4	82	0.8
15.00	30.9	84	0.95
16.00	29.3	83	0.8
17.00	27.9	74	0.55
18.00	28.2	89	0.7
Rata-rata	30.00	81	0.92

#### 4. Ruang tidur 3.1

Ruang tidur 3.1 berada di lantai 3, setelah di rubah sudut bukaan jendela suhu yang masih berada diluar ruangan pada pukul 08.00-16.00. suhu terpanasnya pada pukul 11.00 yaitu 31.7°C. Suhu menurun mulai pukul 15.00 hingga mencapai zona suhu nyaman pada pukul 17.00.



Gambar 4.75 Suhu ruang 3.1 modifikasi 1



Gambar 4.76 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.1

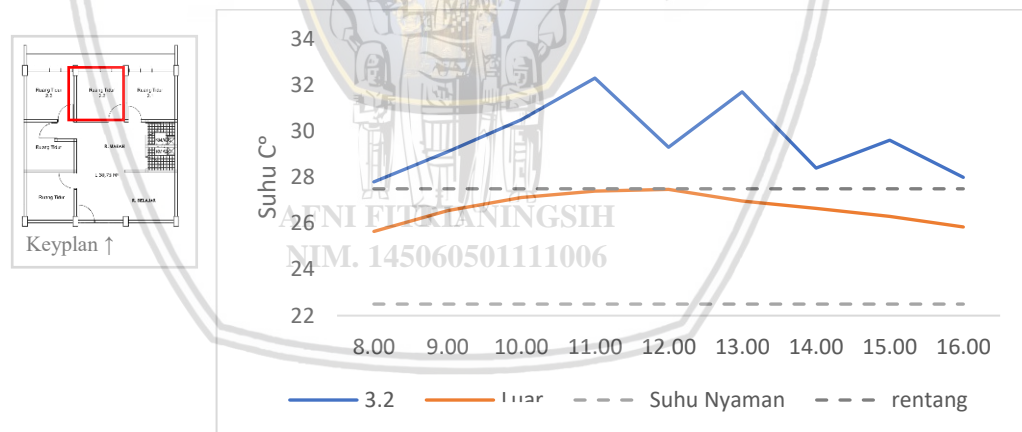
PENGARUH Setelah dilakukan analisis kenyamanan ventilasi di ketahui besaran kebutuhan kecepatan angin agar mencapai kenyamanan ventilasi ruang. analisis pada pukul 08.00-16.00 menghasilkan rata-rata kebutuhan kecepatan angin setiap harinya yaitu 0.76 m/s.

Tabel 4.24 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.1

Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	27.9	82	0.62
09.00	29	76.5	0.7
10.00	30.1	77.5	0.8
11.00	31.7	73.5	1.08
12.00	29.1	69.5	0.7
13.00	31.2	88	1.0
14.00	28.3	79	0.65
15.00	29.6	74	0.75
16.00	28.1	75	0.55
Rata-rata	29.00	79	0.76

## 5. Ruang tidur 3.2

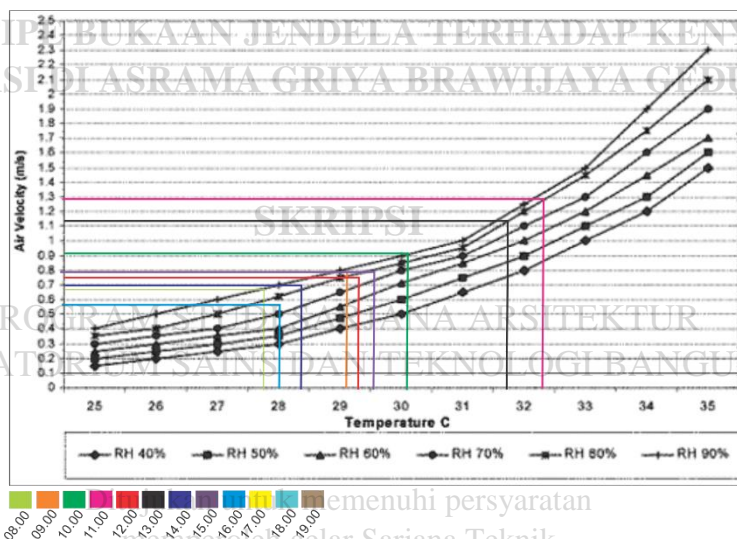
Suhu ruang 3.2 yang masih berada diluar zona suhu nyaman adalah pada pukul 09.00-16.00. suhu yang paling tinggi terjadi pada pukul 11.00 yaitu 32.3°C. pada pukul 08.00 suhu masih berada di zona suhu nyaman Kota Malang.



Gambar 4.77 Suhu ruang tidur 3.2 modifikasi 1

Selanjutnya untuk mendapatkan kenyamanan dalam ruang perlu adanya tambahan kecepatan angin. Sehingga dilakukan analisis kenyamanan ventilasi untuk mengetahui besaran kecepatannya. Berikut ini merupakan analisis dengan menggunakan diagram *psychometrics*.

PENGARUH TIPA BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.78 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2

Hasil analisis diatas menghasilkan rata-rata kecepatan angin yang dibutuhkan perharinya, yaitu 0.84 m/s. Saat ruangan mencapai suhu tertinggi pada pukul 11.00 kecepatan angin yang dibutuhkan semakin meningkat.

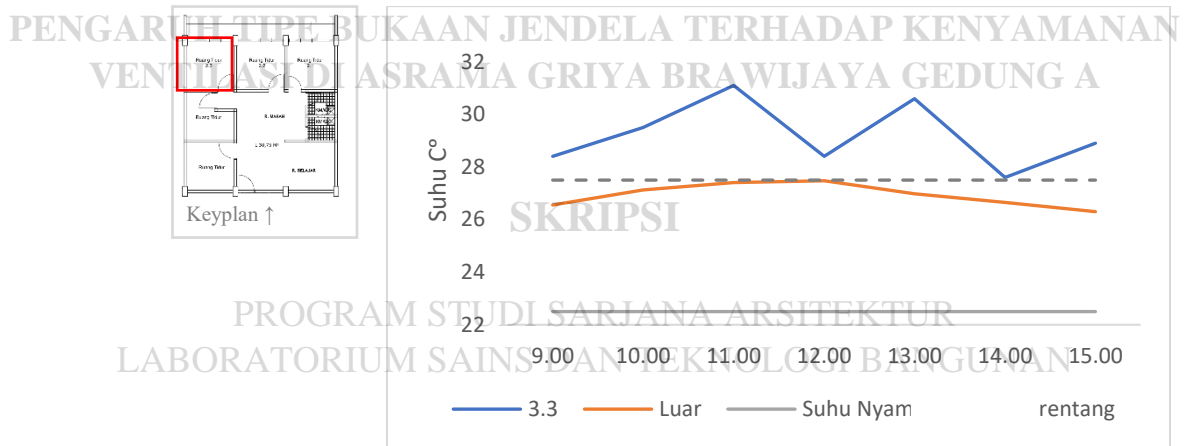
Tabel 4.25 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.2

Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	27.8	89	0.68
09.00	29.1	86	0.8
10.00	30.5	91	0.92
11.00	32.3	83	1.3
12.00	29.3	76	0.75
13.00	31.7	82.5	1.13
14.00	28.4	83.5	0.7
15.00	29.6	77.5	0.8
16.00	28	75	0.55
Rata-rata	29.00	83	0.84

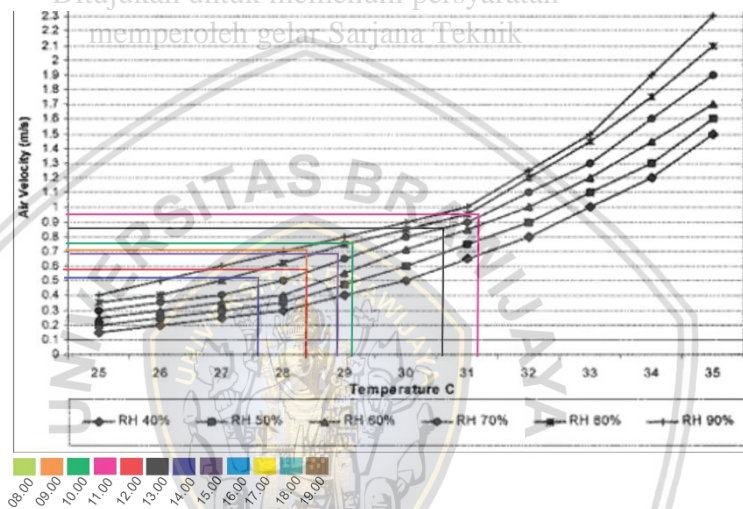
### 6. Ruang tidur 3.3

Ruang 3.3 merupakan ruangan yang paling dingin daripada ruangan lainnya. Setelah dilakukan perubahan sudut bukaan, suhu yang berada diluar zona nyaman pada pukul 09.00-15.00. Suhu tertinggi pada pukul 11.00, yaitu sebesar 31.1°C. Untuk membuat ruangan nyaman pada pukul 09.00-15.00 diperlukan tambahan kecepatan angin. Untuk mendapatkan besarnya dilakukan dengan menggunakan analisis kenyamanan ventilasi dengan diagram *pshycometrics*.





Gambar 4.79 Suhu ruang tidur 3.3 setelah modifikasi 1



Gambar 4.80 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.3

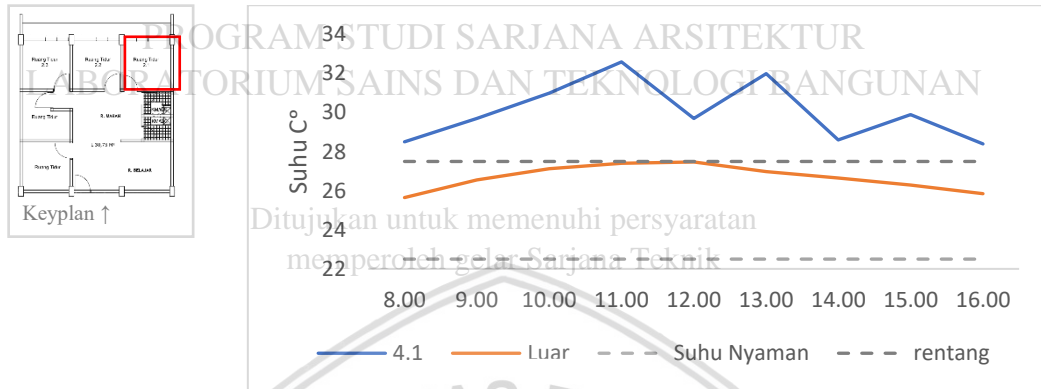
Setelah dilakukan analisis didapat rata-rata kecepatan angin yang dibutuhkan perharinya yaitu sebesar 0.71 m/s. kecepatan angin paling besar dibutuhkan pada saat suhu ruangan dalam keadaan paling panas, yaitu pukul 11.00 dengan kecepatan angin sebesar 0.95 m/s.

Tabel 4.26 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.3

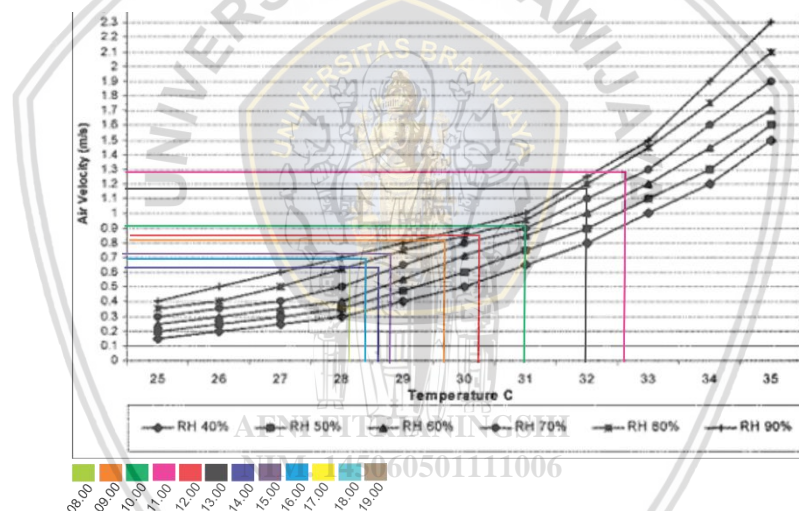
Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
09.00	28.4	79	0.7
10.00	29.5	80	0.75
11.00	31.1	74	0.95
12.00	28.4	70.5	0.58
13.00	30.6	72	0.85
14.00	27.6	75.5	0.5
15.00	28.9	75.5	0.7
Rata-rata	27.99	74	0.71

## 7. Ruang tidur 4.1

Ruang tidur 4.1 menggunakan jendela tipe *awning* dengan merubah sudut bukaan menjadi  $30^\circ$  diharapkan dapat menurunkan suhu. Namun suhu masih berada diluar zona nyaman pada pukul 08.00-16.00. Sehingga dilakukan analisis untuk menurunkan suhu ruangan dengan diagram kenyamanan ventilasi.



