

Pengaruh Bukaannya Terhadap Kenyamanan Termal Pada Ruang Hunian Rumah Susun Aparna Surabaya

Anisa Budiani Arifah¹, M. Satya Adhitama² dan Agung Murti Nugroho²

¹Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang, 65145, Jawa Timur, Indonesia

Alamat Email penulis: anisabudiani13@gmail.com

ABSTRAK

Kota Surabaya memiliki cuaca yang panas dengan suhu rata-rata dapat mencapai 35 °C. Hal tersebut dapat berpengaruh pada kurangnya kenyamanan termal dalam bangunan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendukung terciptanya kenyamanan termal pada bangunan yang berada pada daerah tropis adalah dengan meningkatkan kecepatan angin dalam ruang melalui desain bukaan. Bangunan Rumah Susun Aparna Surabaya telah menerapkan sistem penghawaan alami dengan *double loaded corridor* dan *cross ventilation*. Akan tetapi kondisi udara pada ruang hunian belum memenuhi kenyamanan termal dengan suhu rata-rata 31 °C dan kecepatan angin rata-rata 0,2 m/s. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja bukaan serta pengaruhnya terhadap kenyamanan termal pada ruang yang berlanjut pada perancangan bukaan dengan menyesuaikan kebutuhan kenyamanan termal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif melalui observasi lapangan dan validasi data dengan simulasi *software* Ansys Workbench CFX Fluid Flow yang berlanjut pada rekomendasi desain. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 2 ruang yang berbeda orientasi pada tiap massa bangunan. Hasil penelitian menunjukkan kinerja bukaan jendela dapat meningkatkan kecepatan angin serta perluasan persebaran angin dalam ruang dengan mengganti tipe bukaan menjadi jendela geser vertikal dan jendela nako dan menambah dimensi bukaan menjadi 21%.

Kata kunci: Kenyamanan termal, bukaan jendela, rumah susun

ABSTRACT

Surabaya has a humid tropical climate with the maximum temperature can reach 35 °C. The impact is the lack of thermal comfort in the building. One of the ways can be done for creating thermal comfort of the buildings where located in tropical area is to increase wind velocity through the design of opening window. Flats aparna Surabaya has applied natural ventilation system with *double loaded corridor* and *cross ventilation*. However, the air condition of residential space has not met the thermal comfort with average temperature 31 °C, wind velocity 0,2 m/s. This research aims to understand more about the performance of opening window, also their effects on thermal comfort in the rooms that continues on the design of openings window by adjusting the needs of thermal comfort. This research was performed by using quantitative descriptive method through few steps: field observation and data validation through simulation process using CFD software Ansys workbench CFX fluid flow, and evaluating the design results. This study was performed by taking 2 rooms with different orientation. The results show that the performance of windows can increase wind velocity by replacing the window type using vertically sliding and louvre and increase the dimension of openings window until 20%.

Keywords: thermal comfort, openings window, flats

1. Pendahuluan

Hampir seluruh bangunan bertingkat di kota Surabaya menggunakan bantuan sistem penghawaan buatan yang bertujuan untuk menciptakan kenyamanan termal bagi pengguna bangunan khususnya pada hunian vertikal. Hal tersebut seharusnya dapat diminimalisir dengan memanfaatkan potensi penghawaan alami. Pada bangunan Rumah susun aparta Surabaya, walaupun sudah memaksimalkan penghawaan alami melalui sistem *double loaded corridor* dan *cross ventilation* akan tetapi kondisi udara di dalam ruang masih belum memenuhi kriteria kenyamanan termal. Hal tersebut yang menyebabkan para penghuni lebih mengandalkan sistem penghawaan buatan kipas angin maupun AC. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi desain untuk memaksimalkan penghawaan alami pada ruang hunian dengan cara meningkatkan kecepatan angin melalui desain bukaan jendela yang kemudian berpengaruh pada suhu dan kelembaban udara. Untuk menciptakan kenyamanan termal pada ruang, dibutuhkan sebuah penelitian mengenai kinerja bukaan jendela serta pengaruhnya terhadap kenyamanan termal yang kemudian berlanjut pada solusi desain bukaan jendela yang sesuai untuk kebutuhan kenyamanan termal.

