

PENGARUH WINDOW-TO-WALL RATIO TERHADAP KENYAMANAN VISUAL PADA APARTEMEN MAHASISWA DI SURABAYA

Deasy Lastya Sari¹, Agung Murti Nugroho², Beta Suryokusumo Sudarmo²

¹ Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

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

Alamat Email penulis: dclastya@gmail.com

ABSTRAK

Tingkat penyinaran matahari yang tinggi di Surabaya dapat menjadi potensi pencahayaan alami yang baik pada bangunan apartemen saat siang hari. Pemanfaatan potensi alami tersebut membutuhkan sebuah strategi desain, yaitu optimalisasi pencahayaan alami melalui rasio luasan jendela dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti dimensi, bentuk dan posisi jendela. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio luasan jendela terhadap tingkat kenyamanan visual penghuni bangunan yang berlanjut pada perancangan jendela yang sesuai dengan kebutuhan pencahayaan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif melalui observasi lapangan dan validasi data dengan simulasi *software* DIALux 4.12 serta evaluasi hasil desain. Penelitian ini dilakukan di 4 unit hunian tipe 2 bedroom 30 m² Apartemen Puncak Kertajaya dengan arah hadap berbeda yang berada di lantai 19. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan performa lubang cahaya setelah dilakukan modifikasi desain. Rekomendasi desain rasio luasan jendela yang efektif untuk unit hunian sebesar 50%–60% mampu meningkatkan kondisi kenyamanan visual hingga 15%.

Kata kunci : WWR, jendela, kenyamanan visual, apartemen mahasiswa

ABSTRACT

The high level of solar radiation in Surabaya can be a enormous potency for natural daylighting in apartment buildings. A design strategy is immensely needed to exploit those natural potencies by way of optimizing the natural daylighting through window to wall ratio by considering several aspects, such as the dimension, the shape and the position of the windows. This study aims to determine the effects of window to wall ratio on dwellers' visual comfort and the design process of windows suitable for lighting requirement. This study was performed by using quantitative descriptive method through few steps: undertaking field observation in the location of object, validating data and simulating using daylighting software DIALux 4.12, and evaluating the design results. This study was performed in 4 units type 2 bedrooms 30 m² in Puncak Kertajaya Apartments. Each unit has different window orientation, which is located on the 19th floor. The results show that the performance of windows increased after the design modifications. The recommendations of window to wall ratio of 50%–60% afford a 15% better visual comfort condition.

Keywords : WWR, windows, visual comfort, student apartment

1. Pendahuluan

Sebagian besar bangunan tinggi khususnya hunian vertikal khusus mahasiswa di Surabaya belum menerapkan bangunan tanggap iklim. Sementara itu, tingkat penyinaran matahari yang tinggi di kota Surabaya dapat menjadi potensi pencahayaan alami yang baik pada siang hari. Ketidaksiuaian jumlah intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan dengan kebutuhan pencahayaan menyebabkan penghuni lebih mengandalkan sistem penerangan buatan pada siang hari dengan alasan kenyamanan visual. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah strategi desain untuk memanfaatkan potensi alami dibutuhkan strategi desain, yaitu dengan optimalisasi pencahayaan alami melalui rasio luasan jendela yang kemudian akan berdampak pada tingkat kenyamanan visual dari penggunaannya. Untuk meningkatkan tingkat kenyamanan visual pada ruang, dibutuhkan sebuah kajian mengenai pengaruh rasio luasan jendela terhadap tingkat kenyamanan visual penghuni bangunan yang berlanjut pada perancangan jendela yang sesuai dengan kebutuhan pencahayaan.

2. Metode

2.1. Tinjauan Sistem Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami merupakan cahaya yang bersumber dari pancaran sinar matahari dan dibutuhkan oleh manusia untuk membantu tugas visualnya.

a. Lama Penyinaran Matahari

Lama penyinaran matahari (*sunshine duration*) adalah lamanya matahari bersinar sampai permukaan bumi dalam periode satu hari yang diukur dalam jam. (Prawirowardoyo, 1996)

b. Posisi Geografis Lintang dan Azimuth

Menentukan sudut *altitude* dan azimuth posisi matahari dapat menggunakan *solar chart* sehingga ukuran *sun shading* maupun parapet dapat ditentukan ukuran idealnya (Packerknechtd, 1993).

Cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan dapat dibedakan menjadi tiga (Szokolay et al, 2001), yaitu cahaya matahari langsung, cahaya difus dari terang langit, dan cahaya difus dari pantulan tanah atau bangunan lainnya.

2.1.1. Faktor Pencahayaan Siang Hari

Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen, yaitu :

1. Komponen langit (*sky component*)
2. Komponen refleksi luar (*Externally reflected component*)
3. Komponen refleksi dalam (*Internally reflected component*)

Kriteria kondisi langit menurut *Commision Internationale de l'Eclairage* (CIE) adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Definisi kondisi langit

CIE sky type	Kondisi
Clear (Cerah)	Tingkat radiasi matahari langsung lebih dari 200% dari persebaran cahaya horizontal
Intermediate (Berawan)	Tingkat radiasi matahari langsung antara 5% hingga 200%
Overcast (Mendung)	Tingkat radiasi matahari langsung kurang dari 5%

(Sumber: ISO 15469:2004 CIE, 2003)

2.2. Tinjauan Kenyamanan Visual

Ada beberapa kriteria kenyamanan visual yang diperlukan dalam satu ruangan, diantaranya :

1. Intensitas pencahayaan dalam ruangan adalah besarnya tingkat pencahayaan didalam ruangan bisa berasal dari pencahayaan siang hari atau buatan.
2. Distribusi cahaya dalam bangunan adalah penyebaran pencahayaan didalam ruangan harus merata sesuai dengan kebutuhan aktifitasnya dan tidak menimbulkan gangguan cahaya.
3. Kontrol kondisi silau atau gangguan cahaya agar kualitas pencahayaan didalam ruangan meningkat sehingga dapat membantu aktivitas.

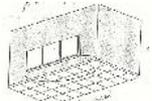
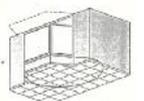
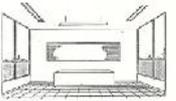
2.3. Tinjauan Jendela

2.3.1. Strategi Pencahayaan Alami

Sistem pencahayaan samping (*side lighting*) merupakan sistem pencahayaan alami yang paling banyak digunakan pada bangunan, terutama bangunan apartemen. Menurut Kroelinger (2005), strategi desain pencahayaan samping yang umum digunakan, ialah bukaan satu sisi (*single side lighting*), bukaan di dua sisi (*bilateral lighting*), bukaan di beberapa sisi (*multilateral lighting*), jendela atas (*clerestories*), pembayang jendela (*light shelves*), konsep pencahayaan bersama antar 2 ruangan (*borrowed light*).

2.3.2. Distribusi Cahaya Matahari Terkait Dengan Bentuk dan Posisi Jendela

Tabel 2. Distribusi Cahaya Matahari Terkait Dengan Bentuk dan Posisi Jendela

	Bentuk Jendela		Posisi Jendela		
					
	Jendela Vertikal	Jendela Horizontal	Jendela Sudut	Bay Windows	Jendela Multisisi
Kelebihan	Penetrasi cahaya yang lebih baik.	Menghasilkan kesilauan lebih rendah dari jendela vertikal.	- Penetrasi cahaya yang lebih baik - Mengurangi silau		Persebaran cahaya mencakup ke semua area lantai di ruangan
Kekurangan	Distribusi cahaya matahari tidak merata di area sampingnya.	Distribusi cahaya tidak merata pada area lantai pada dinding sejajar.		Distribusi cahaya matahari hanya pada area yang dijangkau oleh jendela.	

(Sumber: Beckett et al., 1974)

2.4. Persyaratan Tingkat Pencahayaan

2.4.1. Tingkat Pencahayaan

Tingkat kenyamanan visual dapat diukur menggunakan standar tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan, yaitu SNI 03-6575-2001: Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Sesuai dengan fungsi bangunan sebagai rumah tinggal, maka tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan adalah 120–250 lux.