Gambar 4.81 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1



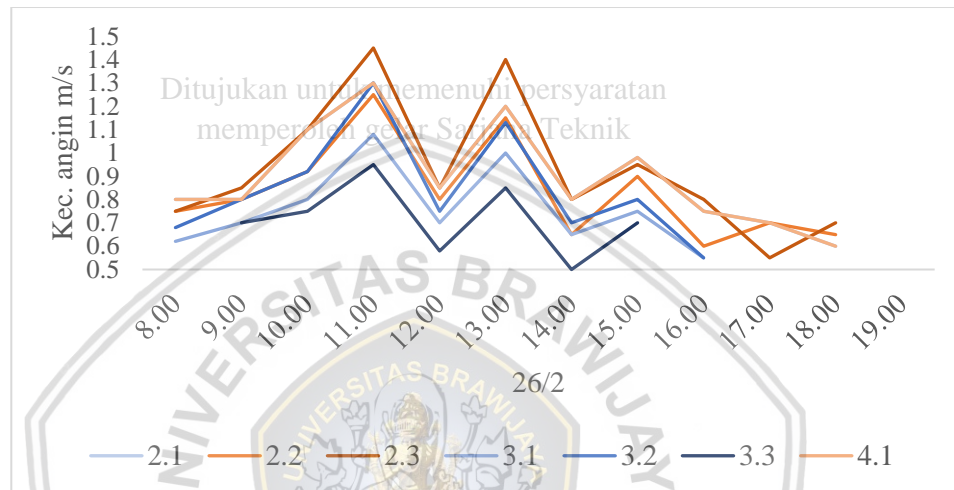
Gambar 4.82 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1

Kecepatan angin tambahan yang dibutuhkan perharinya dirata-rata dan didapatkan sebesar 0.87 m/s.

Tabel 4.27 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 4.1

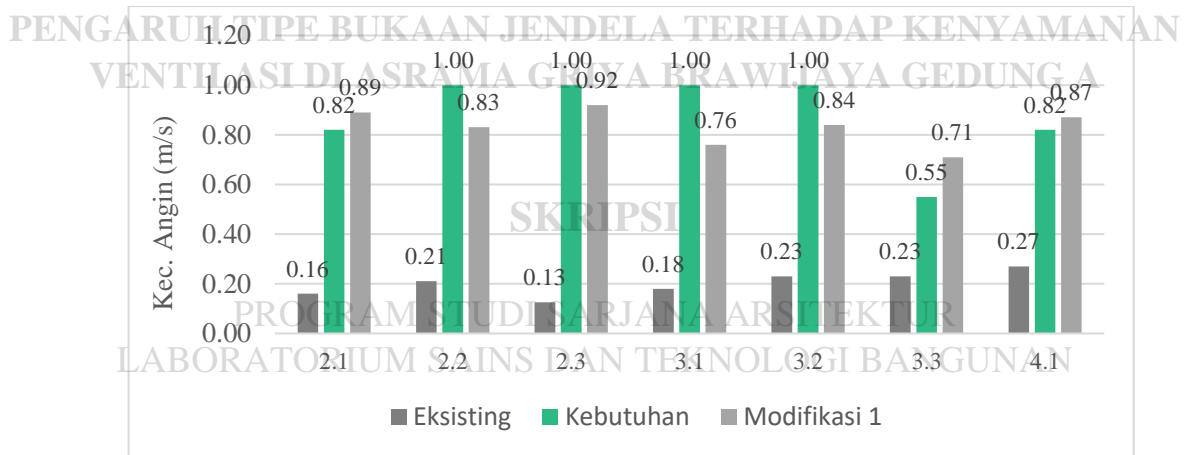
Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	28.5	80	0.82
09.00	29.7	79.5	0.85
10.00	31	74	0.9
11.00	32.6	76	1.3
12.00	29.7	74.5	0.8
13.00	32	76	1.18
14.00	28.6	74.5	0.62
15.00	29.9	82	0.72
16.00	28.4	81	0.7
Rata-rata	29.70	77	0.87

Besaran kebutuhan kecepatan angin yang didapat dari analisis diagram kenyamanan ventilasi dibandingkan satu sama lain. Waktu kebutuhan kecepatan angin semakin sedikit dari pada sebelumnya namun kecepatan angin yang dibutuhkan pada siang hari semakin meningkat. Ruang yang membutuhkan kecepatan angin paling sedikit untuk menurunkan suhu adalah ruang 3.3 dan ruangan yang paling banyak membutuhkan kecepatan angin dan titik waktu adalah ruang 2.3.



Gambar 4.83 Perbandingan kebutuhan kecepatan angin semua ruang

Setelah dilakukan analisis kenyamanan ventilasi, hasil kecepatan angin yang didapat dibandingkan dengan kecepatan angin eksisting dan kebutuhan kecepatan angin sebelum dilakukan modifikasi bukaan sudut. Hasilnya pada ruang 2.1 dan 4.1 kebutuhan rata-rata kecepatan angin meningkat dari kondisi sebelum dilakukan modifikasi. Sedangkan pada ruang lainnya rata-rata kebutuhan kecepatan angin menurun. Walaupun selisih kebutuhan kecepatan angin dan kecepatan angin eksisting masih cukup besar, untuk menurunkan jumlah kecepatan angin yang dibutuhkan dapat dilakukan modifikasi desain jendela untuk mendapatkan hasil penurunan suhu yang lebih baik.



Gambar 4.84 Perbandingan kebutuhan kecepatan angin semua ruang

#### 4.7 Modifikasi Desain Jendela

Perancangan jendela merupakan salah satu pendekatan untuk mendapatkan pendinginan alami di dalam sebuah bangunan (Lechner, 2015; Razak *et al.*, 2015). Desain bukaan jendela antara lain dimensi, posisi, dan tipe jendela (Amelia, 2016). Hasil analisis sebelumnya menunjukkan bahwa kondisi jendela ruang tidur secara dimensi sudah terpenuhi menurut Permenpu No. 60/PRT/1992 sebesar 1% dan SNI 03-6572-2001 dengan luas minimum 5% dari luas lantai, yaitu 9,6% dari luas lantai. Posisi letak jendela sudah sesuai dengan kegiatan manusia, namun suhu dan kecepatan angin di dalam ruang masih berada di luar zona nyaman Kota Malang dan lebih tinggi dari suhu luar. Hal ini menunjukkan bahwa pendinginan alami yang diterapkan masih belum efektif, sehingga diperlukan upaya lebih lanjut. Upaya penurunan suhu dilakukan dengan modifikasi jendela untuk mendapatkan penurunan suhu dan mencapai kenyamanan ventilasi.

Jendela yang dijadikan model simulasi adalah jendela pada ruang tidur 2.3. Jenis jendela pada ruang tidur ini adalah jendela *awning* dan jendela *fixed*. Pemilihan ruang tidur ini sebagai model simulasi berdasarkan hasil pengukuran ruang tidur yang terpanas. Jendela yang akan dimodifikasi adalah jendela hidupnya saja. Berikut ini adalah jendela sebelum dimodifikasi.





Gambar 4.85 Keyplan jendela eksisting

Tabel 4.28 Kondisi jendela eksisting

Faktor desain	Jendela hidup
Dimensi	0.68 x 1.14
Posisi	+ 0.80
Jenis	Awning

Modifikasi pada jendela dilakukan secara bertahap menggunakan simulasi *Ecotect*. Parameter modifikasi jendela terpilih ditentukan berdasarkan hasil simulasi modifikasi yang mampu menurunkan suhu paling besar. Tahap pertama modifikasi adalah merubah dimensi jendela. Beberapa alternatif jendela yang telah ditentukan disimulasikan, kemudian dibandingkan satu sama lain dan diambil alternatif jendela dengan suhu terendah. Tahap kedua adalah dengan merubah posisi jendela. Beberapa alternatif posisi jendela yang telah ditentukan disimulasikan, kemudian dipilih alternatif posisi dengan suhu terendah. Tahap ketiga adalah dengan modifikasi tipe jendela. Beberapa alternatif jendela yang dipilih disimulasikan dan dipilih jenis jendela dengan suhu terendah. Berikut merupakan modifikasi yang dilakukan pada jendela eksisting.

#### 4.7.1 Dimensi jendela

Dimensi jendela memiliki pengaruh terhadap banyaknya panas dan angin yang masuk kedalam ruangan sehingga mempengaruhi kondisi suhu dalam ruangan. Menurut Nayar (2012) rasio jendela yang efektif untuk menurunkan suhu adalah 10%-35% dari luas lantai. Modifikasi dimensi jendela dilakukan untuk mengetahui kinerja jendela dalam penurunan suhu jika dimensinya diubah.

## 1.1. Penentuan alternatif dimensi JENDELA TERHADAP KENYAMANAN

Kondisi jendela memiliki jendela utama yang terdiri dari jendela hidup dan jendela mati, dan jendela boven ganda berupa jendela mati. Jendela utama memiliki dimensi 1.14 m x 1.36 m dan jendela boven 0.47 m x 1.36. Dimensi jendela eksisting tersebut kemudian disederhanakan untuk mempermudah dalam mendapatkan acuan penentuan alternatif dimensi. Alternatif dimensi dibuat dengan memadukan variasi panjang dan lebar. Posisi jendela disamakan dengan kondisi eksisting dan menghilangkan tipe jendela eksisting. Sehingga dapat diketahui alternatif dimensi mana yang memiliki penurunan suhu terbaik tanpa dipengaruhi oleh tipe jendela.

Tabel 4.29 Penyederhanaan dimensi jendela eksisting

	Jendela eksisting	Jendela alternatif dimensi
Jendela utama		
Dimensi	1.14 m x 1.36 m	variasi x variasi
Posisi	+0.80 / kiri	+0.80 / kiri
Jenis	<i>Awning</i>	-

Penyederhanaan dimensi jendela eksisting diambil adalah 0.5 m (dari 0.47 m) sebagai dimensi terkecil dan 1.5 m (dari 1.36 m) sebagai dimensi terbesar. Variasi alternatif dimensi dibuat dari kelipatan 0.25 m, yaitu 0.5 m, 0.75 m, 1 m, 1.25 m, dan 1.5 m. Variasi dimensi tersebut dipadukan sebagai panjang dan lebar jendela. Posisi jendela disamakan dengan kondisi eksisting, yaitu berada di ketinggian +0.80 m dan berada dipojok kiri dinding. Perpaduan beberapa variasi dimensi tersebut menghasilkan 15 alternatif dimensi. Berikut merupakan rincian dari alternatif dimensi jendela yang dihasilkan.

Tabel 4.30 Alternatif dimensi jendela

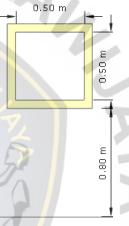
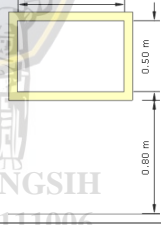
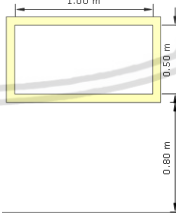
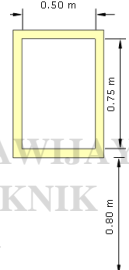
Jenis Alternatif	Dimensi	
	Tinggi (m)	Lebar (m)
Alternatif a	0.5	0.50
Alternatif b		0.75
Alternatif c		1.00
Alternatif d	0.75	0.50
Alternatif e		0.75
Alternatif f		1.00
Alternatif g	1.00	0.50
Alternatif h		0.75
Alternatif i		1.00
Alternatif j	1.25	0.50
Alternatif k		0.75
Alternatif l		1.00
Alternatif m	1.50	0.50
Alternatif n		0.75
Alternatif o		1.00

## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

### 2. Simulasi suhu alternatif dimensi

Modifikasi dimensi dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Ecotect Analysis 2011 dengan memasukkan 15 model alternatif dimensi. Secara otomatis *software* akan menghitung perhitungan suhu selama 24 jam. Simulasi dilakukan pada tanggal 26 Februari dan kemudian hasil simulasi tiap model akan dibandingkan dengan hasil simulasi suhu yang telah di validasi pada tanggal 26 Februari. Hasil simulasi kemudian dirata-rata mulai pukul 08.00 – 19.00 sesuai dengan waktu pengukuran. Antar alternatif dimensi jendela dibandingkan sehingga didapatkan alternatif dengan rata-rata suhu terendah. Berikut merupakan hasil simulasi yang dilakukan pada alternatif dimensi.