2. Metode

2.1 Tinjauan Iklim Tropis

Iklim tropis merupakan iklim yang terjadi pada daerah dengan letak astronomis pada $23,5^{\circ}$ lintang utara hingga $23,5^{\circ}$ lintang selatan. Iklim tropis memiliki ciri utama yaitu memiliki temperature yang tergolong tinggi rata-rata tidak dibawah 20°C . Berdasarkan letak geografis, iklim tropis terbagi menjadi 2 yaitu tropis kering dan tropis lembab. Iklim tropis lembab adalah daerah yang secara geografis berdekatan dengan perairan (hutan tropis, daerah dengan angin musim, savanah lembab) (Lippsmeier, 1994).

2.1.1 Iklim Tropis Lembab

Secara geografis, wilayah Indonesia terletak diantara 2 samudera yaitu hindia dan pasifik serta 2 benua yaitu Asia dan Australia. Hal ini dapat memperjelas bahwa wilayah Indonesia memiliki iklim tropis lembab. Akibatnya adalah uap air dalam jumlah banyak yang berasal dari permukaan samudera terbawa oleh tiupan angin mengitari wilayah Indonesia. Wilayah ini memiliki suhu antara $28 - 38^{\circ}\text{C}$ pada musim kemarau dan $25 - 29^{\circ}\text{C}$ pada saat musim hujan. Kelembaban yang terjadi pada musim kemarau sekitar 40%-70% sedangkan kelembaban pada saat musim hujan sekitar 80%-100%. Selain itu, wilayah yang memiliki iklim tropis lembab akan menerima banyak radiasi matahari (Lippsmeier, 1994).

2.1.2. Karakteristik Iklim Tropis Lembab

Ciri-ciri umum dari iklim tropis lembab di wilayah Indonesia adalah sebagai berikut:

- Temperatur udara maksimum $27^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$ sedangkan minimum $20^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$
- Kelembaban rata-rata 75% - 80%
- Curah hujan selama setahun antara 1000 mm - 5000 mm
- Kondisi langit yang berawan dengan jumlah awan 60%-90%
- Luminasi langit yang secara keseluruhan tertutup awan tipis cukup tinggi dan mencapai lebih dari 7000 kandela/m², sedangkan untuk yang secara keseluruhan tertutup oleh awan tebal sekitar 850 kandela/m²
- Radiasi matahari global harian rata-rata bulanan sekitar 400 watt/m
- Kecepatan Angin yang rendah yaitu sekitar 2 - 4 m/s (Satwiko, 2004)

2.2. Tinjauan Kenyamanan Termal

Menurut ASHRAE (*American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers*, 1989), kenyamanan termal merupakan kondisi dimana seseorang merasa nyaman dengan keadaan temperature lingkungannya, yang apabila digambarkan dalam konteks sensasi dimana seseorang tidak merasakan temperatur udara terlalu panas maupun terlalu dingin.

2.2.1. Faktor-faktor Kenyamanan Termal

Menurut ASHRAE (1989), kenyamanan termal dipengaruhi oleh 6 faktor diantaranya:

1. Temperatur Udara
Temperatur udara merupakan factor utama dari kenyamanan termal walaupun hal ini tergantung pada ciri perasaan subjektif dan kenyamanan berperilaku. Standar kenyamanan termal untuk kategori hangat nyaman menurut SNI 03-6572-2001 adalah 25,8°C - 27,1°C.
2. Kelembaban udara
Kelembaban udara relatif untuk daerah tropis menurut SNI 03-6572-2001 adalah sekitar 40% - 50%. Untuk ruangan yang memiliki kapasitas padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif yang dianjurkan adalah antara 55%-60%
3. Kecepatan Angin
Kecepatan udara yang baik menurut SNI 03-6572-2001 0,25 m/s. Kecepatan udara tersebut dapat dibuat lebih besar dari 0,25 m/s tergantung dari kondisi temperatur udara kering dalam ruang
4. Temperatur radiant
radiasi matahari mempunyai pengaruh yang besar terhadap sensasi termal
5. Insulasi pakaian
Jenis dan bahan pakaian yang digunakan oleh individu dapat berpengaruh terhadap kenyamanan termal. Manusia dapat memilih dan menentukan jenis pakaian yang dikenakan sesuai kondisi lingkungan sekitar
6. Aktivitas
Segala aktivitas yang dilakukan manusia akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan metabolisme tubuh.