2.4.2. Indeks Kesilauan

Apabila fungsi bangunan adalah rumah tinggal dengan berbagai fungsi ruang berbeda dengan tugas visual normal, maka dibutuhkan pengendalian silau yang sangat penting. Berdasarkan standar SNI 03-2396-2001 dan Szokolay (2004), indeks kesilauan yang dianjurkan untuk rumah tinggal adalah di antara 10 hingga 22.

2.4.3. Nilai Keseragaman

Keseragaman atau *uniformity* (U_0) adalah pemerataan distribusi cahaya pada bidang kerja. Untuk ruangan dengan aktivitas seragam, nilai keseragaman minimum yang harus dicapai adalah 0,6.

2.5. Metode Penelitian

Proses kajian mengenai pengaruh rasio bukaan jendela terhadap kenyamanan visual terhadap kenyamanan visual pada apartemen mahasiswa di Surabaya ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio luasan jendela terhadap tingkat kenyamanan visual penghuni bangunan yang berlanjut pada perancangan jendela yang sesuai dengan kebutuhan pencahayaan.

Penelitian ini dilakukan pada kedua tower apartemen, yaitu Tower A dan Tower B. Untuk mendapatkan kinerja pencahayaan alami optimal tanpa adanya refleksi bangunan di sekitarnya, maka penelitian dilakukan di lantai teratas, yaitu lantai 19 yang berfungsi sebagai lantai unit apartemen. Sampel ditentukan berdasarkan jenis tipe unit apartemen yang tersedia dan memiliki sisi bukaan yang mewakili ke empat arah mata angin, yaitu unit hunian tipe 2 Bedroom (BR) 30 m² yang memiliki 4 tipe unit hunian 2 BR 30 m² dengan arah hadap berbeda, yakni tipe 2 BR 30 m² Bukaan Utara, tipe 2 BR 30 m² Bukaan Selatan, tipe 2 BR 30 m² Bukaan Timur, dan tipe 2 BR 30 m² Bukaan Barat

Variabel-variabel yang akan digunakan pada tahap eksperimen desain didapatkan dari hasil perbandingan sebelumnya, antara pengukuran lapangan dan simulasi dengan standar pencahayaan alami. Variabel atau parameter operasional yang digunakan dalam pengamatan kondisi pencahayaan alami pada bangunan meliputi dimensi jendela, bentuk jendela, dan posisi jendela yang mempengaruhi tingkat kenyamanan visual penghuni.

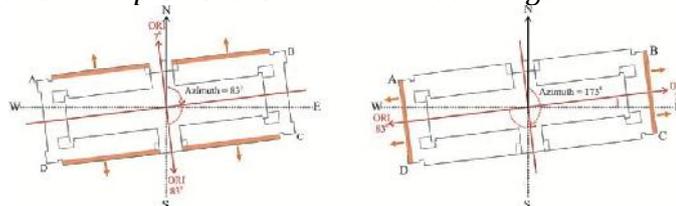
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Posisi Site Terhadap Lintang dan Posisi Azimut

3.1.1. Posisi Site Terhadap Garis Lintang

Kota Surabaya terletak pada koordinat 7°13'25"Lintang Selatan dan 112°43'26" Bujur Timur.

3.1.2. Posisi Azimut Terhadap Orientasi Bukaan Pada Bangunan



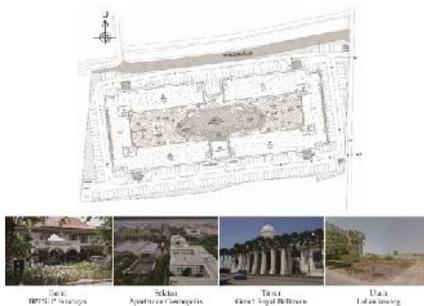
Orientasi Bukaan Utara dan Selatan
Orientasi Bukaan Timur dan Barat
Gambar 1. Posisi Azimut Terhadap Orientasi Bukaan Pada Bangunan

Dari hasil perhitungan sudut azimut diatas, dapat disimpulkan bahwa posisi bidang fasade yang terdapat bukaan adalah sebagai berikut:

-) Pada massa bangunan, bidang AB terletak pada posisi 7° dari arah utara
-) Pada massa bangunan, bidang DC terletak pada posisi 8° dari arah timur
-) Pada massa bangunan, bidang BC terletak pada posisi 7° dari arah timur
-) Pada massa bangunan, bidang AD terletak pada posisi 83° dari arah selatan

3.2. Tinjauan Umum Apartemen Puncak Kertajaya

Apartemen Puncak Kertajaya terletak pada koordinat $7^\circ 17' 16''$ LS dan $112^\circ 47' 12''$ BT. Tapak terbentang dari sisi timur ke barat dengan total luas tapak 17.287 m^2 . Apartemen Puncak Kertajaya memiliki dua tower apartemen yang terhubung oleh podium yaitu, Tower A dan Tower B.

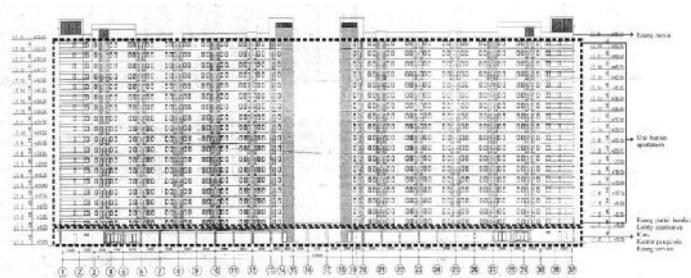


Gambar 2. Batas-batas tapak Apartemen Puncak Kertajaya



Gambar 3. Fasade Bangunan Apartemen Puncak Kertajaya

Bentuk fasade bangunan apartemen Puncak Kertajaya menggunakan sistem modular dengan material selubung bangunan *precast concrete panel*. Warna dinding luar bangunan memiliki warna dominan krem dan coklat. Jendela dan pintu menggunakan material aluminium untuk kusen dan kaca laminasi. Terdapat dua jenis *sun shading* atau tritisan selebar 20 centimeter berguna sebagai pengontrol sinar matahari dan pelengkap estetika bangunan.



Gambar 1. Tampak Selatan Apartemen Puncak Kertajaya

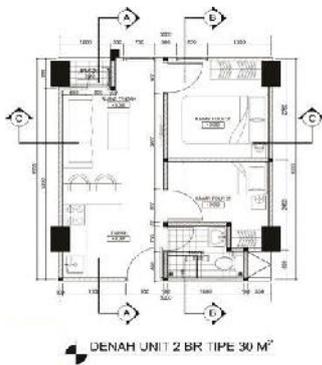
Bangunan apartemen Puncak Kertajaya terdiri dari 20 lantai aktif dengan 1 lantai podium dan 19 lantai tower. Apartemen Puncak Kertajaya memiliki tinggi bangunan 55,65 meter dengan jarak antar lantai setinggi 2,85 meter.

3.3. Analisis Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m^2

3.3.1. Kondisi Eksisting

Pada ruang unit hunian tipe 2 BR 30 m^2 memiliki bentuk persegi panjang dengan panjang 6 meter dan lebar 5 meter. Ruang unit hunian memiliki ketinggian ruang 2,68 meter. Pada kamar tidur 1 terdiri dari satu unit jendela dengan ukuran tinggi 1,15 meter

dan lebar 0,75 meter diletakkan di ketinggian 0,95 meter dari permukaan lantai. Sedangkan pada ruang tengah terdapat 2 unit bukaan yang terdiri dari 1 unit jendela dan 1 unit pintu kaca. Pintu kaca memiliki tinggi 2,1 meter dan lebar 0,6 meter. Terdapat 1 buah *shading device* vertikal selebar 0,2 meter, dan 2 buah *shading device* horizontal setebal 0,1 meter dengan ukuran panjang 0,75 meter dan lebar 0,2 meter.



