

Pengaruh Tipe Buka-an Jendela Terhadap Kenyamanan Ventilasi di Asrama Griya Brawijaya Blok A

Afni Fitrianiingsih¹ dan Agung Murti Nugroho²

¹ Mahasiswa Program Sarjana Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: fitriafni770@gmail.com

ABSTRAK

Asrama Griya Brawijaya merupakan bangunan yang menggunakan penghawaan dan pencahayaan alami. 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. Dimana setelah dilakukan modifikasi pada jendela, tipe jendela yang memiliki kinerja cukup baik dalam menurunkan suhu adalah tipe kisi, *awning*, dan *horizontal pivot*. Kinerja jendela kisi dengan penurunan suhu sebesar 0.39°C sedangkan kinerja *shading device* didapatkan penurunan suhu ruang hingga 0.06°C. Perubahan aliran angin tetap diperlukan untuk mencapai kenyamanan ventilasi.

Kata kunci: jendela, pengkondisian alami, kenyamanan ventilasi

ABSTRACT

Griya Brawijaya dormitory is a building that uses natural ventilation and lighting. But the temperature conditions inside the building is higher than the temperature outside, so it needs 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, wind velocity, humidity, and physical measurement of buildings obtained through direct survey. Where after modifications to the window, the type of window that has a good enough performance in lowering the temperature is the type of jalousi, awnings, and horizontal pivot. The performance of the jalousi with a temperature decrease of 0.39°C while the performance of shading device obtained decrease in room temperature up to 0.06°C. Changes in wind flow are still required to achieve the comfort of ventilation.

Keywords: window, natural conditioning, comfort ventilation

1. Pendahuluan

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 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). 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.

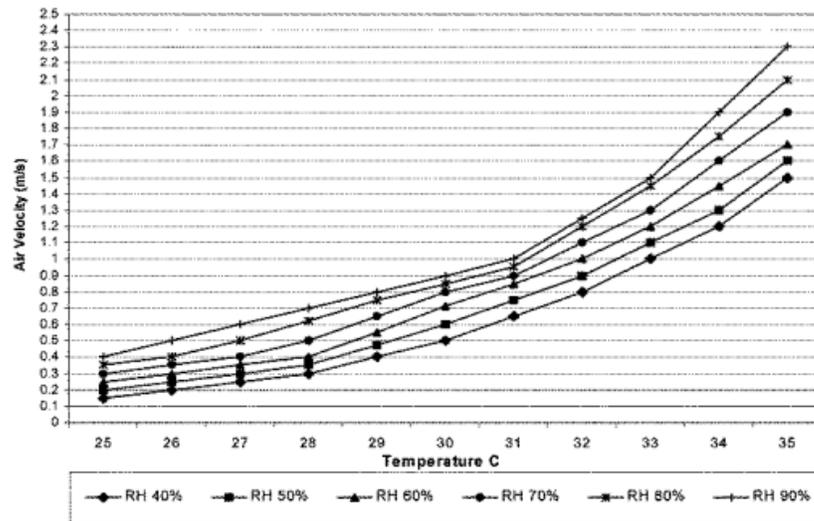
Sistem pemenuhan kebutuhan pencahayaan dan penghawaan pada asrama menggunakan konsep pencahayaan dan penghawaan alami. Berdasarkan hasil survey awal menunjukkan bahwa kondisi di dalam bangunan memiliki suhu yang lebih tinggi dari pada suhu luar. Hal ini menunjukkan bahwa jendela yang diterapkan pada 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.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan eksperimental dengan *software* Autodesk Ecotect Analisis 2011. Data fisik bangunan dan pengukuran diperoleh melalui survey lapangan secara langsung. Kondisi visual bangunan dan iklim Kota Malang dianalisis dengan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Sedangkan analisis kinerja jendela menggunakan metode eksperimental. Hasil simulasi alternatif jendela dibandingkan, kemudian dipilih satu alternatif yang memiliki penurunan suhu paling banyak. Alternatif terpilih dianalisis dengan menggunakan diagram kenyamanan ventilasi Nugroho (2007)

untuk mengetahui besarnya kebutuhan kecepatan angin agar mencapai kenyamanan ventilasi sesuai dengan diagram dibawah ini.