2.3. Kenyamanan Termal Berdasarkan Desain Bukaan

2.3.1. Perletakan dan Orientasi Bukaan

Perletakan dan orientasi bukaan inlet tidak hanya mempengaruhi kecepatan udara, tetapi juga pola aliran udara dalam ruangan, sedangkan lokasi outlet hanya memiliki pengaruh kecil dalam kecepatan dan pola aliran udara. Posisi inlet dan outlet bukaan terdiri menjadi 3 yaitu berhadapan, bersebelahan dan pada sisi yang sama.

2.3.2. Lokasi Bukaan

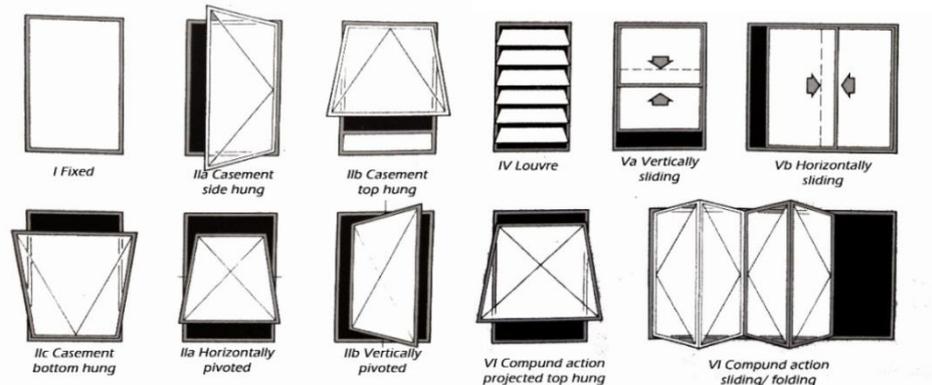
Salah satu syarat untuk bukaan yang baik yaitu harus terjadi *cross ventilation*. Dengan memberikan bukaan pada kedua sisi ruangan maka akan memberi peluang supaya udara dapat mengalir masuk dan keluar. Untuk memperoleh kenyamanan termal, posisi inlet dan outlet hendaknya tidak saling berhadapan tetapi berada pada elevasi yang berbeda sehingga terbentuk *cross ventilation* dengan arah gerak udara yang lebih merata.

2.3.3. Dimensi Bukaan

Berdasarkan standar yang telah ditetapkan SNI Departemen Umum, sebuah ruang pada rumah tinggal harus memiliki ventilasi tidak kurang dari 5% dari luas lantai ruangan dan jendela 10% dari luas lantai ruangan. Bukaan bangunan sangat berpengaruh terhadap upaya pemanfaatan angin dalam pengkondisian ruangan. Ukuran bukaan dapat disesuaikan dengan

kebutuhan aliran angin. Kecepatan angin yang memasuki ruangan dipengaruhi oleh perbandingan luas inlet dan outlet. Ketika inlet lebih besar dari pada outlet, maka kecepatan udara di dalam ruangan akan lebih rendah dari pada di luar. Ketika inlet lebih kecil dari outlet, maka kecepatan udara di dalam ruangan akan lebih tinggi dari pada di luar.

2.3.4. Tipe Bukaannya



Gambar 1. Jenis-jenis jendela
(Sumber: Beckett *et al.*, 1974)

Gerak udara atau angina merupakan potensi untuk mencapai kenyamanan termal, maka dari itu dibutuhkan tipe inlet sebagai berikut:

- tipe inlet harus dapat mengarahkan gerak udara dalam ruang semaksimal mungkin
- tipe inlet harus optimal dalam mendukung laju udara (air flow) dan pergantian udara dalam ruang
- tipe inlet harus fleksibel untuk dibuka tutup sesuai kebutuhan

2.3.5. Pengarah Bukaannya

Pengarah bukaan sangatlah berpengaruh terhadap upaya pemanfaatan angin dalam pengkondisian ruangan. Pengarah pada inlet akan menentukan arah gerak dan pola udara dalam ruang, sehingga perbedaan bentuk pengarah akan memberikan pola aliran udara yang berbeda-beda. Pada bukaan jendela, bagian dari inlet yang difungsikan untuk pengarah adalah daun jendela dan kisi-kisi

2.4. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian mengenai pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode ini menjelaskan suatu situasi yang menjadi objek penelitian dengan studi observasi lapangan dan studi simulasi untuk mendapatkan data berupa angka. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal penghuni bangunan.