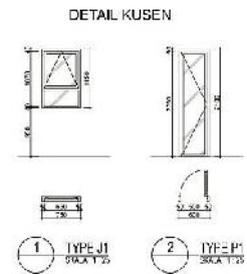
Gambar 2. Denah Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m²



Gambar 6. Potongan Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m²



Gambar 7. Detail Bukaan pada Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m²



3.3.2. Analisis Tingkat Pencahayaan dengan Pengukuran Langsung

Pengukuran dilakukan pada di unit hunian tipe 2 BR 30 m² yang berorientasi ke arah selatan dengan menggunakan luxmeter di tiap titik ukur setinggi bidang kerja 0,75 meter pada bulan Maret dengan pembagian 3 waktu, yakni pagi hari pukul 09.00, siang hari pukul 12.00, dan sore hari pukul 15.00.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tingkat Pencahayaan Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m²

Hasil pengukuran	Waktu Pengukuran		
	09.00	12.00	15.00
	Gambar 3. Hasil Pengukuran Langsung Tingkat Pencahayaan Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m ² pukul 09.00	Gambar 4. Hasil Pengukuran Langsung Tingkat Pencahayaan Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m ² pukul 12.00	Gambar 5. Hasil Pengukuran Langsung Tingkat Pencahayaan Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m ² pukul 15.00
Tingkat pencahayaan rata-rata	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Ruang Tengah = 630 lux ↳ Kamar Tidur 1 = 1147 lux 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Ruang Tengah = 596 lux ↳ Kamar Tidur 1 = 1086 lux 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Ruang Tengah = 385 lux ↳ Kamar Tidur 1 = 747 lux
Sky type	Clear (cerah)	Clear (cerah)	Intermediate (Berawan)

Tingkat pencahayaan rata-rata baik pada unit hunian melebihi standar tingkat pencahayaan rata-rata SNI 03-6575-2001 sebesar 120 – 250 lux sehingga ruangan yang terlalu terang mengganggu kenyamanan visual pengguna. Iuminansi tertinggi terdapat di sekitar titik ukur yang berada dekat lubang cahaya sehingga bidang kerja menangkap intensitas cahaya matahari yang lebih besar dari titik-titik ukur lainnya.

3.3.3. Analisis Tingkat Pencahayaan dengan Simulasi DIALux

Tabel 2. Hasil Analisis Kenyamanan Visual Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m² dengan Simulasi DIALux

No.	Variabel	Objek Penelitian							
		Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m ² Bukaannya Utara		Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m ² Bukaannya Barat		Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m ² Bukaannya Timur		Unit Hunian Tipe 2 BR 30 m ² Bukaannya Selatan	
Variabel Bebas									
1.	Orientasi Bukaannya	Bidang bukaan terletak pada posisi 7 ^o dari arah utara.		Bidang bukaan terletak pada posisi 83 ^o dari arah selatan.		Bidang bukaan terletak pada posisi 7 ^o dari arah timur.		Bidang bukaan terletak pada posisi 83 ^o dari arah timur.	
2.	Dimensi Bukaannya	2100 x 600 mm 750 x 1150 mm		2100 x 600 mm 750 x 1150 mm		2100 x 600 mm 750 x 1150 mm		2100 x 600 mm 750 x 1150 mm	
3.	Perbandingan Luas Bukaannya Terhadap Luas Dinding (<i>Window-to-Wall Ratio</i>)	Ruang Tengah Kamar Tidur	WWR: 31% WWR: 13%	Ruang Tengah Kamar Tidur	WWR: 31% 13%	Ruang Tengah Kamar Tidur	WWR: 31% 13%	Ruang Tengah Kamar Tidur	WWR: 31% 13%
Variabel Terikat									
4.	Tingkat Pencahayaan Rata-rata	Ruang Tengah	166 lux	166 lux		165 lux		171 lux	
		Kamar Tidur 01	234 lux	233 lux		232 lux		232 lux	
		Kamar Tidur 02	2,74 lux	2,61 lux		2,60 lux		2,49 lux	
5.	Indeks Kesilauan	Ruang Tengah	18,9	17,7		17,8		18,6	
		Kamar Tidur 01	35,6	35,4		35,4		36,3	
		Kamar Tidur 02	2,3	2,2		2,2		2,23	
6.	Nilai Keseragaman	Ruang Tengah	0,278	0,290		0,291		0,283	
		Kamar Tidur 01	0,159	0,158		0,158		0,157	
		Kamar Tidur 02	0,693	0,705		0,699		0,685	