Gambar 2.3 Kebutuhan kecepatan angin untuk kenyamanan ventilasi
 Sumber: Nugroho *et al.* (2007)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Suhu Kota Malang

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. Selanjutnya data ini digunakan untuk menghitung suhu netral Kota Malang menggunakan persamaan Szokolay.

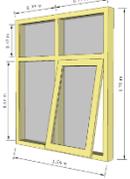
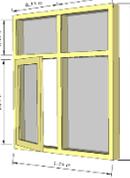
$$\begin{aligned}
 T_n &= 17.6 + 0.31 \text{ suhu rata-rata bulanan} \\
 &= 17.6 + 0.31 (23.90^\circ\text{C}) \\
 &= 25.00^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Hasil dari persamaan tersebut menunjukkan suhu netral sebesar 25.00°C. Batasan suhu yang dapat diterima oleh manusia sebagai suhu nyamannya adalah berada pada rentang 5°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°C dan batas terendah suhu nyamannya adalah $T_n - 2.5^\circ\text{C}$, yaitu sebesar 22.50°C. berdasarkan perhitungan tersebut suhu nyaman Kota Malang berada pada rentang 22.50°C-27.50°C.

3.2 Analisis Jendela Eksisting

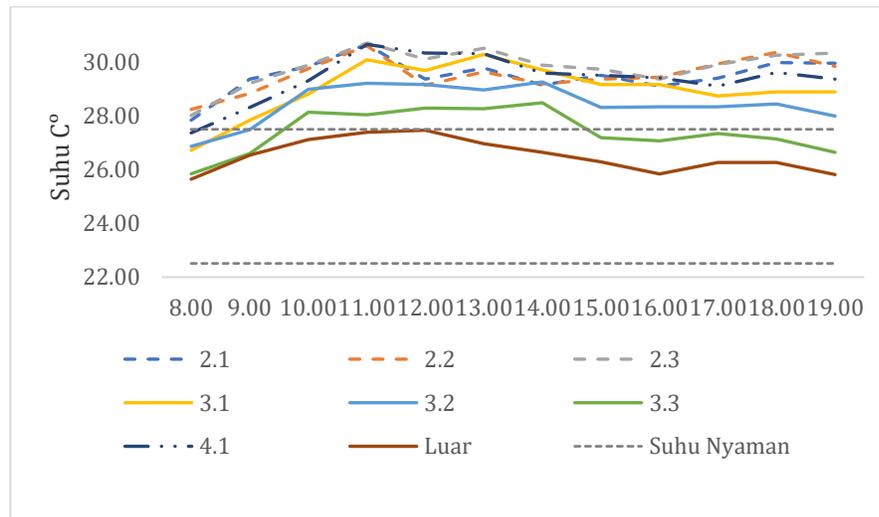
Jendela eksisting di asrama Griya Brawijaya blok A terdiri dari 2 jenis, yaitu *awning* dan *casement*. Jendela di analisis dimensi dan posisinya berdasarkan standar dan teori bukaan jendela. Hasil analisis menunjukkan bahwa jendela *awning* masih belum memenuhi teori Lechner dan standar SNI 03-6572-2001. Perbedaan ini mempengaruhi jumlah aliran angin yang masuk, sehingga terdapat perbedaan tingkat kenyamanan ventilasi dalam ruang.