Penelitian ini dilakukan pada kelima massa bangunan dengan cara mengambil 2 sampel pada tiap massa. Untuk mengetahui pengaruh angin dalam ruang hunian, maka penelitian dilakukan di lantai bawah yaitu lantai 2. Untuk penentuan sampel ruang, akan diambil 2 unit hunian yang terdiri dari 1 unit bagian utara dan 1 unit bagian selatan. Sehingga total unit hunian pada 1 blok masa rumah susun adalah 2. Total keseluruhan unit hunian yang diambil untuk sampel penelitian pada 5 blok masa adalah 10.

Macam-macam variabel yang digunakan pada tahap penelitian hingga ke tahap rekomendasi adalah Variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi dimensi bukaan, tipe bukaan dan posisi bukaan, sedangkan untuk variabel terikat meliputi kecepatan angin dan pola pergerakan angin.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tinjauan Bangunan Rumah Susun Aparna Surabaya

Rumah Susun Aparna Surabaya merupakan rumah susun sederhana sewa yang dikelola oleh pihak swasta yaitu PT Jatim Graha Utama. Rumah Susun Aparna terletak di Jalan Siwalankerto Timur, Wonocolo, Surabaya, Jawa Timur. Rumah susun ini terdiri dari 5 massa yang diberi nama massa A, massa B, massa C, massa D dan massa E. Susunan massa menghadap ke arah orientasi yang sama timur-barat dimana masing-masing sisi terpanjang menghadap ke utara-selatan.



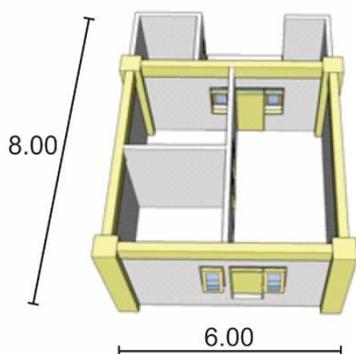
Gambar 2. Eksisting Bangunan Rumah Susun Aparna

Bangunan rumah susun aparna memiliki 7 jenis tipe hunian. tipe unit hunian tersebut tentunya memiliki ukuran serta kapasitas penghuni yang berbeda. Tipe 18 memiliki luas 18 m^2 sedangkan untuk tipe 24 memiliki luasan 24 m^2 , tipe 30 memiliki luasan 30 m^2 , tipe 36 memiliki luasan 36 m^2 dan tipe 48 memiliki luasan 48 m^2 . Tiap-tiap tipe hunian pada rumah susun memiliki kebutuhan serta kualitas udara yang berbeda-beda tetapi secara umum sistem penghawaan alami memiliki kesamaan yaitu ventilasi silang. Perbedaan hanya terdapat pada peletakkan jendela yang diterapkan pada tipe unit yang letaknya berada di ujung-ujung bangunan. Secara umum ventilasi pada unit hunian diletakkan secara berhadapan antara posisi inlet dengan posisi outlet.