Tabel 4.31 Hasil simulasi dimensi

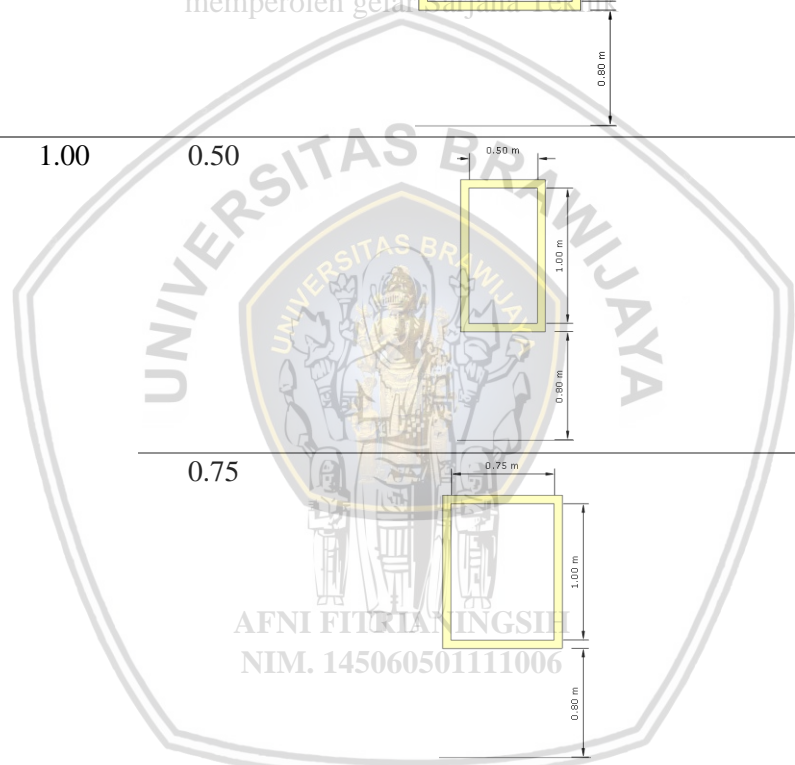
Alt.	Dimensi (m)		Gambar	Hasil simulasi (°C)
	Tinggi	Lebar		
a	0.5	0.50		32.17
b		0.75		30.40
c		1.00		30.39
d	0.75	0.50		30.44

Alt.	Dimensi (m) Tinggi Lebar	Gambar	Hasil simulasi (°C)
e	0.75		30.42
f	1.00		30.34
g	1.00 0.50		30.32
h	0.75		30.42
i	1.00		30.33

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AFNI FITRIANINGSIH  
NIM. 145060501111006

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018



Alt.	Dimensi (m)		Gambar	Hasil simulasi (°C)
j	Tinggi	Lebar		
	1.25	0.50		30.39

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

k	0.75			30.41
---	------	--	--	-------

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

l	1.25	1.00		30.30
---	------	------	---	-------

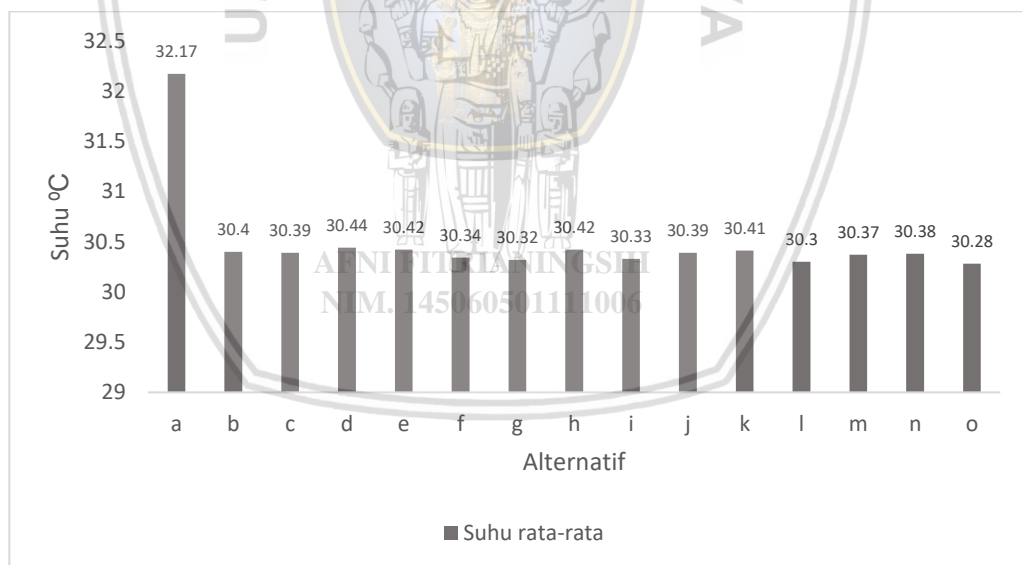
m	1.50	0.50		30.37
---	------	------	--	-------

n	0.75			30.38
---	------	--	--	-------

UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018

Alt.	Dimensi (m) Tinggi Lebar	Gambar	Hasil simulasi (°C)
o	1.00		30.28

Perbandingan simulasi alternatif dimensi menunjukkan bahwa alternatif a menghasilkan suhu rata-rata paling tinggi, yaitu 32.17°C. Dimensi alternatif a sebesar 0.50 m x 0.50 m, jika dihitung luasannya hanya 3% dari luas lantai, hal ini tidak memenuhi standar SNI 03-6572-2001 sebesar 5% sehingga suhu yang dihasilkan jauh lebih tinggi daripada alternatif lainnya. Perbandingan suhu terendah terdapat pada alternatif o dengan dimensi 1.00 m x 1.50 m, luasannya 18% dari luas lantai, yaitu 30.28°C. Dengan demikian alternatif dimensi jendela yang terpilih untuk dilanjutkan ke tahap modifikasi posisi adalah alternatif o.

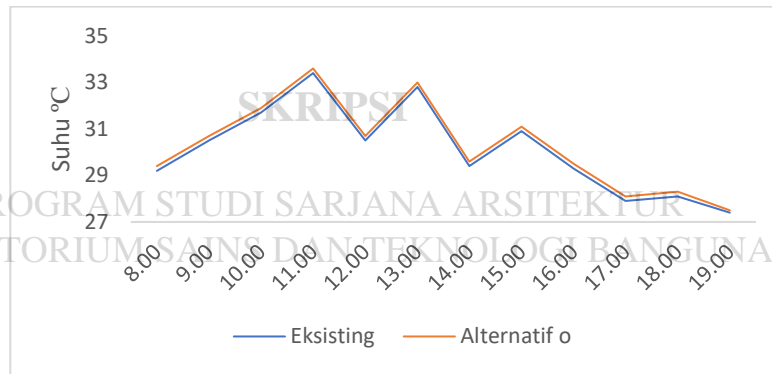


Gambar 4.86 Perbandingan suhu rata-rata alternatif modifikasi dimensi jendela

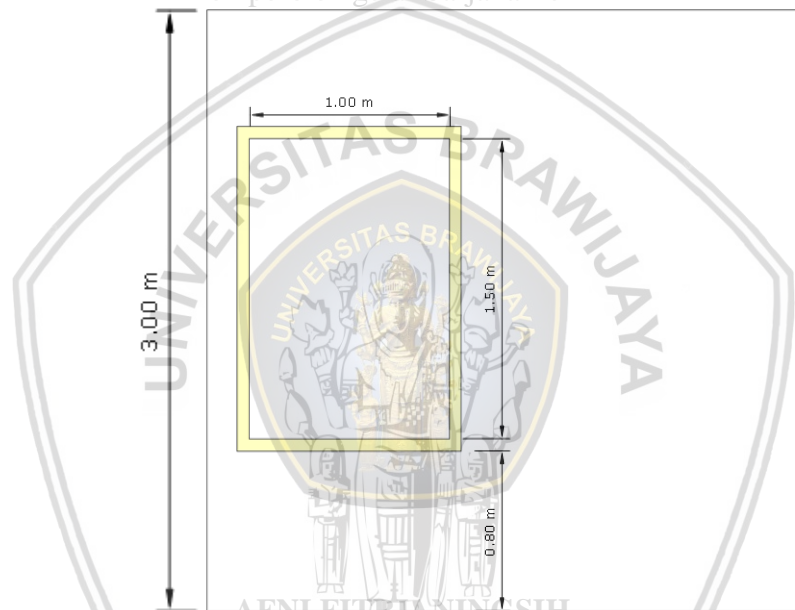
### 3. Alternatif dimensi jendela terpilih

Hasil simulasi dimensi menunjukkan bahwa alternatif dimensi yang menghasilkan suhu paling rendah adalah alternatif o. Alternatif o dengan tinggi jendela 1,50 m dan lebar 1.00 m menghasilkan suhu rata-rata sebesar 30.28°C. Jika dibandingkan dengan suhu kondisi eksisting, pada tahap modifikasi dimensi

PENGARUH SUHU BELUM MENGALAMI PENURUNAN KARENA PADA TAHAP INI MASIH BERUPA LUBANG JENDELA. SELISIH DENGAN RATA-RATA SUHU EKSTING SEBESAR 0.19°C.



Gambar 4.87 Grafik hasil simulasi alternatif o



Gambar 4.88 Dimensi alternatif o

#### 4.6.2 Posisi jendela

Posisi jendela mempengaruhi aliran angin dan panas matahari yang masuk ke dalam bangunan. Modifikasi posisi jendela dilakukan untuk mengetahui posisi jendela mana yang paling optimal dalam menurunkan suhu ruangan

##### 1. Penentuan alternatif posisi

Hasil modifikasi dimensi yang memiliki suhu paling rendah adalah alternatif o dengan dimensi 1,00 m x 1,50 m. Kondisi jendela pada alternatif o kemudian dirubah posisinya untuk menentukan alternatif posisi jendela. Seluruh alternatif posisi jendela dikondisikan dengan dimensi jendela yang sama, hal ini dilakukan agar dimensi dan tipe jendela tidak mempengaruhi hasil perubahan suhu pada simulasi posisi jendela. Modifikasi posisi jendela adalah variasi posisi jendela dari ketinggian lantai, sedangkan posisi jendela secara horizontal

disamakan dengan kondisi eksisting. Berikut ini merupakan rincian alternatif perubahan alternatif posisi jendela dari kondisi eksisting.

Tabel 4.32 Alternatif dimensi jendela

	Alternatif o	Jendela alternatif posisi
Dimensi	1.00 m x 1.50 m	1.00 m x 1.50 m
Posisi	+0.80	variasi
Jenis		

Variasi posisi jendela dibuat menjadi beberapa alternatif berdasarkan zona kegiatan penghuni. Ranjang yang digunakan di dalam tempat tidur asrama adalah ranjang bertingkat, dengan ketinggian ranjang bawah 0.50 m dan ketinggian ranjang atas 1.60 m. Sehingga zona kegiatan manusia mencapai 2.40 m diatas lantai. Variasi tersebut antara lain +0.50 m, +0.75 m, +1.00 m. ketiga variasi tersebut masing-masing dikondisikan pada jendela alternatif o. Kombinasi 3 variasi posisi pada jendela menghasilkan 3 alternatif posisi. Berikut ini merupakan rincian alternatif posisi jendela.

Tabel 4.33 Alternatif posisi jendela

Jenis alternatif	Alternatif posisi
Alternatif o-1	+ 0.50
Alternatif o-2	+0.75
Alternatif o-3	+1.00

## 2. Simulasi suhu alternatif posisi jendela

Modifikasi dimensi dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Ecotect Analysis 2011 dengan memasukkan 3 model alternatif posisi. Secara otomatis *software* akan melakukan perhitungan suhu selama 24 jam. Simulasi dilakukan pada tanggal 26 Februari dan kemudian hasil simulasi tiap model akan dibandingkan dengan hasil simulasi suhu yang telah di validasi pada tanggal 26 Februari. Hasil simulasi kemudian dirata-rata mulai pukul 08.00 – 19.00 sesuai dengan waktu pengukuran. Antar alternatif posisi jendela dibandingkan satu sama lain sehingga didapatkan alternatif dengan rata-rata suhu terendah. Berikut merupakan hasil simulasi yang dilakukan pada alternatif posisi jendela.



Tabel 4.34 Hasil simulasi posisi jendela

Alternatif	Posisi	Gambar	Hasil simulasi (°C)
o-1	+0.50	<p>Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik</p>	30.31
o-2	+0.75		30.27
o-3	+1.00		30.26

Berdasarkan perbandingan hasil simulasi rata-rata selama 12 jam mulai pukul 08.00 – 19.00 menunjukkan bahwa suhu rata-rata tertinggi pada alternatif o-1 dengan suhu 30.31°C. Alternatif o-1 mengalami kenaikan suhu dari suhu alternatif dimensi sebesar 0.03°C. Alternatif dengan suhu terendah adalah o-2 dengan suhu 30.26°C, modifikasi ini dapat menurunkan suhu dari alternatif dimensi yang dilakukan sebelumnya, dengan posisi +0.80 m, sebesar 0.02°C. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif o-2 dengan posisi jendela +0.75 m adalah posisi terpilih untuk kemudian dilanjutkan ke tahap simulasi modifikasi.



#### 4.6.3 Tipe jendela

Jenis jendela memiliki pengaruh yang besar terhadap perubahan suhu di dalam ruang. Jenis jendela memiliki peran dalam mengatur jumlah panas dan arah angin yang masuk ke dalam ruangan. Modifikasi jendela dilakukan untuk mengetahui perubahan suhu jika jenis jendela diubah-ubah.

##### 1. Penentuan alternatif jenis jendela

Hasil modifikasi tahap sebelumnya menghasilkan suhu yang paling rendah adalah alternatif o-2 dengan dimensi 1.5 m x 1.00 m dengan posisi jendela berada di ketinggian +0.75 m dari lantai. Kemudian kondisi jendela pada alternatif o-2 digunakan serta dirubah jenisnya untuk menentukan alternatif jenis jendela. Semua alternatif jenis jendela dikondisikan dengan dimensi dan posisi yang sama agar hasil perubahan suhu yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh dimensi dan posisi jendela.

Jenis jendela yang digunakan adalah jendela tipe *awning* dan *hopper*. Tipe jendela tersebut dipilih karena mampu mengalirkan angin lebih banyak dari pada tipe jendela yang lain, ketika hujan tetap mampu mengalirkan angin tanpa memasukkan air hujan (Lechner 2015). Menurut penelitian Kindangan (2003) jendela *awning* menghasikan pengurangan kecepatan angin lebih kecil daripada jendela *horizontal pivot*. Modifikasi jenis jendela dilakukan dengan kedua tipe jendela tersebut. Berikut ini adalah rincian perubahan jendela alternatif o-2 yang diterapkan ke dalam modifikasi jenis jendela.