Tabel 1. Analisis jendela eksisting

Jendela	Dimensi		Posisi (ketinggian manusia ($\leq 2m$))	Tipe
	Lechner, 2015 (20% luas lantai)	SNI 03-6572-2001 (5% luas lantai)		
 Jendela A	Tidak terpenuhi	Tidak terpenuhi	Tepenuhi	<i>Awning</i>
 Jendela B	Tidak terpenuhi	Tepenuhi	Tepenuhi	<i>Casement</i>

3.3 Analisis Data Pengukuran

Data pengukuran berupa pengukuran suhu ruang dalam dan luar, kecepatan angin, dan kelembapan yang didapatkan dengan survey lapangan. Pengukuran suhu selama 2 hari dirata-rata perjamnya dan dibandingkan dengan suhu nyaman Kota Malang. Kondisi suhu luar berada di dalam zona suhu nyaman sedangkan pada luar ruangan berada pada suhu nyaman pada pagi dan sore hari. Ruang yang memiliki suhu paling rendah adalah ruang 3.3 dan suhu paling tinggi 2.3



Gambar 1. Rata-rata suhu perjam terhadap suhu nyaman

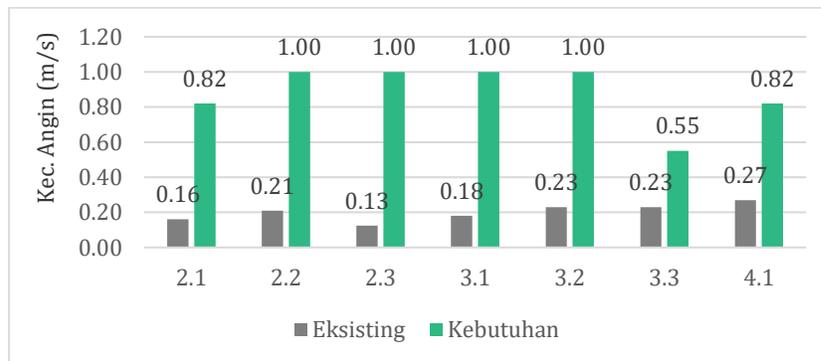
Suhu ruang yang masih berada diluar zona nyaman di analisis menggunakan diagram *psichometric* kenyamanan ventilasi. Hal ini untuk mengetahui kecepatan angin yang seharusnya dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang. Ruang yang membutuhkan tambahan kecepatan angin selama pukul 08.00-19.00 adalah ruang 2.2, 2.3,

dan 4.1. Sedangkan ruang tidur yang paling sedikit membutuhkan kecepatan angin yaitu pada ruang 3.3 yaitu pada pukul 12.00-17.00 dan kecepatan angin yang rendah.



Gambar 2. Kebutuhan angin dalam ruang

Hasil analisis kebutuhan kecepatan angin dirata-rata untuk dibandingkan dengan kecepatan angin eksisting. Pada ruang 2.2, 2.3, 3.1, dan 3.2 kecepatan angin yang dibutuhkan mencapai 1 m/s. Ruangan yang memiliki selisih paling banyak adalah ruang 2.3 dengan selisih kebutuhan kecepatan angin 0.82 m/s. Ruang 2.3 memiliki kondisi suhu ruang dan selisih kebutuhan angin paling tinggi, sehingga ruangan ini dijadikan sebagai model simulasi untuk tahap modifikasi selanjutnya.



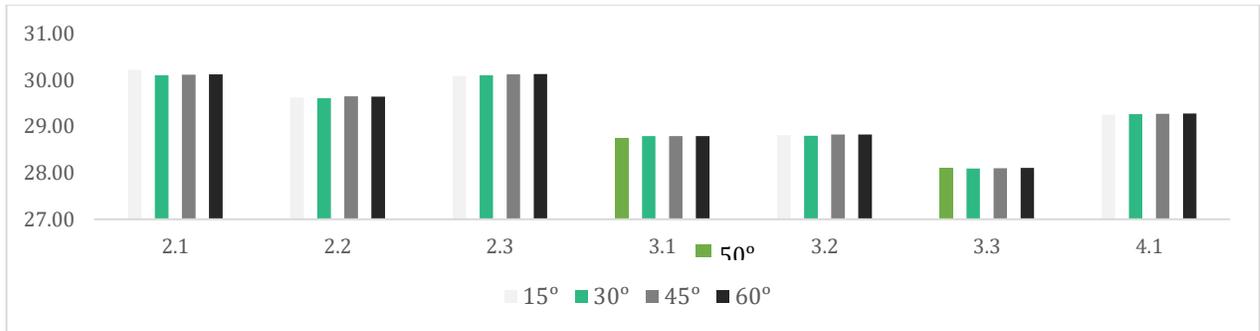
Gambar 3. Selisih kecepatan angin eksisting dan kebutuhan kecepatan angin