Pada kondisi eksisting, tingkat pencahayaan ruang tengah sudah nyaman dan sesuai standar. Indeks kesilauan pada ruang tengah berada dibawah nilai maksimum. Namun nilai keseragaman berada dibawah standar minimum. Tingkat pencahayaan kamar tidur 01 dikategorikan sebagai ruangan yang nyaman–terlalu terang. Kamar tidur 01 memiliki indeks kesilauan yang melebihi nilai maksimum serta nilai keseragaman yang rendah. Sedangkan pencahayaan dan indeks kesilauan kamar tidur 02 juga sangatlah kurang. Berdasarkan analisis tersebut, dapat dinyatakan dapat disimpulkan bahwa kinerja jendela pada unit hunian tipe 2 BR 30 m² belum memenuhi dua kriteria kenyamanan visual, yaitu indeks kesilauan dan keseragaman persebaran cahaya. Agar pencahayaan alami pada unit hunian ini dapat sesuai dengan kriteria kenyamanan visual, maka dibutuhkan rekomendasi desain jendela yang dapat menurunkan indeks kesilauan, meningkatkan tingkat pencahayaan, dan meningkatkan pemerataan persebaran cahaya matahari pada unit hunian.

3.3.4. Kesimpulan Analisis Tingkat Pencahayaan Menggunakan 2 Tahap

Untuk menentukan tingkat ketepatan hasil pengukuran langsung di lapangan, maka dilakukan validasi melalui pengukuran menggunakan simulasi software DIALux yang kemudian hasil dari kedua tahap pengukuran tersebut dituangkan dalam bentuk tabulasi untuk dibandingkan.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengukuran pada Unit Tipe 2 BR 30m² Bukaian Selatan

Ruang Tengah															
Titik Ukur	Waktu Pengukuran														
	09.00					12.00					15.00				
	E (Lux)		DF		Validasi % (DF)	E (Lux)		DF		Validasi % (DF)	E (Lux)		DF		Validasi % (DF)
	Pengukuran Lapangan	Simulasi	Pengukuran Lapangan	Simulasi		Pengukuran Lapangan	Simulasi	Pengukuran Lapangan	Simulasi		Pengukuran Lapangan	Simulasi	Pengukuran Lapangan	Simulasi	
TUS (2)	721	754	0,072	0,075	4%	780	962	0,065	0,080	19%	574	614	0,057	0,061	7%
TUU (3)	1212	688	0,048	0,069	30%	1253	895	0,050	0,075	33%	588	316	0,028	0,032	11%
TUS (4)	850	501	0,040	0,050	19%	979	629	0,039	0,052	25%	688	402	0,034	0,040	14%

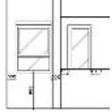
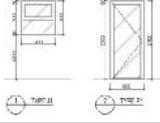
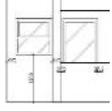
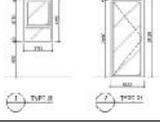
Kamar Tidur 01															
Titik Ukur	Waktu Pengukuran														
	09.00					12.00					15.00				
	E (Lux)		DF		Validasi % (DF)	E (Lux)		DF		Validasi % (DF)	E (Lux)		DF		Validasi % (DF)
	Pengukuran Lapangan	Simulasi	Pengukuran Lapangan	Simulasi		Pengukuran Lapangan	Simulasi	Pengukuran Lapangan	Simulasi		Pengukuran Lapangan	Simulasi	Pengukuran Lapangan	Simulasi	
TUS (1)	2309	999	0,110	0,100	10%	2378	1275	0,095	0,106	10%	2093	814	0,091	0,081	12%
TUU (2)	1218	507	0,058	0,051	14%	1266	720	0,051	0,060	16%	1199	432	0,052	0,043	21%
TUS (3)	1011	426	0,048	0,043	13%	1023	657	0,041	0,055	25%	897	356	0,039	0,036	10%

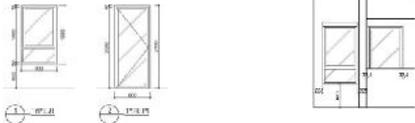
Pada kedua hasil pengukuran menunjukkan bahwa titik ukur (1) memiliki tingkat pencahayaan yang sangat tinggi, namun terdapat perbedaan tingkat pencahayaan cukup jauh dengan titik ukur (2) dan (3). Hal tersebut disebabkan oleh posisi jendela yang berada disamping hanya mampu mendistribusikan cahaya matahari di area yang dekat jendela. Oleh karena itu, berdasarkan hasil pengukuran tersebut, maka posisi jendela pada bidang jendela menjadi acuan untuk meningkatkan kenyamanan visual dalam proses rekomendasi desain.