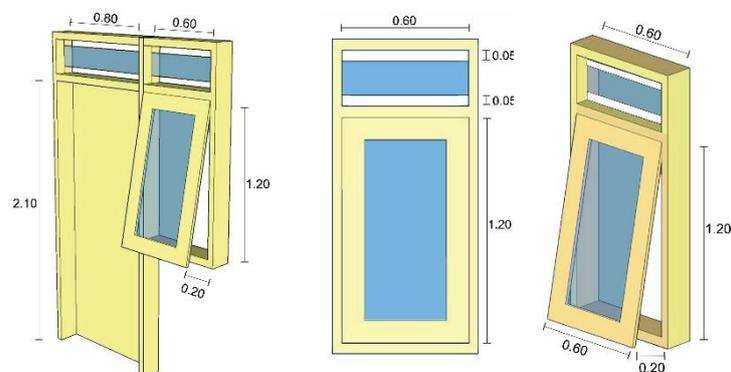
3.2. Analisis Unit Hunian

3.2.1. Analisis Visual

Pada ruang hunian tipe 48 terdiri dari 2 kamar tidur, 1 ruang utama, 1 kamar mandi dan ruang jemur. Dimensi ruangan tersebut adalah $6 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 48 \text{ m}^2$. Ruangan ini menghadap ke utara sehingga posisi inlet berada di sisi selatan karena menghadap ke arah luar sedangkan posisi outlet berada di sisi utara karena menghadap ke arah koridor.



Gambar 3. Hunian tipe 48



Gambar 4. Tipe Buka-an

Bukaan Inlet dan outlet pada hunian tipe 48 orientasi utara memiliki dimensi yang sama. Tipe bukaan jendela yang digunakan adalah tipe casement *top hung* atau jendela gantung. Luas minimal suatu bukaan udara pada suatu ruang menurut SNI 03-6572- 2001 adalah 5-10% dari luas ruangan. Presentase luas bukaan dengan luas hunian adalah sebesar 17%.

3.2.2. Analisis Pengukuran Kondisi Termal

Pengukuran dilakukan pada masing-masing ruangan tersebut dengan membagi ke dalam beberapa titik. Titik-titik pengukuran yang diambil adalah bagian dekat inlet, bagian tengah ruangan serta bagian dekat outlet. Penelitian pada ruang dalam dilakukan pada ketinggian 1 meter diatas permukaan lantai.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kondisi Termal

Ruang Hunian		Hasil Pengukuran		
		Suhu (°C)	RH (%)	Angin (m/s)
BLOK A	Selatan	31,6	68	0,2
	Utara	31,4	67	0,23
BLOK B	Selatan	31,6	68	0,17
	Utara	31	63	0,18
BLOK C	Selatan	31,4	65	0,23
	Utara	31,5	67	0,24
BLOK D	Selatan	31,6	67	0,2
	Utara	31,5	65	0,2
BLOK E	Selatan	31,5	67	0,23
	Utara	32,3	65	0,2

Berdasarkan hasil pengukuran suhu, dapat dilihat pada tabel bahwa ruang hunian tipe 48 orientasi utara pada lantai 2 memiliki kategori melebihi standar hangat nyaman. Standar hangat nyaman berdasarkan SNI 03-6575-2001 adalah 25,8 °C – 27,1 °C , sedangkan suhu rata-rata yang dimiliki seluruh ruang hunian tersebut adalah 31,4 °C. Untuk pengukuran kelembaban, terlihat bahwa ruang hunian ini memiliki kelembaban melebihi standar SNI untuk kategori ambang batas hangat nyaman yaitu 60 %, sedangkan rata-rata kelembaban pada seluruh ruangan tersebut adalah 66 %. Rata-rata Kecepatan angin yang yaitu 0,2 m/s Sedangkan untuk memperoleh kenyamanan termal dalam ruang, kecepatan angin yang sesuai adalah sekitar 0,25 m/s. Dari hasil analisis diatas, diketahui bahwa kondisi termal sebagian besar ruang hunian belum memenuhi kriteria kenyamanan termal.

3.2.3. Analisis Simulasi

Tabel 2. Hasil Simulasi Ansys Workbench CFX Fluid Flow

Ruang Hunian		Pengukuran Simulasi	
		Pintu Terbuka	Pintu Tertutup
BLOK A	Selatan	0,45 m/s	0,17 m/s
	Utara	0,6 m/s	0,2 m/s
BLOK B	Selatan	0,5 m/s	0,2 m/s
	Utara	0,5 m/s	0,16 m/s
BLOK C	Selatan	0,45 m/s	0,25 m/s
	Utara	0,4 m/s	0,25 m/s
BLOK D	Selatan	0,4 m/s	0,21 m/s
	Utara	0,5 m/s	0,16 m/s
BLOK E	Selatan	0,5 m/s	0,2 m/s
	Utara	0,45 m/s	0,18 m/s