3.4 Modifikasi Jendela Eksisting

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

Modifikasi dilakukan untuk 7 jendela pada ruangan yang diteliti. Jendela eksisting tipe *awning* memiliki sudut bukaan maksimal sebesar 15° dan tipe *casement* memiliki bukaan maksimal sebesar 50°. Alternatif sudut bukaan merujuk pada penelitian Kindangen (2003) yang menggunakan sudut bukaan jendela sebesar 30°, 45°, dan 60°. Modifikasi menggunakan *software* Ecotect 2011 menghasilkan suhu yang tidak jauh berbeda dengan

suhu eksisting (Gambar 4). Hasil simulasi menunjukkan 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 3. Rata-rata hasil simulasi modifikasi sudut bukaan

3.4 Modifikasi Desain Jendela

Modifikasi desain jendela dilakukan secara bertahap, mulai dari dimensi, posisi, dan tipe jendela. Kemudian dilakukan modifikasi *shading device* untuk memaksimalkan hasil penurunan suhu. Parameter pemilihan modifikasi ditentukan dari hasil simulasi modifikasi yang mampu menurunkan suhu paling banyak. Modifikasi dilakukan pada jendela ruang tidur 2.3, kemudian hasilnya akan diterapkan pada jendela ruang tidur lainnya.

Dimensi jendela mempengaruhi jumlah masuknya panas dan angin ke dalam ruang. Dimensi jendela eksisting adalah 1.36 m x 1.14 m. 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. Perpaduan beberapa variasi dimensi tersebut menghasilkan 15 alternatif dimensi. Hasil simulasi suhu terendah terdapat pada alternatif o dengan dimensi 1.00 m x 1.50 m, dengan luas dimensi 18% dari luas lantai, yaitu 30.28°C. Berikut merupakan hasil simulasi modifikasi dimensi.

Tabel 2. Hasil simulasi modifikasi dimensi

Alternatif	Dimensi		Hasil simulasi (°C)
	Tinggi (m)	Lebar (m)	
a		0.50	32.17
b	0.5	0.75	30.40
c		1.00	30.39
d		0.50	30.44
e	0.75	0.75	30.42
f		1.00	30.34
g		0.50	30.32
h	1.00	0.75	30.42
i		1.00	30.33
j		0.50	30.39
k	1.25	0.75	30.41
l		1.00	30.30
m		0.50	30.37
n	1.50	0.75	30.38
o		1.00	30.28

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. 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. Alternatif posisi o-2 menghasilkan suhu yang paling rendah, yaitu dengan penurunan suhu sebesar 0.02°C. Berikut merupakan hasil simulasi modifikasi posisi.