3.4. Rekomendasi Desain

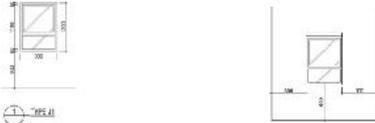
Rekomendasi desain bukaian dengan membuat beberapa skenario modifikasi desain bukaian pada unit hunian berdasarkan variabel-variabel bebas yang telah ditentukan hingga didapatkan kesimpulan berupa desain bukaian yang paling efektif dan menambahkan *clerestory* pada dinding partisi kamar tidur setinggi 0,4 meter.

Tabel 4. Rekomendasi Desain Bukaian Ruang Tengah pada Unit Hunian 2 BR 30 m²

Skenario	Orientasi Bukaian	WWR	Dimensi (mm)	Bentuk Bukaian	Posisi Bukaian Terhadap Lebar dan Tinggi Dinding
1	Utara	34%	P1 = 2100 x 600 J1 = 900 x 1200		
2	Utara	40%	P1 = 2100 x 900 J1 = 900 x 900		
3	Utara	41%	P1 = 2100 x 900 J1 = 750 x 1150		

4	Utara	44%	P1 = 2100 x 900 J1 = 900 x 1500	
---	-------	-----	------------------------------------	--

Tabel 5. Rekomendasi Desain Bukaannya Kamar Tidur pada Unit Hunian 2 BR 30 m²

Skenario	Orientasi Bukaannya	WWR	Dimensi (mm)	Bentuk Bukaannya	Posisi Bukaannya Terhadap Lebar dan Tinggi Dinding
1	Utara	16%	J1 = 900 x 1200		
2	Utara	20%	J1 = 900 x 1500		
3	Utara	21%	J1 = 1200 x 1200		
4	Utara	26%	J1 = 1200 x 1500		

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain tersebut, dapat ditentukan desain bukaannya yang paling efektif bagi masing-masing unit hunian dengan orientasi bukaannya yang berbeda. Tabel perbandingan hasil simulasi rekomendasi desain dengan kondisi eksisting adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Tingkat Kenyamanan Visual Rekomendasi Desain

Orientasi Bukaannya	Nama Ruang	Skenario 1			Skenario 2			Skenario 3			Skenario 4		
		E _{av} (Lux)	Glare Index	u ₀	E _{av} (Lux)	Glare Index	u ₀	E _{av} (Lux)	Glare Index	u ₀	E _{av} (Lux)	Glare Index	u ₀
Utara	Ruang Tengah	162	20,7	0,301	174	13,5	0,295	177	17	0,292	186	18,6	0,294
	Kamar Tidur 01	248	23,4	0,252	309	12,1	0,245	335	21,8	0,245	419	19,3	0,239
	Kamar Tidur 02	5,72	1,9	0,776	6,98	1,9	0,773	7,12	1,9	0,754	8,8	1,8	0,767
Timur	Ruang Tengah	162	20,8	0,311	171	13,4	0,313	174	16,2	0,305	189	17,9	0,309
	Kamar Tidur 01	247	23,6	0,251	308	12	0,246	334	21,7	0,245	418	19,3	0,240
	Kamar Tidur 02	6,04	2	0,760	7,5	2	0,723	7,5	2	0,743	9,46	1,9	0,719
Barat	Ruang Tengah	166	20	0,314	178	13	0,312	180	15,6	0,305	196	17,5	0,309
	Kamar Tidur 01	248	23,6	0,251	308	11,8	0,251	335	22	0,238	419	19,7	0,240
	Kamar Tidur 02	5,85	2	0,770	7,61	2	0,765	7,39	2	0,760	8,97	1,9	0,763
Selatan	Ruang Tengah	180	19,8	0,293	193	12,7	0,295	184	16,7	0,296	200	17,5	0,295
	Kamar Tidur 01	248	24	0,245	308	11,6	0,246	334	14,3	0,246	418	19,7	0,239
	Kamar Tidur 02	5,43	1,9	0,788	6,61	1,9	0,779	6,83	1,8	0,782	8,42	1,8	0,773