Tabel 4.35 Alternatif jenis jendela

	Alternatif o-2	Jendela alternatif jenis
Dimensi	1.00 m x 1.50 m	1.00 m x 1.50 m
Posisi	+0.75 m	+0.75 m
Jenis	-	Variasi jendela x variasi sudut

Sudut jendela *awning* dan *hopper* divariasikan ke dalam beberapa variasi sudut jendela. Variasi sudut jendela *awning* diperoleh berdasarkan penelitian Kindangan (2003) mengenai pola aliran angin terhadap sudut bukaan 30°, 45°, dan 60°. Variasi sudut jendela *hopper* akan disamakan dengan sudut yang digunakan dalam penelitian Kindangan (2003). Variasi sudut dan tipe jendela menghasilkan 6 alternatif jenis jendela. Berikut ini merupakan rincian alternatif jenis jendela.

Tabel 4.36 Alternatif jenis jendela

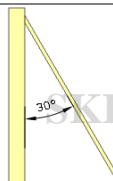
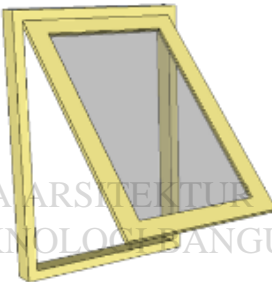



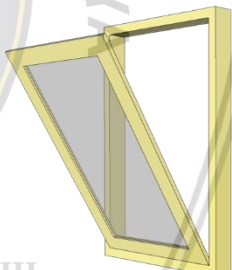
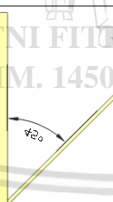
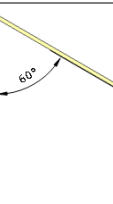
Alternatif	Tipe jendela	Keterangan
o-2-1	<i>Awning</i>	Sudut 30°
o-2-2		Sudut 45°
o-2-3		Sudut 60°
o-2-4	<i>Hopper</i>	Sudut 30°
o-2-5		Sudut 45°
o-2-6		Sudut 60°
o-2-7	Kisi vertikal - horizontal	5 cm - 90°
o-2-8	Naco	Sudut 45°
o-2-9		Sudut 90°
o-2-10		Sudut 135°
o-2-11	Casement	Sudut 30°
o-2-12		Sudut 45°
o-2-13		Sudut 60°
o-2-14	Horizontal pivot	30°
o-2-15		45°
o-2-16		60°
o-2-17	Vertical pivot	45°
o-2-18		60°
o-2-19		120°
o-2-20		135°
o-2-21	Single hung	45%
o-2-22	Double hung	45%
o-2-23	Slider	45%

## 2. Simulasi suhu alternatif jenis jendela

Modifikasi dimensi dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Ecotect Analysis 2011 dengan memasukkan 3 model alternatif jenis jendela. Secara otomatis *software* akan melakukan perhitungan suhu selama 24 jam. Simulasi dilakukan pada tanggal 26 Februari dan kemudian hasil simulasi tiap model akan dibandingkan dengan hasil simulasi suhu yang telah di validasi pada tanggal 26 Februari. Hasil simulasi kemudian dirata-rata mulai pukul 08.00 – 19.00 sesuai dengan waktu pengukuran. Antar alternatif posisi jendela dibandingkan satu sama lain sehingga didapatkan alternatif dengan rata-rata suhu terendah. Berikut merupakan hasil simulasi yang dilakukan pada alternatif jenis jendela.



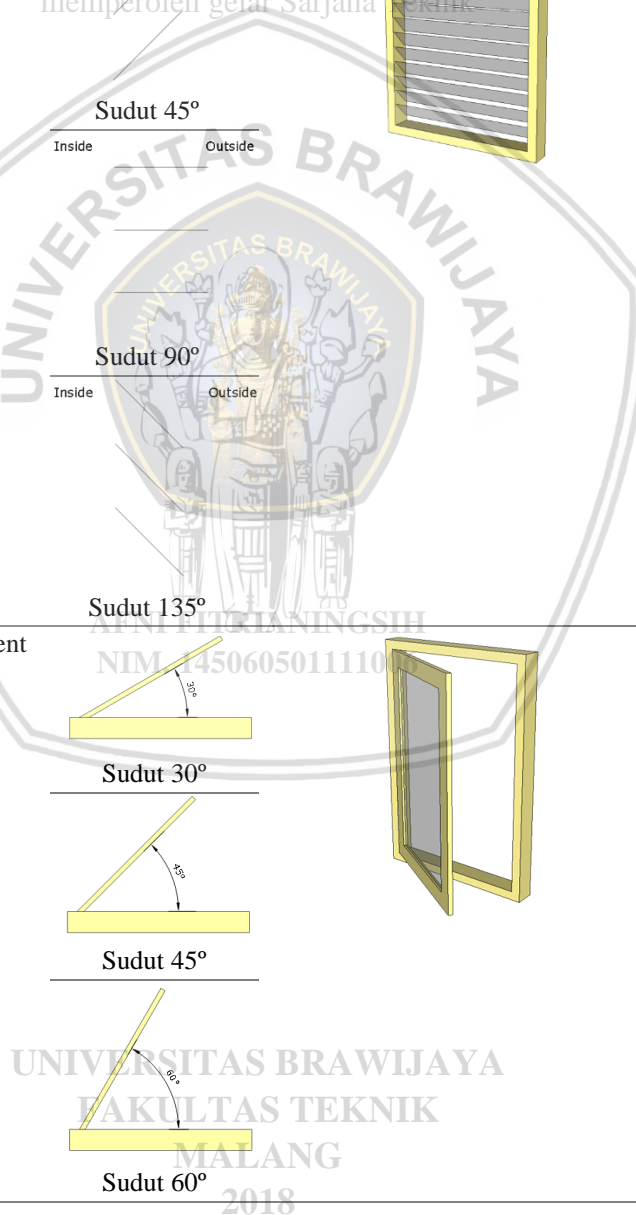
Tabel 4.37 Simulasi alternatif jenis jendela


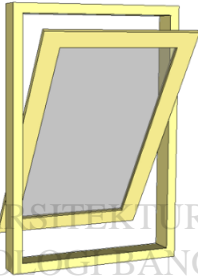


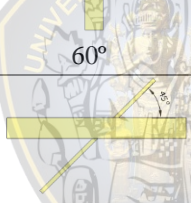
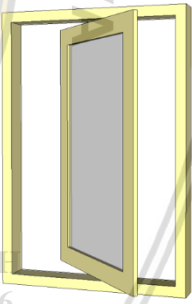
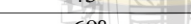


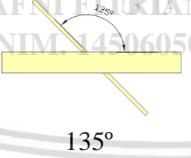
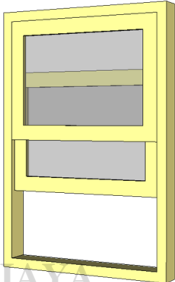
Alternatif	Tipe jendela	Keterangan	Gambar	Hasil simulasi
o-2-1	Awning	 Sudut 30°		29.84
o-2-2		 Sudut 45°		29.98
o-2-3		 Sudut 60°		29.88
o-2-4	Hopper	 Sudut 30°		29.96
o-2-5		 Sudut 45°		29.97
o-2-6		 Sudut 60°		29.95

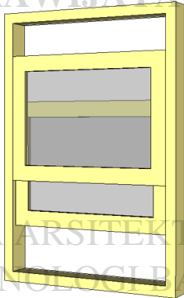

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

AENI FITRIANINGSIH  
NIM. 145060501111006

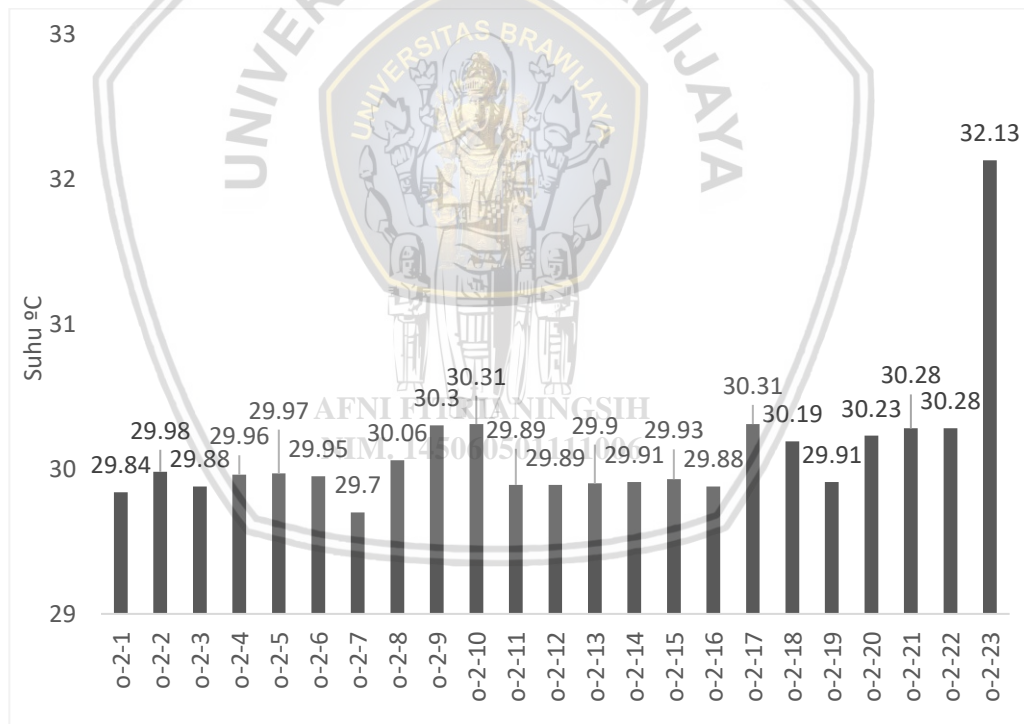
Alternatif	Tipe jendela	Keterangan	Gambar	Hasil simulasi
o-2-7	Kisi	vertikal - horizontal Lebar kisi 5 cm Sudut 5° Jarak antar kisi 5cm		29.70
o-2-8	Naco	Inside / Outside Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik		30.06
o-2-9		Sudut 45° Inside / Outside		30.30
o-2-10		Sudut 90° Inside / Outside		30.31
o-2-11	Casement	Sudut 135°		29.89
o-2-12		Sudut 30°		29.89
o-2-13		Sudut 45°		29.90
		Sudut 60°		



Alternatif	Tipe jendela	Keterangan	Gambar	Hasil simulasi
o-2-14	Horizontal pivot	 <p>30°</p>		29.91
o-2-15		 <p>40°</p>		29.93
o-2-16		 <p>45°</p>		29.88
o-2-17	Vertical pivot	 <p>60°</p>		30.31
o-2-18		 <p>45°</p>		30.19
o-2-19		 <p>60°</p>		29.91
o-2-20		 <p>120°</p>		30.23
o-2-21	Single hung	 <p>135°</p>		30.28

Alternatif	Tipe jendela	Keterangan	Gambar	Hasil simulasi
o-2-22	Double hung	45%		30.28
o-2-23	Slider			32.13

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



Gambar 4.92 Perbandingan suhu rata-rata alternatif modifikasi tipe jendela

Simulasi dilakukan dengan 23 model jendela yang berbeda berdasarkan alternatif jendela diatas. Hasil simulasi menunjukkan bahwa alternatif jenis jendela o-2-23, tipe jendela slider memiliki suhu paling tinggi yaitu 32.13°C. Suhu paling rendah ada pada alternatif o-2-7, tipe jendela kisi vertikal-horizontal, dengan suhu 29.70°C. sehingga alternatif jenis jendela o-2-7 adalah jenis jendela terpilih dalam modifikasi jenis jendela.



## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI SPALIA PARIYA BRAWIJAYA GEDUNG A

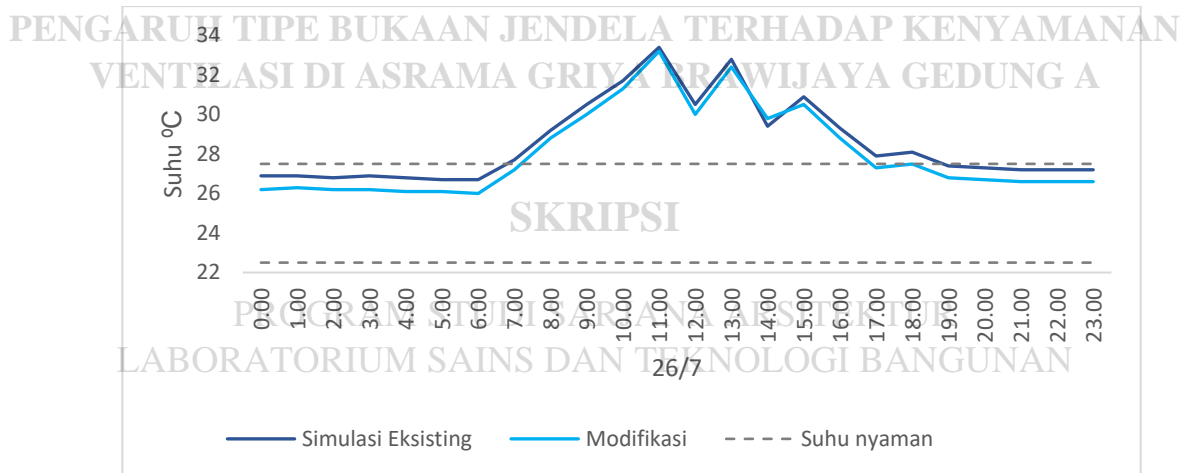
### 3. Alternatif Tipe Jendela Terpilih

Simulasi modifikasi dimensi, posisi, dan jenis jendela menghasilkan satu alternatif jendela yang memiliki suhu lebih rendah dari suhu eksisting. Alternatif yang terpilih adalah alternatif jendela o-2-7, dengan modifikasi dimensi jendela tinggi 1.50 m dan lebar 1.00 m, posisi jendela +0.75 m dari lantai, dan jenis jendela kisi vertikal-horizonta. Berikut ini adalah gambar potongan kamar tidur dengan jendela alternatif o-2-7.