Tabel 3. Hasil simulasi modifikasi dimensi

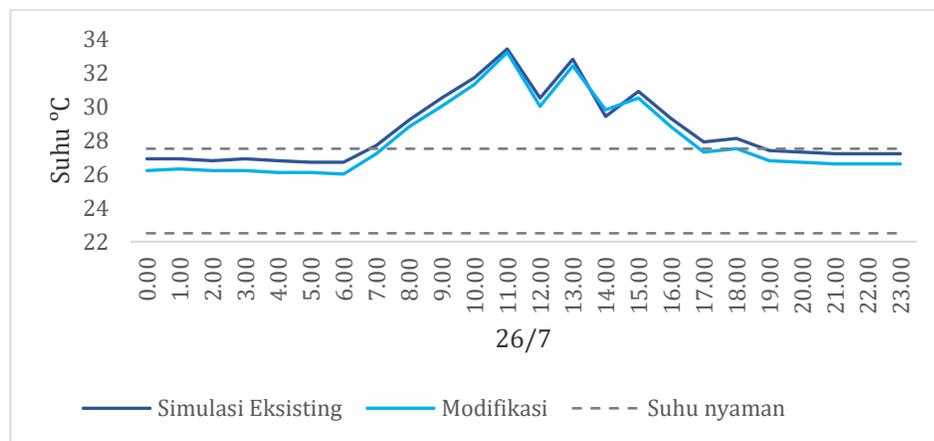
Alternatif	Posisi	Hasil simulasi (°C)
o-1	+0.50	30.31
o-2	+0.75	30.27
o-3	+1.00	30.26

Modifikasi tipe jendela dilakukan pada alternatif o-2 dengan dimensi 1.50m x 1.00m dan berada di posisi +0.75m dari ketinggian lantai. Tipe jendela yang akan di simulasikan berjumlah sepuluh tipe dan beberapa tipe jendela akan di kombinasikan dengan sudut bukaan. Sehingga menghasilkan 23 alternatif modifikasi tipe jendela. dari ke 23 alternatif tersebut tipe jendela yang memiliki kinerja yang baik dalam penurunan suhu adalah jendela tipe kisi (Nugroho, 2013), *awning*, dan horizontal pivot. Berikut merupakan hasil simulasi modifikasi tipe jendela.

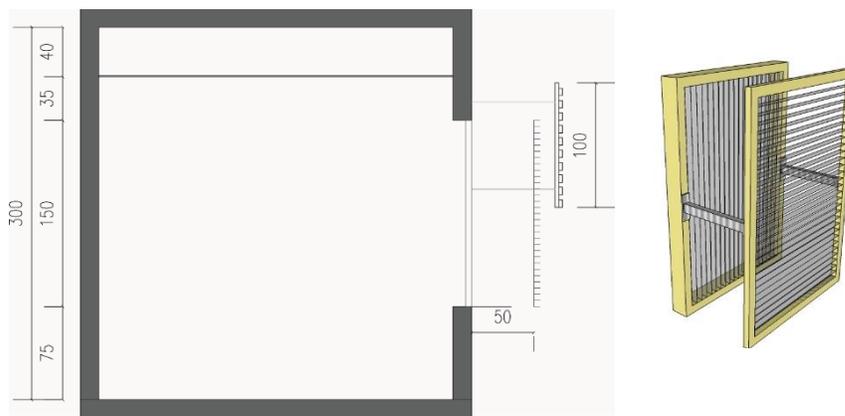
Tabel 4. Hasil simulasi modifikasi dimensi

Alternatif	Tipe jendela	Keterangan	Hasil simulasi (°C)
o-2-1	<i>Awning</i>	30°	29.84
o-2-2		45°	29.98
o-2-3		60°	29.88
o-2-4	<i>Hopper</i>	30°	29.96
o-2-5		45°	29.97
o-2-6		60°	29.95
o-2-7	Kisi (Nugroho, 2013)	90°	29.70
o-2-8	Naco	45°	30.06
o-2-9		90°	30.30
o-2-10		135°	30.31
o-2-11	Casement	30°	29.89
o-2-12		45°	29.89
o-2-13		60°	29.90
o-2-14	Horizontal pivot	30°	29.91
o-2-15		45°	29.93
o-2-16		60°	29.88
o-2-17	Vertical pivot	45°	30.31
o-2-18		60°	30.19
o-2-19		120°	29.91
o-2-20		135°	30.23
o-2-21	Single hung	45%	30.28
o-2-22	Double hung	45%	30.28
o-2-23	Slider	45%	32.13

Hasil simulasi pada alternatif o-2-1 tipe jendela kisi (Nugroho, 2013) 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. 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.