Berdasarkan hasil simulasi pada kondisi eksisting, kecepatan serta persebaran angin ketika pintu terbuka sudah memenuhi kriteria kenyamanan termal. Sedangkan ketika pintu tertutup, kecepatan dan persebaran angin belum memenuhi kenyamanan termal. Hasil simulasi

juga menunjukkan bahwa jendela dengan jenis *Top hung* atau jendela gantung kurang maksimal dalam mengalirkan angin ke dalam ruang. Hal ini disebabkan karena pengarah pada jendela gantung cenderung mengarahkan angin menuju ke atas atau langit-langit ruang. Akibatnya pada zona aktivitas penghuni kurang mendapatkan aliran angin. Agar aliran udara dalam ruang dapat mencapai kenyamanan termal, maka dibutuhkan rekomendasi desain jendela yang dapat meningkatkan kecepatan angin serta pemerataan pola persebaran angin pada ruang hunian.

3.2.4. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi

Tabel 3. Validasi hasil simulasi

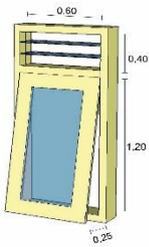
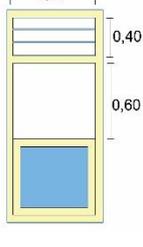
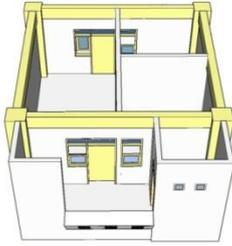
Blok	Ruang hunian	Pengukuran langsung	Simulasi Ansys	Validasi
Blok A	Selatan	0,2 m/s	0,17m/s	17%
	Utara	0,23 m/s	0,2 m/s	15%
Blok B	Selatan	0,17 m/s	0,2 m/s	15%
	Utara	0,18 m/s	0,16 m/s	12%
Blok C	Selatan	0,23 m/s	0,25 m/s	8%
	Utara	0,24 m/s	0,25 m/s	4%
Blok D	Selatan	0,2 m/s	0,21 m/s	4%
	Utara	0,2 m/s	0,16 m/s	25%
Blok E	Selatan	0,23 m/s	0,2 m/s	15%
	Utara	0,2 m/s	0,18 m/s	11%
Rata-rata				12,6%