Gambar 4.93 Potongan ruang tidur dengan jendela alternatif o-2-7

Hasil simulasi pada alternatif o-2-1 menunjukkan suhu rata-rata kamar tidur sebesar 29.70°C. Kondisi eksisting yang disimulasikan dengan memiliki suhu rata-rata kamar tidur sebesar 30.09°C. Sehingga suhu jendela modifikasi lebih rendah daripada suhu eksisting, dengan penurunan suhu sebesar 0.39 °C. Untuk mengetahui keberhasilan modifikasi jendela dalam penurunan suhu, maka hasil simulasi suhu modifikasi di bandingkan dengan suhu nyaman Kota Malang yang telah dihitung sebelumnya. Rentang suhu nyaman Kota Malang sebesar 22.50 °C – 27.50 °C.



Gambar 4.94 Perbandingan suhu simulasi eksisting, suhu modifikasi jendela, dan suhu nyaman

Penurunan suhu yang dilakukan melalui desain jendela berhasil menurunkan suhu sebesar 0.39°C. Perbandingan suhu pada grafik diatas menunjukkan bahwa suhu modifikasi berada di zona suhu nyaman pada pukul 16.30 sore hingga pukul 07.30 pagi. Pada pukul 7.30 – 16.30 suhu masih berada di luar zona nyaman. Penurunan suhu dengan modifikasi jendela telah berhasil, namun belum mencapai kondisi nyaman. Selisih terbanyak suhu modifikasi dengan suhu nyaman 5.70°C pada pukul 11.00.

#### 4.6.4 Modifikasi *shading device*

Upaya selanjutnya untuk menghindari panas matahari yang masuk ke dalam bangunan adalah dengan desain *shading device*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kinerja *shading device* dalam upaya penurunan suhu di dalam ruangan. Langkah-langkah yang dilakukan untuk memodifikasi *shading device* yang pertama adalah menentukan alternatif *shading device*, kemudian mensimulasikan alternatif *shading device* yang sudah ditentukan, kemudian hasil simulasi dibandingkan untuk mendapatkan alternatif yang mempunyai kinerja paling baik dalam menurunkan suhu.

Perbedaan orientasi menyebabkan perbedaan sudut datangnya sinar matahari. Sehingga desain *shading device* tiap orientasi memiliki desain yang berbeda. Modifikasi *shading device* akan dilakukan menggunakan *software* Autodesk Ecotect Analysis 2011. Pada kondisi eksisting, kamar tidur terdapat pada semua sisi bangunan, hanya saja pada sisi timur dan barat hanya terdapat beberapa saja. Sehingga modifikasi *shading device* dibagi menjadi empat berdasarkan orientasi jendela kamar tidur, yaitu orientasi utara, orientasi selatan, orientasi timur, dan orientasi barat.

## PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN

### 1. Penentuan alternatif *shading device*

Langkah pertama dalam melakukan modifikasi *shading device* adalah menentukan alternatif *shading device*. Pada kondisi eksisting, bangunan memiliki *vertical louvers* sebagai pembayang jendela dari panas sinar matahari. Lebar *louvers* adalah 1.00 m, jarak *louvers* dengan dinding kurang lebih sebesar 0.70 m, dan berada pada ketinggian 1.90 m dari lantai. Dengan kondisi eksisting yang sudah terdapat *vertical louvers* maka alternatif *shading device* yang dipilih adalah *overhang horizontal louvers in vertical plane* agar tidak mengubah tampilan asli dari bangunan asrama. Jenis *shading device* ini mengurangi lebar *overhang* karena sudah terdapat *louvers*, *shading* ini baik digunakan pada orientasi selatan, timur, dan barat (Lechner, 2015).

Penentuan lebar *overhang* berdasarkan sudut bayangan vertikal matahari (SBV). SBV merupakan sudut bayang yang dihasilkan oleh matahari berdasarkan ketinggian pada waktu tertentu. Lebar *overhang* ditentukan dengan melihat SBV pada waktu yang paling membutuhkan pembayang.

Berdasarkan orientasinya yang menghadap utara, fasad akan menerima banyak sinar matahari pada titik balik matahari pada 21 Juni. Untuk fasad selatan menggunakan tanggal 21 Desember. Sedangkan penentuan *shading* orientasi timur dan barat menggunakan tanggal 21 Maret. Sebelumnya telah dilakukan analisis visual pembayang pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00. Ketiga waktu tersebut mewakili waktu pagi, siang, dan sore hari. Selanjutnya akan dicari tahu SBV pada 21 Juni pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00. Acuan untuk menentukan lebar *overhang* adalah berdasarkan sudut SBV yang paling kecil. SBV dihitung menggunakan *software* Autodesk Ecotect Analysis 2011, yang sebelumnya telah diatur letaknya pada  $112,06^\circ - 112,07^\circ$  Bujur Timur dan  $7,06^\circ - 8,02^\circ$  Lintang Selatan. Posisi *overhang* diletakkan 0.30 m di atas jendela.

Tabel 4.38 SBV

	08.00	12.00	16.00
Utara	61.5°	73.9°	50.0°
Selatan	46.9°	58.8°	34°
Timur	34.9°	95.2°	155.4°
Barat	145°	84.8°	24.6°

Berdasarkan SBV yang didapatkan di tiga waktu di atas, diambil salah satu yang memiliki sudut paling kecil sebagai acuan untuk menentukan lebar *overhang*. Pada

PEMERSI utara menggunakan sudut  $50^\circ$  dari sudut pembayangan pukul 16.00. pada orientasi selatan menggunakan sudut  $34^\circ$  dari sudut pembayangan pada pukul 16.00. sedangkan pada orientasi timur menggunakan sudut  $34.9^\circ$  dari sudut pembayangan pukul 08.00. sedangkan pada orientasi barat menggunakan sudut  $24.6^\circ$  dari sudut pembayangan pada pukul 16.00. berikut ini merupakan alternatif modifikasi jendela.

Tabel 4.39 Gambar potongan modifikasi shading device

Orientasi	Alternatif	SBV	Tipe	Gambar potongan
Utara	1	$50^\circ$	<i>overhang</i> <i>horizontal</i> <i>louvers in</i> <i>vertical</i> <i>plane</i>	
	2		<i>overhang</i>	
Selatan	1	$34^\circ$	<i>overhang</i> <i>horizontal</i> <i>louvers in</i> <i>vertical</i> <i>plane</i>	
	2		<i>overhang</i>	

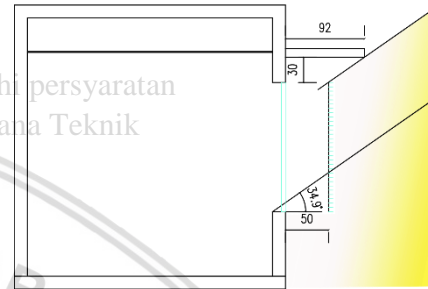


PENGARUH TIPE BUKAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN

Orientasi	Alternatif	SBV	Tipe	Gambar potongan
Timur	1	34.9°	overhang horizontal louvers in vertical plane	

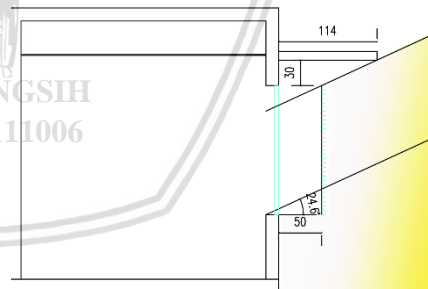
2 overhang

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



Barat	1	24.6°	louvers	
-------	---	-------	---------	--

2 overhang



## 2. Simulasi *shading device*

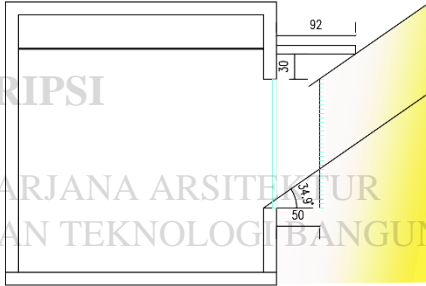

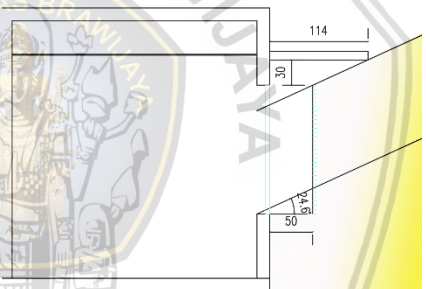
Simulasi shading device dibuat berdasarkan tanggal 26 Februari seperti pada simulasi sebelumnya agar dapat dibandingkan hasilnya. *Overhang* yang baik diletakkan 30 cm diatas kusen jendela (Lechner, 2015). Berikut ini merupakan hasil simulasi alternatif *shading device*.

MALANG  
2018

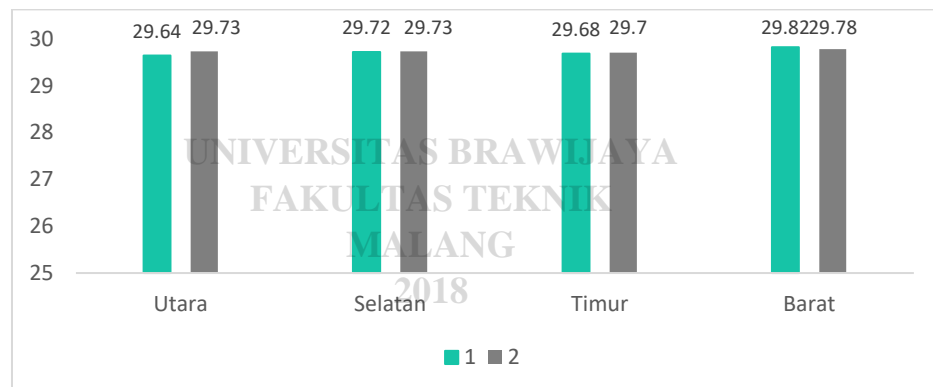
Tabel 4.40 Hasil simulasi shading device

Orientasi	Alternatif	Tipe	Gambar potongan	Hasil simulasi (°C)
Utara	1	overhang horizontal louvers in vertical plane		29.64
	2	overhang		29.73
Selatan	1	overhang horizontal louvers in vertical plane		29.72
	2	overhang		29.73
Timur	1	overhang horizontal louvers in vertical plane		29.68

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A (°C)

Orientasi	Alternatif	Tipe	Gambar potongan	Hasil simulasi (°C)
Timur	2	overhang		29.70
Barat	1	louvers		29.82
	2	overhang		29.78

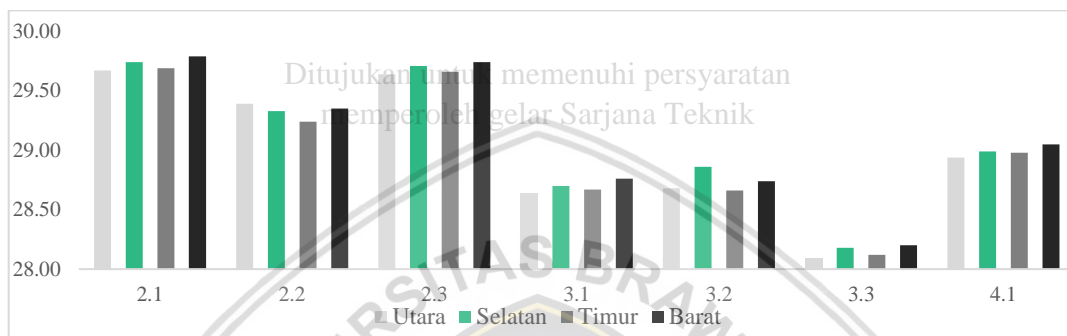
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada model ruang tidur 2.3, alternatif *shading device* yang memiliki kinerja paling baik terhadap penurunan suhu yaitu alternatif 1 orientasi utara dengan suhu rata-rata 29.64°C, alternatif 1 untuk orientasi selatan dengan suhu rata-rata 29.72°C, alternatif 1 untuk orientasi timur dengan suhu rata-rata 29.68°C, dan alternatif 2 untuk orientasi barat dengan suhu rata-rata 29.78°C.



Gambar 4.95 Suhu rata-rata modifikasi *shading device*

#### 4.7.5 Penerapan modifikasi desain jendela

Hasil modifikasi desain jendela kemudian diterapkan di semua ruang tidur dan dikondisikan ke orientasi utara, selatan, timur, dan barat. Hasil rata-rata simulasi kemudian dibandingkan antar orientasi. Hasilnya modifikasi desain jendela bekerja baik pada jendela ruang tidur 2.1, 2.3, 3.1, 3.3, dan 4.1 yang berorientasi ke arah utara. Dan pada jendela ruang tidur 2.2 dan 3.2 modifikasi jendela bekerja baik pada arah timur. Ruang tidur 3.3 merupakan ruang tidur yang memiliki rata-rata suhu paling rendah daripada lainnya.