Tabel 7. Perbandingan Tingkat Kenyamanan Visual Eksisting dengan Rekomendasi Desain

Orientasi Bukaan	Nama Ruang	Desain Terpilih	Kesimpulan Kinerja Jendela Terhadap Standar	
			Eksisting	Rekomendasi Desain
Utara	Ruang Tengah	Skenario 1 (WWR 34%)	46,3%	50,1%
	Kamar Tidur 01	Skenario 1 (WWR 16%)	26,5%	42%
	Kamar Tidur 02		-	-
Timur	Ruang Tengah	Skenario 2 (WWR 40%)	48,5%	52,1%
	Kamar Tidur 01	Skenario 1 (WWR 16%)	26,3%	41,8%
	Kamar Tidur 02		-	-
Barat	Ruang Tengah	Skenario 1 (WWR 34%)	48,3%	52,3%
	Kamar Tidur 01	Skenario 1 (WWR 16%)	26,3%	41,8%
	Kamar Tidur 02		-	-
Selatan	Ruang Tengah	Skenario 3 (WWR 41%)	47%	49,3%
	Kamar Tidur 01	Skenario 2 (WWR 20%)	26,1%	41%
	Kamar Tidur 02		-	-

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dibahas pada poin sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa adanya pengaruh orientasi dan luas bukaan jendela terhadap tingkat kenyamanan visual dalam ruang unit hunian. Pengaruh *window-to-wall ratio* terhadap kenyamanan visual pada unit apartemen diuraikan sebagai berikut:

1. Performa lubang cahaya pada ruang tengah meningkat sebanyak rata-rata 4%, sedangkan kinerja jendela pada kamar tidur meningkat sebanyak 15% setelah dilakukan modifikasi desain.
2. Pada unit hunian tipe 2 BR 30 m² bukaan utara dan bukaan barat, total rasio luas jendela eksisting sebesar 44% diubah menjadi sebesar 50% dari luas total permukaan dinding. Pada unit hunian tipe 2 BR 30 m² bukaan timur, total rasio luas jendela eksisting sebesar 44% diubah menjadi sebesar 56%. Sedangkan pada unit hunian tipe 2 BR 30 m² bukaan selatan, total rasio luas jendela eksisting sebesar 44% diubah menjadi sebesar 61%.
3. Posisi bukaan jendela tengah meningkatkan nilai keseragaman.
4. Penambahan *clerestory* pada dinding partisi kamar tidur mampu meningkatkan tingkat pencahayaan pada kamar tidur 02.
5. Bukaan satu sisi tidak mampu menghasilkan nilai keseragaman yang mencapai standar minimum walaupun sudah dilakukan modifikasi desain. Bukaan multisisi merupakan strategi pencahayaan yang baik untuk distribusi cahaya yang lebih merata dalam ruang.

Daftar Pustaka

- Beckett, H.E., Godfrey, J.A. 1974. *Windows – Performance, Design & Installation*. London: Crosby Lockwood Staples.
- CIE-Commision Internationale de l'Eclairage. *Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky, Document ISO 15469:2004*. Tersedia di: cie.co.at (diakses November 2016).
- Daylighting and Window Design, Lighting Guide*. LG 10, 1999. London: CIBSE.
- Kroelinger, Michael D. 2005. *Daylight in Buildings*. Dimuat dalam *Implications* Vol 03 Issue 3, www.informedesign.umn.edu. Diakses pada 26 Desember 2015.
- SNI 03-2396-2001 tentang *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Szokolay, Steven V. 2004. *Introduction to Architectural Science the basis of sustainable design*, England: Architectural Press.