Gambar 4. Perbandingan suhu simulasi eksisting, suhu modifikasi jendela, dan suhu nyaman



Gambar 5. (a) Potongan modifikasi terpilih (b) Tipe jendela kisi (Nugroho, 2013)

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. 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*

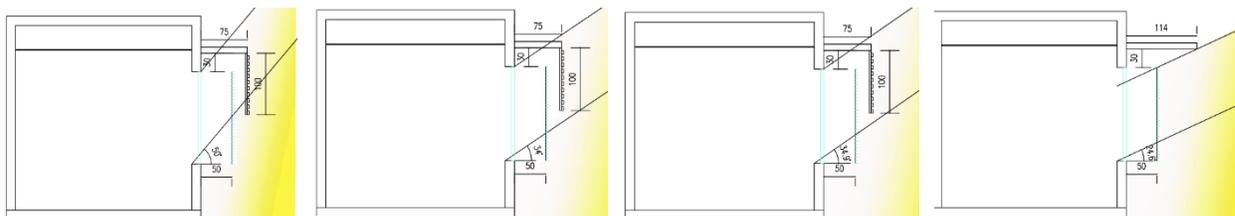
maka alternatif *shading device* yang dipilih adalah *overhang horizontal louvers in vertical plane* agar tidak mengubah tampilan asli dari bangunan asrama. Jenis *shading device* ini mengurangi lebar *overhang* karena sudah terdapat *louvers*, *shading* ini baik digunakan pada orientasi selatan, timur, dan barat (Lechner, 2015).

Penentuan lebar *overhang* berdasarkan sudut bayangan vertikal matahari (SBV). Pada sisi utara menggunakan sudut 50° dari sudut pembayangan pukul 16.00. pada orientasi selatan menggunakan sudut 34° dari sudut pembayangan pada pukul 16.00. sedangkan pada orientasi timur menggunakan sudut 34.9° dari sudut pembayangan pukul 08.00. sedangkan pada orientasi barat menggunakan sudut 24.6° dari sudut pembayangan pada pukul 16.00. Berikut merupakan hasil simulasi *shading device*.

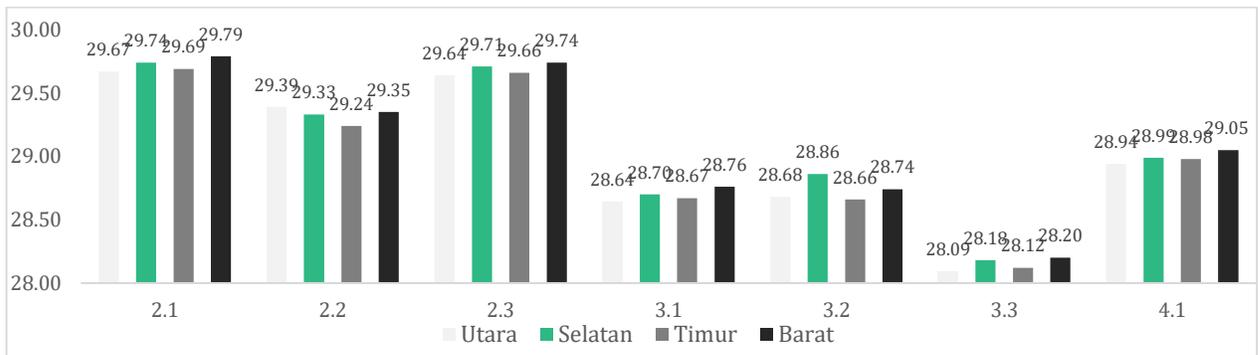
Tabel 4. Hasil simulasi modifikasi *shading device*

Orientasi	Alternatif	Type	Hasil simulasi (°C)
Utara	1	<i>Overhang horizontal louvers in vertical plane</i>	29.64
	2	<i>Overhang</i>	29.73
Selatan	1	<i>Overhang horizontal louvers in vertical plane</i>	29.72
	2	<i>Overhang</i>	29.73
Timur	1	<i>Overhang horizontal louvers in vertical plane</i>	29.68
	2	<i>Overhang</i>	29.70
Barat	1	<i>Louvers</i>	29.82
	2	<i>Overhang</i>	29.78

Berdasarkan hasil simulasi diatas, 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 . Berikut merupakan hasil modifikasi yang diterapkan pada semua ruang ruang tidur.

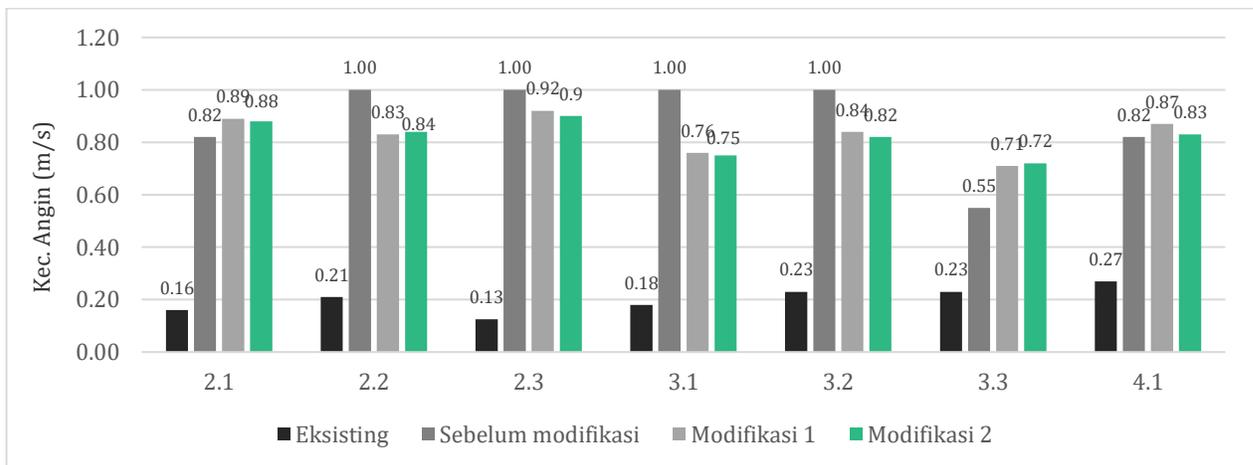


Gambar 6. Potongan modifikasi terpilih (a) utara (b) selatan (c) timur (d) barat



Gambar 7. Suhu rata-rata modifikasi *shading device*

Suhu ruang yang masih berada diluar zona nyaman di analisis menggunakan diagram *psichometric* kenyamanan ventilasi. Hal ini untuk mengetahui kecepatan angin yang seharusnya dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan ventilasi dalam ruang. 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 8. Perbandingan kecepatan angin eksisting dan kebutuhan kecepatan angin

3.5 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 5. Perbandingan eksisting dan hasil modifikasi

	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				

4. 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, *awning*, dan *horizontal pivot*. Modifikasi jendela yang paling sesuai untuk ruang tidur asrama adalah jendela tipe kisi 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.

Daftar Pustaka

- 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.
- Razak, Humairoh., Gandarum, Dedes Nur., Juwana, Jimmy Siswanto. 2015. *Pengaruh Karakteristik 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.
- Kindangen, Jefri I. 2003. *Pengaruh Tipe Jendela Terhadap Pola Aliran Udara Dalam Ruang*. Dimensi Teknik Arsitektur. Vol.31, No.2.
- Lechner, Norbert. 2015. *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects*. John wiley & sons.
- 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.
- Nugroho, Agung Murti. 2013. *Smart Roof for Passive Cooling in Tropical House*. Proceeding 4th International Conference on Sustainable Future for Human Security 2013.
- 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.