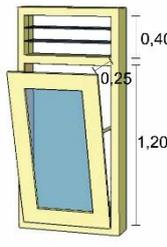
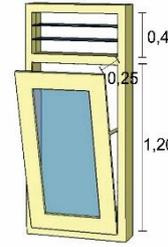
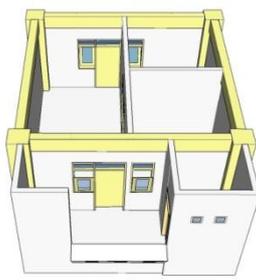
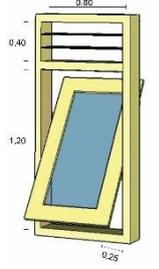
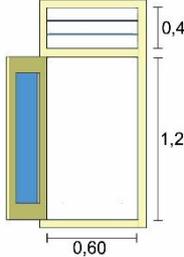
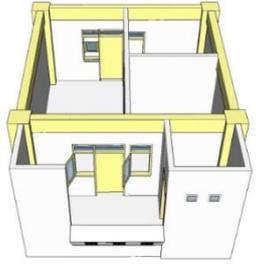
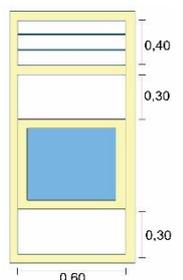
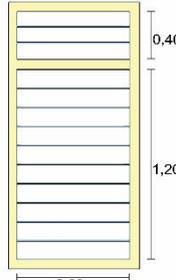
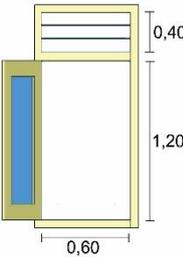
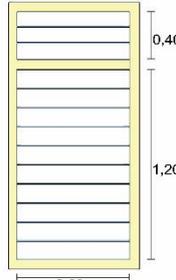
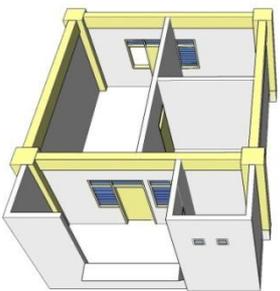
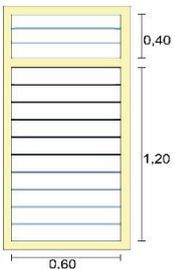
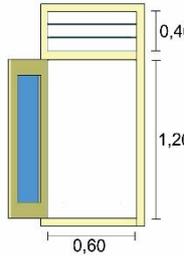
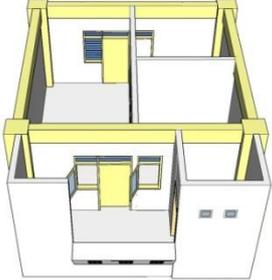
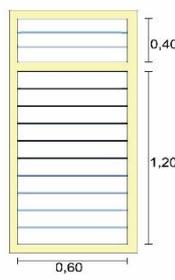
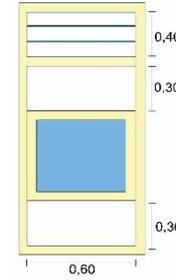
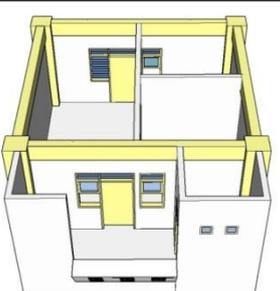
Hasil validasi simulasi terhadap kecepatan angin menunjukkan bahwa rata-rata keseluruhan yaitu sebesar 12,6%. Simulasi menunjukkan pola pergerakan angin secara grafis yang masuk melalui lubang inlet kemudian langsung menuju outlet. Setelah dilakukan validasi hasil pengukuran lapangan dan simulasi, langkah selanjutnya adalah melakukan rekomendasi desain dengan software Ansys.

3.3. Rekomendasi Desain

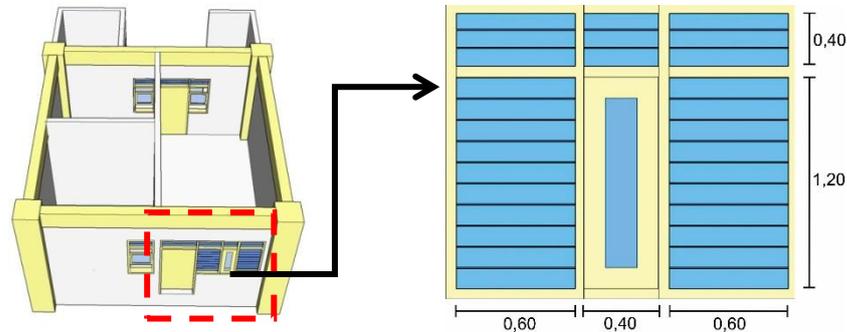
Rekomendasi desain bukaan dilakukan dengan membuat beberapa alternatif modifikasi bukaan pada ruang hunian. Simulasi modifikasi awal dilakukan dengan mencoba tiap-tiap jenis bukaan yang memiliki kinerja berbeda-beda untuk diterapkan pada inlet. Setelah itu, akan didapatkan beberapa alternatif yang paling efektif untuk diterapkan pada ruang hunian.

Tabel 4. Alternatif Rekomendasi Tipe Bukaan Jendela

Alternatif	Tipe Outlet	Tipe Inlet	Posisi Bukaan Terhadap Ruang	Keterangan
1				Aliran angin mampu menjangkau zona aktifitas penghuni. Kecepatan angin naik hingga 0,6 m/s