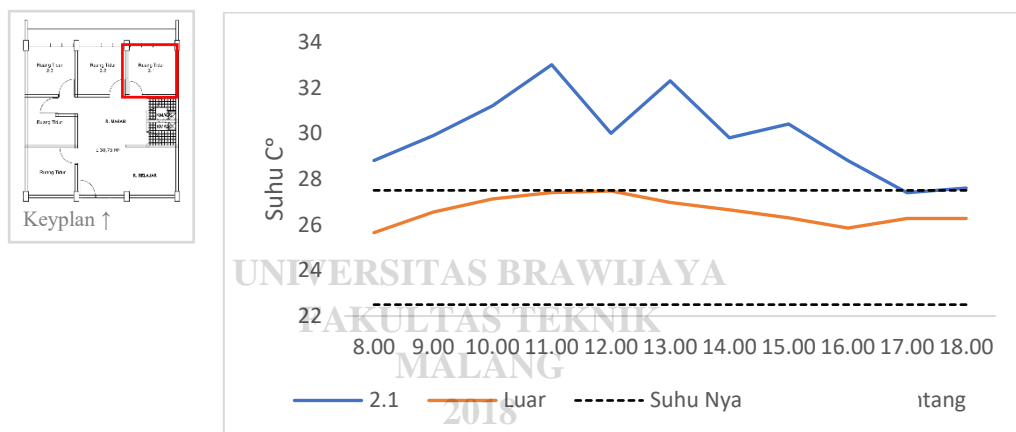


Gambar 4.96 Suhu rata-rata modifikasi *shading device*

#### 4.7.6 Analisis kenyamanan terhadap ventilasi

##### 1. Ruang Tidur 2.1

Setelah dilakukan modifikasi desain jendela, titik waktu suhu yang berada diluar suhu nyaman semakin berkurang, yaitu pada pukul 08.00-16.00. Suhu tertinggi terjadi pada pukul 11.00 dengan suhu 33°C. Suhu mulai turun secara signifikan pada pukul 15.00 dan pada pukul 17.00 suhu sudah berada di zona suhu nyaman. Suhu yang masih berada diluar zona suhu nyaman dianalisis dengan diagram kenyamanan ventilasi agar diketahui besaran kecepatan angin yang seharusnya terjadi pada pukul 08.00-16.00 kondisi ruangan nyaman.

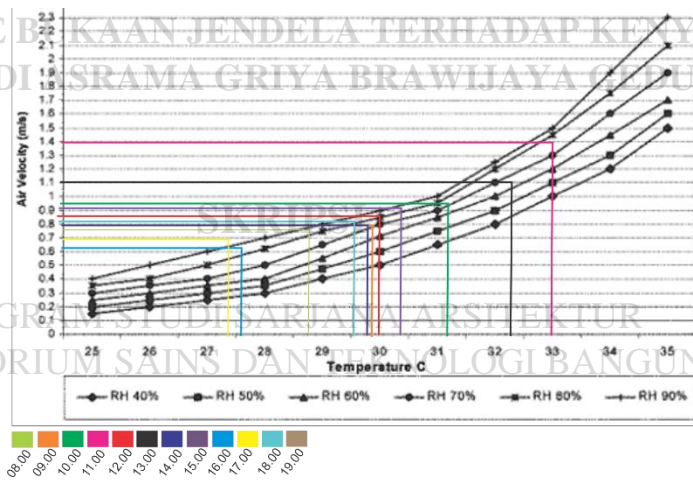


Gambar 4.97 Suhu ruang 2.1 setelah modifikasi desain jendela



PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI SRAMA GRIYA BRAWIJAYA GELUNG A

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN



Gambar 4.98 Analisis kenyamanan ventilasi ruang 2.1

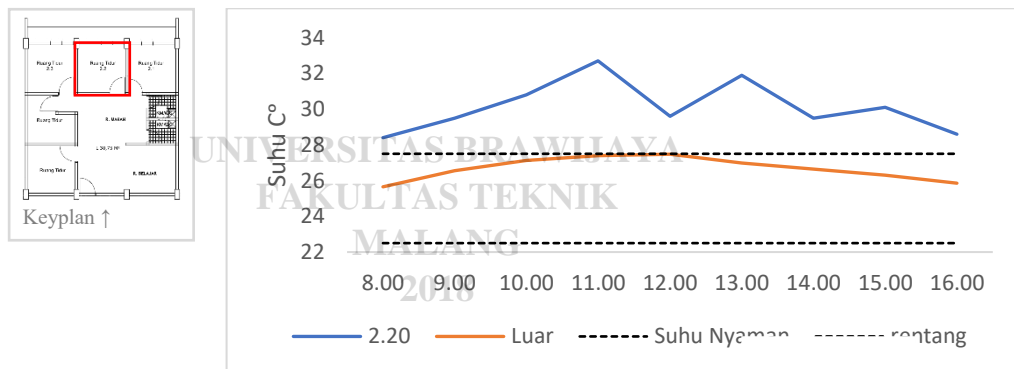
Setelah dilakukan analisis diatas didapatkan besaran kebutuhan kecepatan angin pada pukul 08.00-18.00. dimana suhu pada pukul 17.00 turun di zona suhu nyaman, namun pada pukul 18.00 suhu naik kembali keluar zona suhu nyaman. Didapatkan rata-rata kebutuhan kecepatan angin perhari yaitu 0.88 m/s.

Tabel 4.41 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.1

Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	Kec. Angin (m/s)
08.00	28.8	89	0.75
09.00	29.9	73	0.8
10.00	31.2	79.5	0.95
11.00	33	67.5	1.4
12.00	30	77	0.85
13.00	32.3	66	1.1
14.00	29.8	81	0.8
15.00	30.4	82.5	0.9
16.00	28.8	77.5	0.7
18.00	27.6	78.5	0.6
Rata-rata			0.88

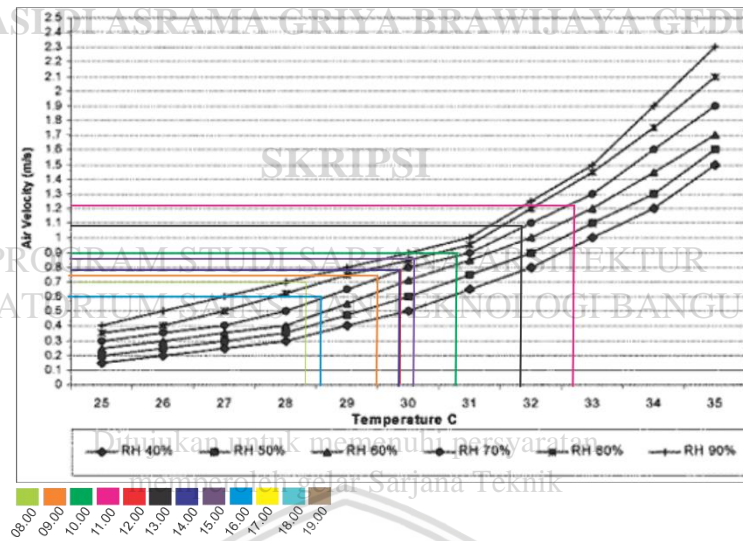
2. Ruang Tidur 2.2

Kondisi ruang tidur 2.2 setelah dilakukan modifikasi 2 mengalami penurunan suhu dan titik waktu yang berada diluar zona suhu nyaman semakin sedikit. Yaitu pada pukul 08.00-16.00, dimana suhu tertinggi pada pukul 11.00.



Gambar 4.99 Suhu ruang tidur 2.2 setelah modifikasi desain jendela

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN  
VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.100 Analisis kenyamanan ventilasi ruang 2.2

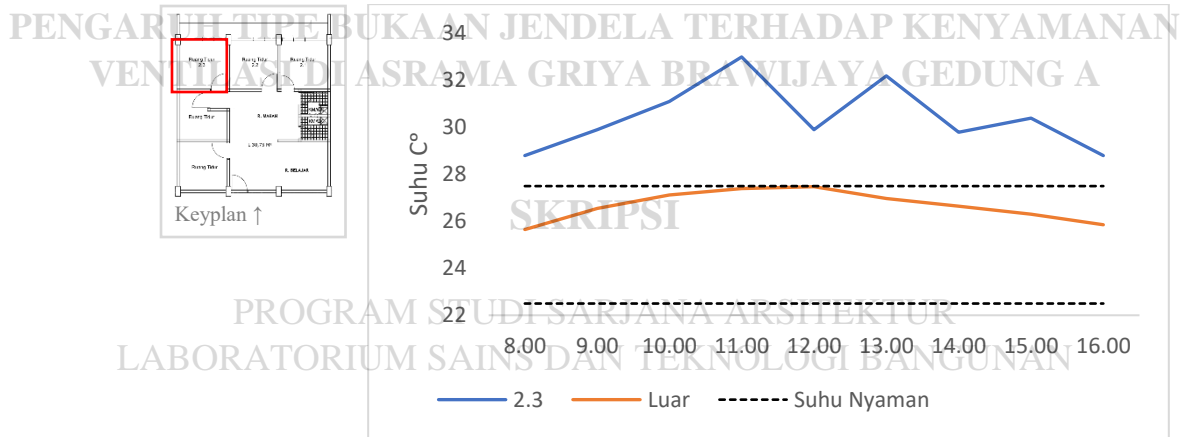
Setelah dilakukan analisis dengan diagram kenyamanan ventilasi, didapatkan besaran kebutuhan kecepatan angin untuk ruang tidur 2.2 pada pukul 08.00-16.00. rata-rata kebutuhan kecepatan angin perharinya sebesar 0.84 m/s.

Tabel 4.42 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.3 setelah rekomendasi

Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	28.4	87	0.7
09.00	29.5	73	0.75
10.00	30.8	71	0.9
11.00	32.7	70	1.2
12.00	29.6	67	0.8
13.00	31.9	69	1.05
14.00	29.5	70	0.78
15.00	30.1	70	0.85
16.00	28.6	71	0.6
17.00	27.5	90	-
18.00	27.4	85	-
19.00	26.7	-	-
Rata-rata			0.84

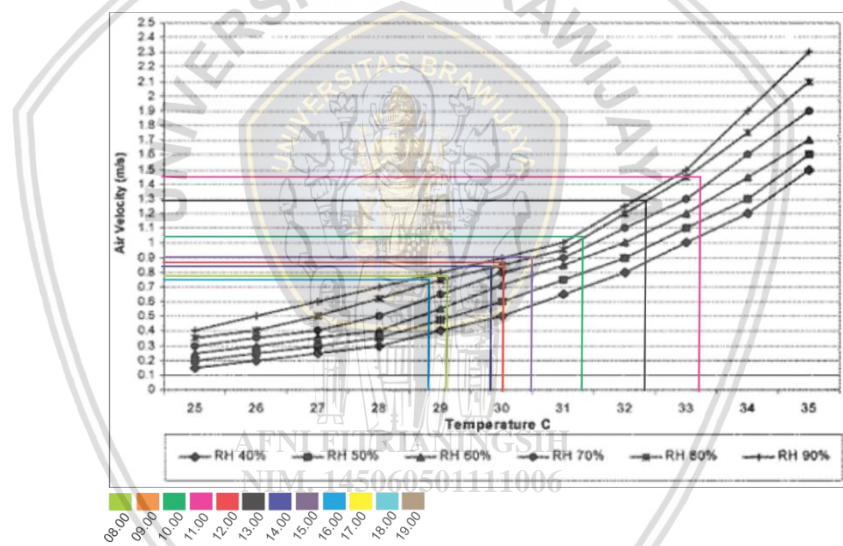
### 3. Ruang Tidur 2.3

Kondisi suhu di ruang 2.3 pada pukul 08.00 – 16.00 berada di luar zona suhu nyaman. Suhu terus meningkat secara signifikan dari pukul 08.00 hingga pukul 11.00 kemudian turun dan naik lagi pada pukul 13.00. Suhu yang paling tinggi pada pukul 11.00 dengan suhu mencapai 33°C dan selisih dengan suhu nyaman sebesar 5.5°C.



Gambar 4.101 Suhu ruang tidur 2.3 setelah modifikasi 2

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan kenyamanan ventilasi dengan menggunakan diagram *psychometrics* sehingga didapatkan kecepatan aliran angin yang dibutuhkan di dalam ruang tidur untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang.



Gambar 4.102 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 2.3 setelah rekomendasi

Dari analisis di atas, didapatkan jumlah kecepatan aliran angin yang dibutuhkan selama pukul 08.00 – 16.00 berdasarkan pengukuran suhu pada tanggal 26 Februari. Kebutuhan angin terbesar pada pukul 11.00 yaitu 1.40 m/s, dengan kondisi suhu 33°C dan kelembaban sebesar 75%. Sedangkan kebutuhan angin terkecil pada pukul 16.00 yaitu 0.75 m/s, dengan kondisi suhu 28.8°C dan kelembaban 83%.

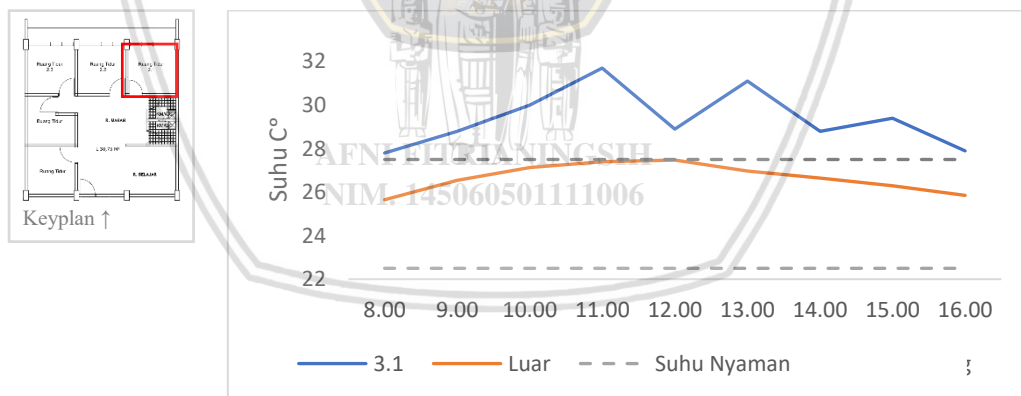


Tabel 4.43 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.3 setelah rekomendasi

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	kec angin (m/s)
08.00	28.8	83	0.8
09.00	29.9	78	0.85
10.00	31.1	86	1
11.00	33	75	1.4
12.00	29.9	84	0.85
13.00	32.2	80	1.2
14.00	29.8	82	0.85
15.00	30.4	84	0.9
16.00	28.8	83	0.75
17.00	27.4	74	-
18.00	27.6	89	-
19.00	26.8	80.5	-

#### 4. Ruang Tidur 3.1

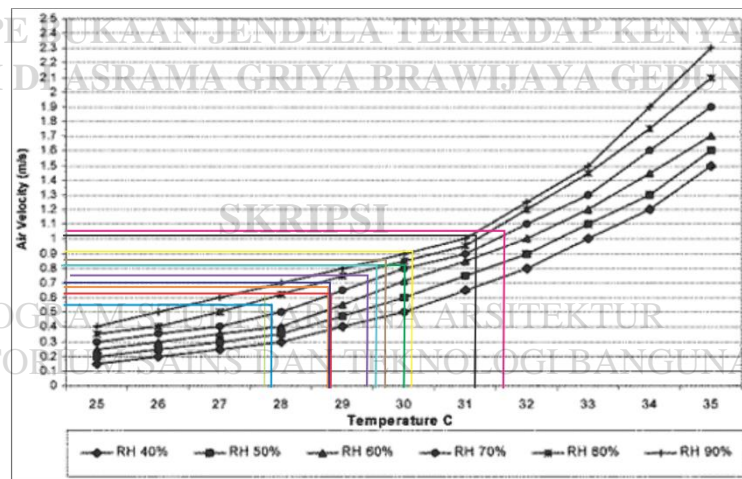
Ruang tidur 3.1 setelah dilakukan modifikasi suhu ruangan menurun, namun pada beberapa titik waktu masih berada diluar zona suhu nyaman yaitu pada pukul 08.00-16.00. pada pukul 08.00 suhu terus naik hingga pukul 11.00 dan suhu mulai turun signifikan pada pukul 15.00 hingga pada pukul 17.00 suhu sudah berada di zona suhu nyaman. Untuk itu dilakukan analisis kenyamanan ventilasi agar didapatkan kebutuhan aliran angin untuk menurunkan suhu ruangan.



Gambar 4.103 Suhu ruang tidur 3.1 setelah modifikasi 2



PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA GRIYA BRAWIJAYA GEDUNG A



Gambar 4.104 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.1

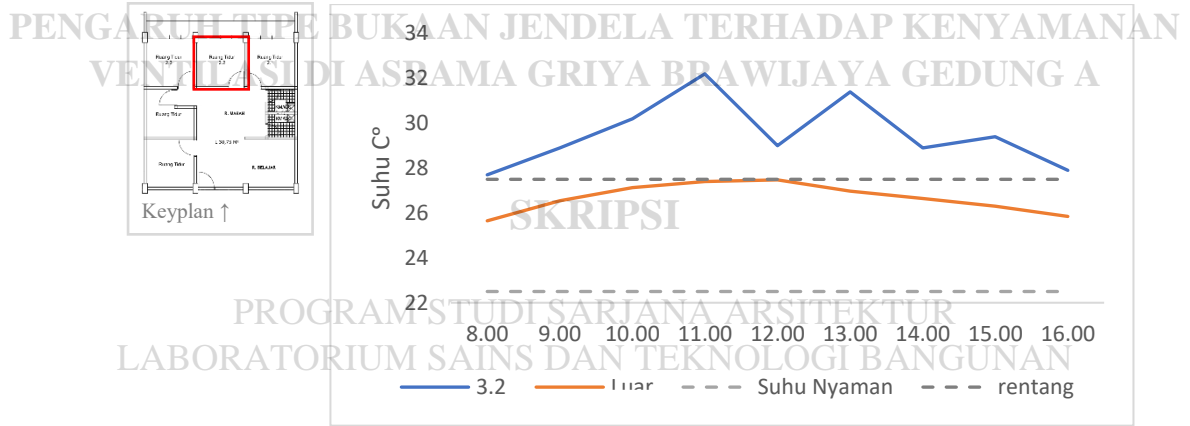
Berikut ini merupakan tabel hasil analisis kenyamanan ventilasi, didapatkan rata-rata kebutuhan kecepatan angin perharinya sebesar 0.75 m/s. Saat kondisi suhu tinggi kecepatan angin yang dibutuhkan juga semakin besar yaitu pada pukul 11.00 dan 13.00.

Tabel 4.44 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.1

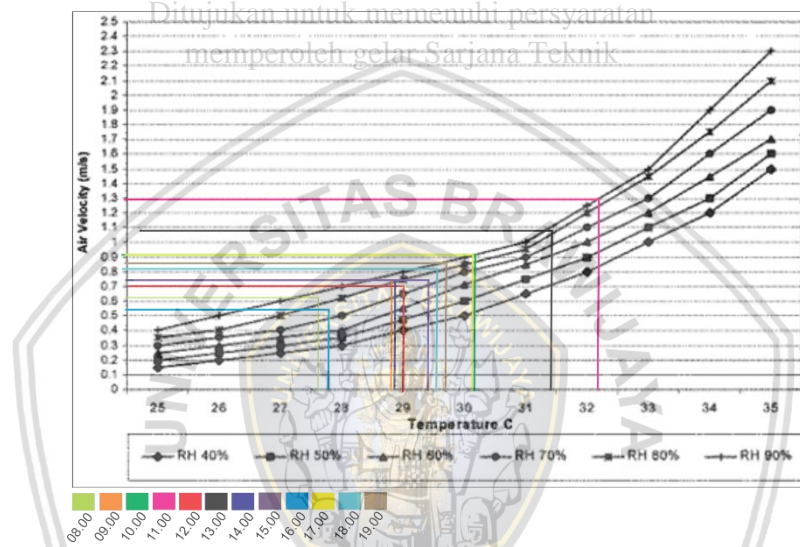
Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	27.8	82	0.6
09.00	28.8	76.5	0.65
10.00	30	77.5	0.8
11.00	31.7	73.5	1.05
12.00	28.9	69.5	0.65
13.00	31.1	88	1.00
14.00	28.8	79	0.7
15.00	29.4	74	0.75
16.00	27.9	75	0.55
17.00	26.5	-	-
18.00	26.8	-	-
19.00	26	-	-
Rata-rata			0.75

## 5. Ruang Tidur 3.2

Kondisi suhu ruang tidur 3.2 mulai menurun setelah dilakukan modifikasi desain jendela. rentang waktu yang masih berada diluar suhu nyaman berkurang, yaitu pada pukul 08.00-16.00. Suhu mengalami naik turun pada pukul 12 dan pukul 14.00 dan suhu mulai turun pada pukul 15.00 dan pada pukul 17.00 suhu sudah berada di zona suhu nyaman. Berikut merupakan analisis untuk mendapatkan kebutuhan kecepatan angin dengan menggunakan diagram *psycometrics*.



Gambar 4.105 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2



Gambar 4.106 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2

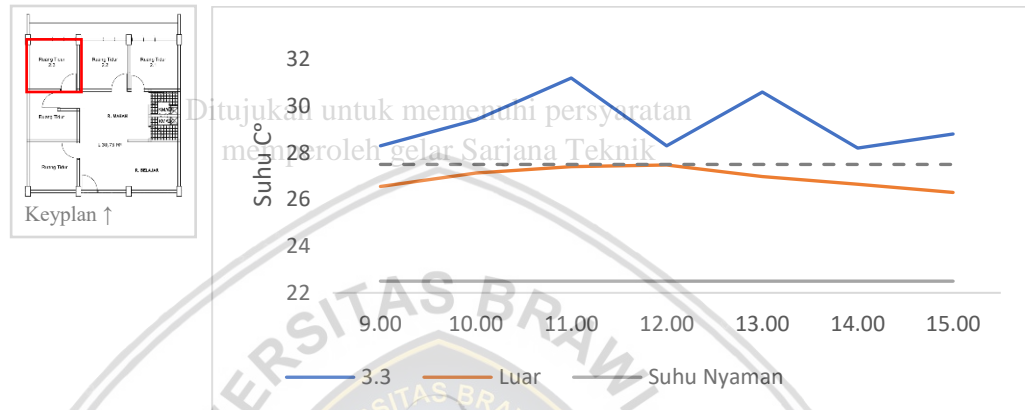
Setelah dilakukan analisis didapatkan kecepatan angin paling besar dibutuhkan pada saat suhu ruangan tinggi, yaitu sebesar 1.3 m/s. kebutuhan kecepatan angin rata-rata perhari untuk ruang tidur 3.2 sebesar 0.82 m/s.

Tabel 4.45 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 3.2

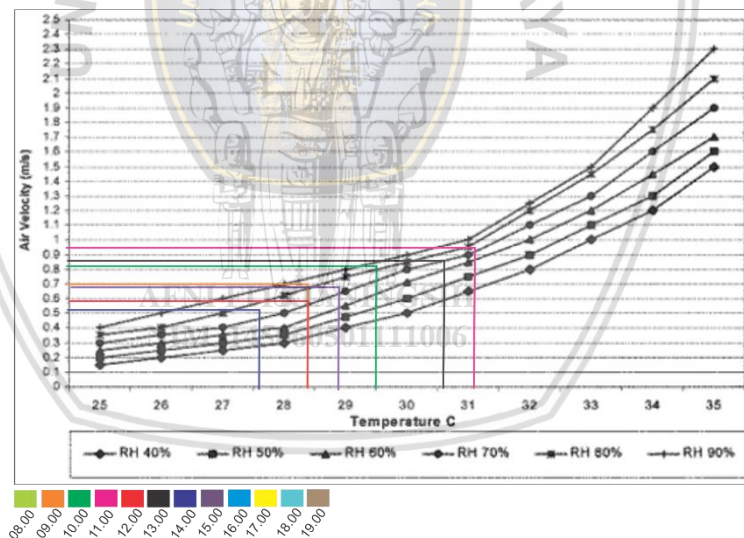
Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	27.7	89	0.63
09.00	28.9	86	0.75
10.00	30.2	91	0.9
11.00	32.2	83	1.3
12.00	29	76	0.75
13.00	31.4	82.5	1.08
14.00	28.9	83.5	0.75
15.00	29.4	77.5	0.75
16.00	27.9	75	0.55
17.00	26.4		-
18.00	26.3		-
19.00	25.8		-
Rata-rata			0.82

## 6. Ruang Tidur 3.3

Ruang tidur 3.3 berdasarkan analisis data pengukuran merupakan ruang yang memiliki suhu paling rendah. Namun kondisi suhunya masih berada diluar zona suhu nyaman pada pukul 09.00-15.00. suhu tertinggi pada pukul 11.00 yaitu sebesar 31.1°C. untuk itu dilakukan analisis kenyamanan ventilasi untuk mendapatkan besaran kebutuhan angin yang seharusnya pada ruang 3.3 untuk mencapai kenyamanan dalam ruang.



Gambar 4.107 Suhu ruang tidur 3.3 setelah modifikasi 2



Gambar 4.108 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 3.2

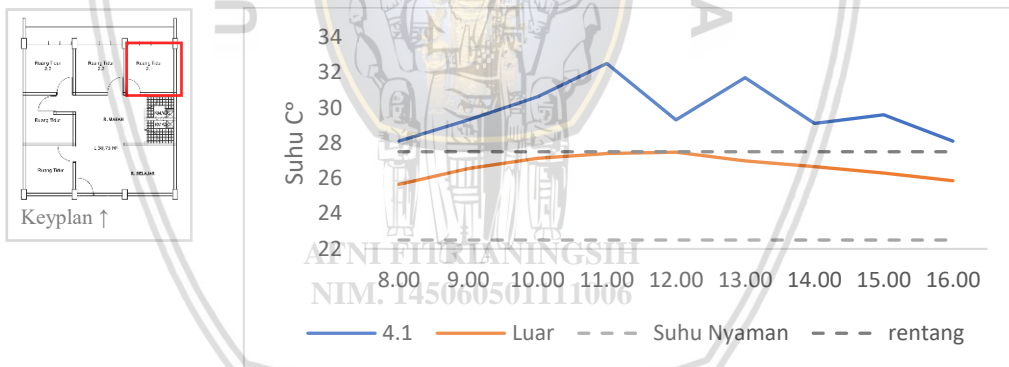
Rentang waktu yang masih berada di luar suhu nyaman adalah pada pukul 09.00-15.00. rata-rata kebutuhan kecepatan angin untuk ruang 3.3 adalah 0.72 m/s. rata-rata ini adalah yang paling rendah daripada ruangan lainnya.

Tabel 4.46 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 2.3 setelah rekomendasi

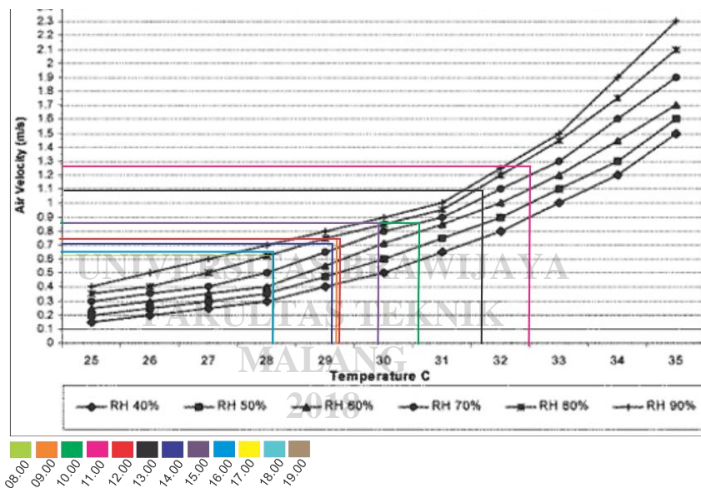
Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00			-
09.00	28.4	79	0.7
10.00	29.5	80	0.8
11.00	31.1	74	0.95
12.00	28.4	70.5	0.6
13.00	30.6	72	0.85
14.00	27.6	75.5	0.52
15.00	28.9	75.5	0.68
16.00			-
17.00			-
18.00	Ditujukan untuk memenuhi persyaratan		
19.00	memperoleh gelar Sarjana Teknik		
Rata-rata			0.72

6. Ruang Tidur 4.1

Ruang tidur 4.1 memiliki kondisi suhu yang masih berada di luar suhu nyaman pada pukul 08.00-16.00. suhu tertinggi pada pukul 11.00 dan 12.00 yaitu 32.5°C dan 31.7°C. sehingga dilakukan analisis kenyamanan ventilasi untuk mendapatkan kenyamanan ruang terutama pada pukul 08.00-16.00.



Gambar 4.109 Suhu ruang tidur 4.1 setelah modifikasi 2



Gambar 4.110 Analisis kenyamanan ventilasi ruang tidur 4.1

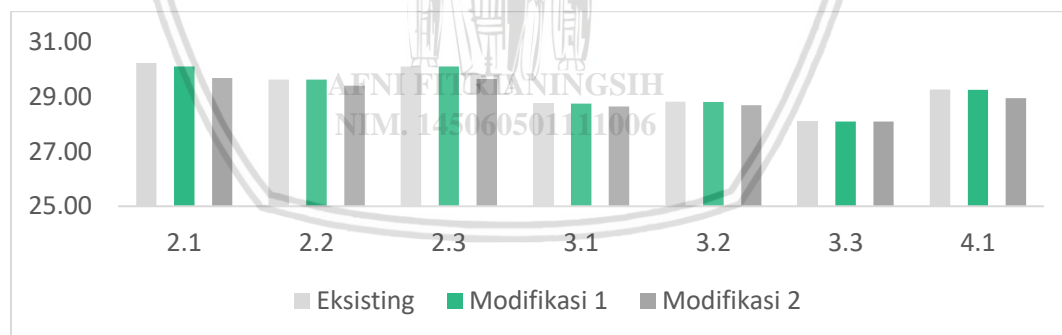


Berikut ini merupakan hasil analisis kenyamanan ventilasi, didapatkan rata-rata kebutuhan kecepatan angin perharinya sebesar 0.83 m/s. dan

Tabel 4.47 Kebutuhan kecepatan angin ruang tidur 4.1

Waktu	Temp. (°C)	Humidity (%)	kec angin (m/s)
08.00	28.1	80	0.62
09.00	29.3	79.5	0.75
10.00	30.6	74	0.85
11.00	32.5	76	1.28
12.00	29.3	74.5	0.72
13.00	31.7	76	1.1
14.00	29.1	74.5	0.7
15.00	29.6	82	0.85
16.00	28.1	81	0.65
Rata-rata			0.83

Berikut merupakan hasil kesimpulan dari untuk semua ruang yang telah analisis kenyamanan ventilasinya. Ruangan membutuhkan kecepatan angin tambahan untuk mencapai kenyamanan ventilasi mulai puku 08.00-16.00, kecuali ruang 3.3 yang membutuhkan hanya pada pukul 08.00-15.00. Hasil analisis kebutuhan kecepatan angin dirata-rata untuk dibandingkan dengan kecepatan angin eksisting, kebutuhan angin sebelum modifikasi, kebutuhan angin modifikasi 1 dan kebutuhan kecepatan angin modifikasi 2. Kebutuhan kecepatan angin untuk memenuhi kenyamanan ventilasi semakin menurun namun tidak signifikan, dan pada ruang 3.3 dan 4.1 meningkat 0.01 m/s dari sebelum modifikasi ke modifikasi 2.



Gambar 4.111 Perbandingan hasil analisis kenyamanan ventilasi

#### 4.8 Perbandingan Hasil Modifikasi

Hasil analisis eksisting, modifikasi jendela eksisting (modifikasi 1), dan modifikasi desain jendela (modifikasi 2) yang telah diterapkan di semua ruang tidur kemudian dibandingkan dengan 3 parameter hasil capaian, yaitu waktu yang membutuhkan tambahan kecepatan angin, rata-rata kecepatan angin yang dibutuhkan, dan rata-rata suhu. Untuk parameter waktu dipilih berdasarkan jumlah waktu yang paling sedikit membutuhkan tambahan kecepatan angin, parameter rata-

rata kecepatan angin dipilih berdasarkan rata-rata yang paling rendah, dan parameter rata-rata suhu dipilih berdasarkan rata-rata suhu yang paling rendah. Dari ketiga parameter tersebut, modifikasi 2 memiliki kinerja yang lebih baik, terlihat dari modifikasi 2 memenuhi hampir semua aspek. Berikut ini merupakan perbandingan hasil modifikasi jendela 1, modifikasi jendela 2 dengan kondisi eksisting.

Tabel 4.48 Perbandingan hasil modifikasi dengan eksisting

	2.1			2.2			2.3		
	Waktu	Rata-rata Kec. Angin (m/s)	Rata-rata suhu (°C)	Waktu	Rata-rata Kec. Angin (m/s)	Rata-rata suhu (°C)	Waktu	Rata-rata Kec. Angin (m/s)	Rata-rata suhu (°C)
Eksisting	08.00-18.00	0.82	30.23	08.00-18.00	1.00	29.62	08.00-18.00	1.00	30.09
Modifikasi 1	08.00-18.00	0.89	30.10	08.00-18.00	0.83	29.62	08.00-18.00	0.92	30.09
Modifikasi 2	08.00-16.00	0.88	29.67	09.00-16.00	0.84	29.39	09.00-16.00	0.9	29.64
Selisih	1 jam	-0.06	0.56	3 jam	0.16	0.23	3 jam	0.1	0.45
	3.1			3.2			3.3		
	Waktu	Rata-rata Kec. Angin (m/s)	Rata-rata suhu (°C)	Waktu	Rata-rata Kec. Angin (m/s)	Rata-rata suhu (°C)	Waktu	Rata-rata Kec. Angin (m/s)	Rata-rata suhu (°C)
Eksisting	08.00-16.00	1.00	28.74	08.00-16.00	1.00	28.82	09.00-15.00	0.55	28.11
Modifikasi 1	08.00-16.00	0.76	28.74	08.00-16.00	0.84	28.80	09.00-15.00	0.71	28.08
Modifikasi 2	09.00-16.00	0.75	28.64	08.00-16.00	0.82	28.68	09.00-15.00	0.72	28.08
Selisih	1 jam	0.25	0.1	-	0.18	0.14	-	-17	0.03
	4.1								
	Waktu	Rata-rata Kec. Angin (m/s)		Rata-rata suhu (°C)					
Eksisting	08.00-16.00	0.82		29.25					
Modifikasi 1	08.00-16.00	0.87		29.24					
Modifikasi 2	08.00-16.00	0.83		28.94					
Selisih	-	-0.01		0.31					

PENGARUH TIPE BUKAAN JENDELA TERHADAP KENYAMANAN VENTILASI DI ASRAMA UNIVERSITAS BRAWIJAYA GEDUNG A

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan mencangkup kenyamanan ventilasi dan bukaan jendela. Hasil pengukuran kondisi eksisting menunjukkan bahwa suhu masih berada di luar suhu nyaman Kota Malang dan membutuhkan kecepatan angin tambahan untuk mencapai kenyamanan ventilasi. Perubahan sudut jendela *awning* dan *casement* menjadi 30° mampu menghasilkan penurunan suhu meskipun masih berada diluar zona suhu nyaman Kota Malang. Tipe jendela yang memiliki kinerja yang cukup baik dalam menurunkan suhu adalah tipe kisi (Nugroho, 2013), *awning*, dan *horizontal pivot*. Modifikasi jendela yang paling sesuai untuk ruang tidur asrama adalah jendela tipe kisi (Nugroho, 2013) dengan dimensi jendela 1.00m x 1.50m, menghasilkan penurunan suhu sebesar 0.39°C. Perubahan *shading device* dari *louver* menjadi *overhang horizontal louvers in vertical plane* mampu menurunkan suhu dan mengurangi panjang *overhang*. Modifikasi pada jendela dan *shading device* memberikan penurunan suhu sebesar 0.45°C.

Penurunan suhu pada beberapa titik waktu masih membutuhkan tambahan kecepatan angin agar mencapai kenyamanan ventilasi. penggunaan jendela *awning* sesuai dengan model (Kindangen, 2003) dengan sudut 30° menjadi 60° dapat meningkatkan kecepatan angin hingga 26%. Hal ini dapat diterapkan pada ruang tidur asrama sehingga dicapai kenyamanan ventilasi.

### 5.2 Saran

Hasil penelitian yang telah dilakukan ini memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan. Kekurangan tersebut dapat menjadi saran untuk diperbaiki dan kelebihan tersebut dapat dijadikan saran untuk dapat diterapkan manfaatnya. Berikut ini adalah beberapa saran yang diberikan kepada masing-masing pihak terkait kelebihan dan kekurangan dalam penelitian.

1. Pihak akademisi
  - a. Dalam penelitian ini tidak dilakukan simulasi kecepatan angin sehingga terdapat beberapa kesulitan dalam melakukan analisis terhadap kecepatan angin. Simulasi dapat dilakukan dengan program berbasis CFD seperti ANSYS.

b. Pendekatan pendinginan alami selain melalui jendela juga dapat diterapkan melalui pendekatan material selubung bangunan yang sesuai dengan kondisi iklim setempat.

c. Simulasi pembayangan dapat lebih akurat jika disimulasikan menggunakan Ecotect untuk mengetahui paparan sinar matahari terhadap fasad yang diteliti.

## 2. Pihak Universitas Brawijaya

a. Perancangan asrama mahasiswa sebaiknya mempertimbangkan orientasi dan elemen jendela sebagai kriteria desain untuk kenyamanan mahasiswa yang menghuni asrama. Seperti yang diketahui kegiatan utama mahasiswa di asrama adalah beristirahat dan belajar dan ruang tidur digunakan selama 24 jam, dimana kegiatan tersebut membutuhkan kenyamanan.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018



## PENGARUH TIPE BUKAAN DAFTAR PUSTAKA TERHADAP KENYAMANAN

Achmadi, U. F. 2008. *Dampak Perubahan Iklim Dalam Perspektif Kesehatan Lingkungan*.

Seminar Kipnas IX. November 22. Jakarta.

Amelia, Citra. 2016. *Kajian Sistem Buka-an Kamar Tidur Asrama Beiyuan Gxnu Terhadap Kenyamanan Termal Dan Pencahayaan Alami Ruang*. Bandung: Serat Rupa Journal of Design. Vol. 1, No.2: 275-288.

Frick, Heinz dan Mulyani, Tri Hesti. 2006. *Arsitektur Ekologis*. seri eko-arsitektur 2. Yogyakarta: Kanisius.

.Razak, Humairoh., Gandarum, Dedes Nur., Juwana, Jimmy Siswanto. 2015. *Pengaruh Karakteritik Ventilasi dan Lingkungan terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Kelas SMPN di Jakarta Selatan*. AGOR. Vol.15, No.2.

Karyono, Tri Harso. 2001. *Penelitian Kenyamanan Termis di Jakarta Sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia*. Dimensi Teknik Arsitektur. Vol.29, No. 1.

Kindangan, Jefri I. 2003. *Pengaruh Tipe Jendela Terhadap Pola Aliran Udara Dalam Ruang*. Dimensi Teknik Arsitektur. Vol.31, No.2.

Koenigsberger, Otto H. 1975. *Manual of tropical housing & building*. Orient Blackswan.

Lechner, Norbert. 2015. *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects*. John wiley & sons.

Lippsmeier, G. 1997. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga

Nugroho, Agung Murti., Ahmad MH, Ossen DR. 2007. *A Preliminary Study of Thermal Comfort in Malaysia's Single Storey Terraced Houses*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering.

Padmanabhan Nayar, Priyanka. 2012. *Improving thermal comfort in residential spaces in the wet tropical climate zones of India using passive cooling techniques: A study using computational design methods*. University of Southern California.

Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta.

MALANG

2018