2				<p>Aliran angin mampu menjangkau zona aktifitas penghuni. Kecepatan angin naik hingga 0,53 m/s</p>
3				<p>Aliran angin mampu menjangkau zona aktifitas penghuni. Kecepatan angin naik hingga 0,7 m/s</p>
4				<p>Aliran angin mampu menjangkau zona aktifitas penghuni. Kecepatan angin naik hingga 0,74 m/s</p>
5				<p>Aliran angin mampu menjangkau zona aktifitas penghuni. Kecepatan angin naik hingga 0,8 m/s</p>
6				<p>Aliran angin mampu menjangkau zona aktifitas penghuni. Kecepatan angin naik hingga 0,53 m/s</p>
7				<p>Aliran angin mampu menjangkau zona aktifitas penghuni. Kecepatan angin naik hingga 0,8 m/s</p>

Setelah ditentukan beberapa alternatif terpilih berdasarkan kinerjanya dalam mengalirkan serta menaikkan kecepatan angin dipilih 1 alternatif kombinasi bukaan untuk diterapkan pada bangunan. Rekomendasi terpilih adalah alternatif 7 yaitu tipe outlet dengan model jendela nako dan tipe inlet dengan tipe jendela geser vertikal.



Gambar 5. Rekomendasi Jendela Outlet

Pergerakan angin secara horizontal belum menyebar secara merata. Hal ini dapat disebabkan dari dimensi bukaan inlet dan outlet memiliki lebar yang sama. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan lebar dimensi outlet. Menambah lebar dimensi outlet mampu memperbesar kapasitas serta kecepatan angin yang dilirkan dalam ruang. Untuk melihat kinerja rekomendasi, dilakukan simulasi secara vertikal dan horizontal. Simulasi vertikal dilakukan dalam keadaan jendela inlet terbuka keatas, terbuka ke tengah dan ke bawah. Sedangkan secara horizontal dilakukan dalam kondisi pintu terbuka dan tertutup.

Tabel 5. Hasil Rekomendasi Bukaan Inlet dan Outlet

Ruang Hunian		Simulasi Horizontal		Simulasi Vertikal		
		Pintu Terbuka	Pintu Tertutup	Inlet terbuka ke atas	Inlet terbuka ke tengah	Inlet terbuka ke bawah
BLOK A	Selatan	0,55	0,4	0,7	0,45	0,56
	Utara	0,75	0,6	0,8	0,77	0,77
BLOK B	Selatan	0,45	0,3	0,7	0,45	0,56
	Utara	0,65	0,45	0,6	0,6	0,6
BLOK C	Selatan	0,5	0,5	0,7	0,45	0,56
	Utara	0,5	0,6	0,8	0,77	0,77
BLOK D	Selatan	0,65	0,45	0,7	0,45	0,56
	Utara	0,65	0,55	0,8	0,77	0,77
BLOK E	Selatan	0,6	0,5	0,7	0,45	0,56
	Utara	0,7	0,6	0,8	0,7	0,5

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh tipe dan dimensi bukaan jendela terhadap kenyamanan termal pada ruang hunian. Berdasarkan hasil analisis visual, pengukuran dan simulasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bukaan jendela dengan tipe jendela gantung (*top hung*) serta ventilasi yang dimiliki oleh ruang-ruang hunian pada masa blok A, B, D dan E memiliki kinerja yang kurang optimal serta desain yang belum memenuhi standar
2. Penambahan dimensi bukaan jendela dan ventilasi dapat meningkatkan kecepatan dan persebaran angin pada ruang hunian sehingga pola pergerakan angin tidak hanya mengalir menuju langit-langit ruang melainkan dapat menyebar secara horizontal.
3. Penggunaan tipe bukaan jendela inlet dengan tipe jendela geser vertikal dan bukaan jendela outlet dengan tipe nako (*Jalousie*) serta penggunaan nako pada ventilasi dapat mengalirkan angin secara optimal

4. Hasil rekomendasi desain terpilih akan diterapkan pada seluruh lantai. Melihat dari hasil pengukuran awal yang dilakukan pada 3 ruang hunian pada lantai 4 yang menunjukkan kondisi udara belum memenuhi kriteria kenyamanan termal.

Daftar Pustaka

- ASHRAE. (2009). *Handbook of Fundamental*. USA: ASHRAE.
- Beckett, HE., Godfrey, JA. (1974). *Windows: Performance, Design, and Installation*. New York: Van Nostrand Reinhold Co
- Lippsmeier, Georg. (1997). *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga
- SNI 03-6572-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta.