

Optimasi Kinerja Pencahayaan Alami melalui Rancangan *Courtyard Well* dan Bukaannya Cahaya pada Rusunawa Cingised Blok 4

Ghea Helena Firmansyah Putri¹, Sahid²

1, 2. Program Studi Magister Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung, 40141, Jawa Barat

Email: gheahelenaftp@gmail.com, sahid@unpar.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 12-08-2024
Disetujui 01-10-2024
Tersedia online 01-04-2025

Kata kunci:

Pencahayaan alami,
courtyard, bukaan cahaya,
rumah susun sederhana.

ABSTRAK

Saat ini terdapat fenomena kebutuhan akan hunian bagi masyarakat berpenghasilan rendah serta keterbatasan lahan. Maka diciptakan solusi pembangunan hunian berupa rumah susun bertingkat rendah. Pada desain tipe bangunan per tahun 2024, rumah susun sederhana bertingkat rendah memiliki *courtyard well* untuk meningkatkan kinerja pencahayaan alami. Namun hasil observasi menunjukkan pencahayaan alami di rumah susun sederhana bertingkat rendah, seperti Rusunawa Cingised Blok 4 masih belum optimal sehingga diperlukan optimasi. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh proporsi geometri *courtyard well* dengan mempertimbangkan obstruksi horizontal dari *single loaded corridor* yang mengelilingi *courtyard well*. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh konfigurasi *courtyard well* dan bukaan cahaya pada unit hunian yang optimal terhadap kinerja pencahayaan alami di Rusunawa bertingkat rendah Cingised Blok 4. Penelitian ini menggunakan metode evaluatif dan komparatif dengan pendekatan kuantitatif melalui simulasi digital. Simulasi berupa sistem *Radiance Ray Tracing* untuk *daylight metrics* berbasis *Climate Based Daylight Modelling* dan menggunakan *software* LightStanza. Hasil optimasi pada Rusunawa Cingised Blok 4 menunjukkan peningkatan dimensi lebar *courtyard well* dan variabel *Plan Aspect Ratio* akan meningkatkan kuantitas pencahayaan alami walaupun terdapat *overhang* dari koridor. Optimasi konfigurasi fasad unit hunian yang menghadap *courtyard well* melalui WWR (*Window to Wall Ratio*) bukaan cahaya jendela dapat meningkatkan distribusi dan kuantitas pencahayaan alami secara signifikan ke dalam ruang.

Keywords:

Daylighting, courtyard,
daylight opening, low-cost
housing.

ABSTRACT

Title: *Daylighting Performance Optimization Through Courtyard Well and Window Opening Design at Rusunawa Cingised Blok 4*

Low-rise apartments have emerged as a viable solution as the need for low-income housing grows and land becomes scarce. In the 2024 building type design of low-rise flats, courtyards were included to improve daylighting performance. However, observations show that daylighting in low-rise public housing, such as Cingised Block 4, is still not optimal, requiring evaluation and optimization. This study examines the effect of the courtyard well's geometric proportions, considering the horizontal obstruction from the single-loaded corridor surrounding the courtyard well. The research aims to determine the impact of optimal courtyard well configurations and light openings on natural lighting performance in Cingised Block 4 low-rise apartments. The study employs evaluative and comparative methods with a quantitative approach through digital simulation. The simulation uses the Radiance Ray Tracing system for daylight metrics based on Climate-Based Daylight Modelling and utilizes LightStanza software. The optimization results for Cingised Block 4 show that increasing the width dimensions of the courtyard well and the Plan Aspect Ratio variable will enhance the daylight quantity despite the corridor overhang. Optimizing the facade configuration of apartment units facing the courtyard well through the Window Wall Ratio (WWR) can significantly improve the distribution and quantity of daylight in the rooms.

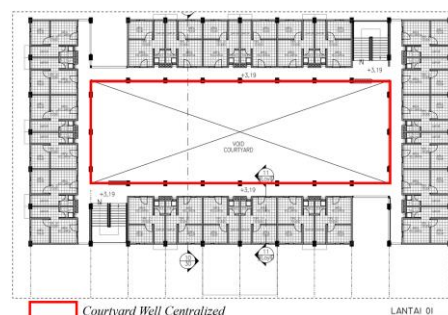
Pendahuluan

Pencahayaan alami dalam hunian memiliki peran penting untuk meningkatkan kualitas hidup penghuni dengan memberikan kenyamanan secara visual selama melakukan aktivitas sehari-hari. Hunian yang ramah lingkungan perlu diterapkan untuk memenuhi dasar layak huni (Green Building Council Indonesia, 2014). Kenyamanan visual pada hunian dipengaruhi intensitas besar kuatnya pencahayaan alami dalam memenuhi kecukupan pencahayaan untuk beraktivitas (Pangestu, 2019). Menurut Murbaintoro et al. 2009), hunian bertingkat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan akan hunian bagi setiap masyarakat (*shelter for all*). Hal ini diterapkan pada pembangunan rumah susun sederhana bagi masyarakat berpenghasilan rendah. Undang-Undang (UU) Nomor 20 Tahun 2011 Tentang Rumah Susun, (2011) pada pasal 3 memaparkan, rumah susun sederhana perlu untuk dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat berpenghasilan rendah (MBR) lewat permukiman dan hunian terpadu yang layak huni, sehat, aman, serta berkelanjutan.

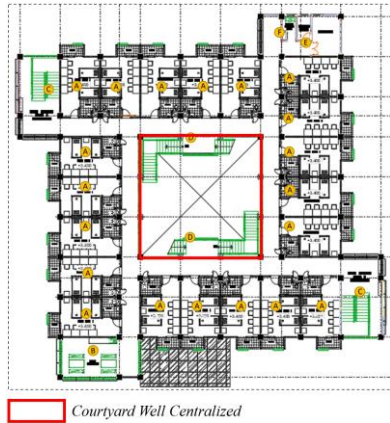
Pada profil desain tipe bangunan rumah susun per tahun 2024, yang bersumber dari Direktorat Rumah Susun, Kementerian PUPR, tipologi desain rumah susun sederhana bertingkat rendah saat ini menerapkan konsep berkelanjutan pada rancangannya (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023a). Desain Tipe Bangunan (DTB) rumah susun sederhana berkelanjutan memiliki tipologi bertingkat rendah 3-4 lantai, bentuk massa bangunan terpusat ke arah courtyard/atrium (*centralized*) untuk meningkatkan penetrasi pencahayaan alami ke ruang dalam unit hunian, dan *single loaded corridor* yang mengelilingi

courtyard. Pada unit hunian memiliki bukaan bilateral dengan dua sisi akses pencahayaan alami. Akses pencahayaan alami yang pertama adalah yang menghadap ke lingkungan sekitar dan yang kedua berasal dari *courtyard well*.

Terdapat beberapa rumah susun sederhana bertingkat rendah dengan *courtyard centralized* yang sudah terbangun dengan tipologi serupa DTB yaitu Rusunawa Cingised Blok 4 (Gambar 1), Rusunawa Kedaung Baru (Gambar 2), dan KSPT Cakung (Gambar 3). Pencahayaan alami pada tipologi Desain Tipe Bangunan (DTB) Rusunawa bertingkat rendah sangat dipengaruhi oleh proporsi geometri *courtyard well* dan obstruksi horizontal dari *single loaded corridor* (Kim & Kim, 2010; Sharples & Lash, 2007). Pada proporsi geometri *courtyard well* yang tidak optimal kuantitas dan penetrasi pencahayaan alami tidak merata di sepanjang sisi *courtyard* ke dalam unit hunian. Pada *courtyard well* dengan perbandingan tinggi serta lebar yang sempit menghasilkan tingkat pencahayaan alami rendah pada lantai-lantai di bawah (Sharples & Lash, 2007; Susa-Páez & Piderit-Moreno, 2020). Obstruksi horizontal dari koridor yang mengelilingi *courtyard well* dapat menjadi *overhang* bagi lantai di bawahnya, sehingga penetrasi pencahayaan alami terhalang dan tingkat iluminasi berkurang (Kim & Kim, 2010).

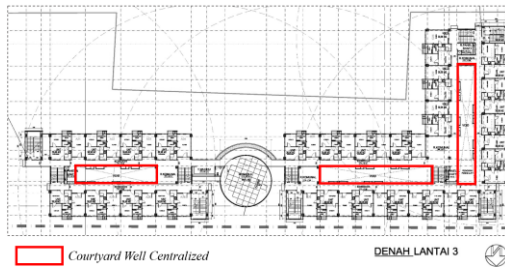


Gambar 1. Denah Rusunawa Cingised Blok 4
Sumber: Dokumentasi penulis, 2024



Gambar 2. Denah Rusunawa DTB Barak Jentera

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023b, dengan olahan penulis



Gambar 3. Denah KSPT Cakung

Sumber: Studio Akanoma, 2023, dengan olahan penulis

Objek studi yang diambil pada penelitian ini adalah Rusunawa Cingised Blok 4 di Kota Bandung. Rusunawa Cingised Blok 4 dipilih karena memiliki tipologi serupa DTB Rumah Susun tahun 2024 dengan *courtyard centralized* dan *single loaded corridor* yang mengelilingi *courtyard well*. Hasil observasi dari Rusunawa Cingised Blok 4 Bandung (Gambar 4) ditemukan rancangan rumah susun bertingkat rendah secara keseluruhan belum mempertimbangkan penerapan kinerja pencahayaan alami yang optimal ke dalam unit hunian. Berdasarkan hasil observasi, pada Rusunawa Cingised Blok 4 terdapat beberapa elemen rancangan yang menyebabkan kurang optimalnya kinerja pencahayaan alami, yakni konfigurasi bentuk geometri serta proporsi *courtyard well* yang belum

mempertimbangkan sudut penetrasi pencahayaan alami ke ruang dalam unit hunian. Lalu akses pencahayaan alami yang sempit karena penetrasi matahari terhalang oleh balkon internal/koridor di sekeliling *courtyard*, sehingga bukaan cahaya tidak mendapatkan *skyline* seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Courtyard Rusunawa Cingised Blok 4

Sumber: Dokumentasi penulis, 2024



Gambar 5. Potongan proporsi geometri courtyard well Rusunawa Cingised Blok 4

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Berdasarkan indikasi awal dari hasil observasi studi kasus, penelitian ini mengkaji optimasi konfigurasi bentuk cahaya pada unit hunian terhadap kinerja pencahayaan alami di Rumah Susun Sederhana Sewa bertingkat rendah Cingised Blok 4. Kinerja pencahayaan alami akan dikaji dengan simulasi digital. Simulasi dilakukan menggunakan sistem *Radiance Ray Tracing* dan *daylight metrics* berbasis *Climate-Based Daylight Modelling* (CBDM) melalui *software cloud-based LightStanza*. *Daylight metrics* yang akan dikaji adalah *sDA300/50%* (*Spatial Daylight Autonomy*) dan *ASE1000/250h* (*Annual*

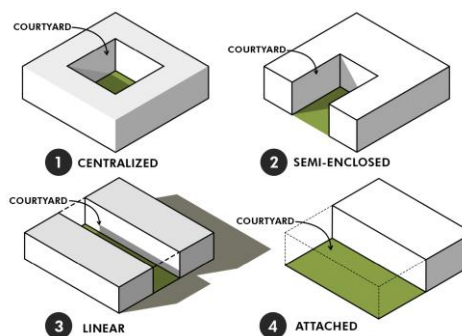
Sunlight Exposure) dengan mengacu pada LEED V.4 Daylight Option 1, USGBC.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui konfigurasi bentuk geometri *courtyard well* dan bukaan cahaya yang optimal terhadap kinerja pencahayaan alami pada bangunan rumah susun sederhana bertingkat rendah dalam mendukung aktivitas penghuninya. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah mengkaji pengaruh proporsi geometri *courtyard well* dengan mempertimbangkan obstruksi horizontal dari *single loaded corridor* yang mengelilingi *courtyard well*. Kemudian objek studi di optimasi untuk menghasilkan proporsi geometri *courtyard well* dan WWR fasad unit hunian menghadap *courtyard well* yang optimal terhadap obstruksi horizontal. Hal ini memberikan sumbangan ilmu pengetahuan di bidang arsitektur hunian bertingkat rendah yang lebih sesuai dengan tipologi Rusunawa di Indonesia atau sesuai dengan DTB.

Courtyard

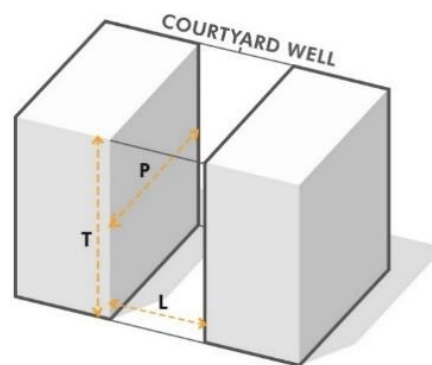
Courtyard merupakan void internal di dalam atau di antara massa bangunan yang memiliki bukaan cahaya atas ke langit (Sharples & Lash, 2007). Pada bangunan tebal (*deep plan buildings*) seperti rumah susun, *courtyard* dapat berpotensi untuk menjadi sumber pencahayaan alami. Terdapat empat tipe *courtyard* yang diklasifikasi berdasarkan sisi yang dilingkupi massa bangunan seperti pada Gambar 6, yaitu *centralized*, *semi-enclosed*, *attached*, dan *linear* (Hung, 2003; Sharples & Lash, 2007). Distribusi pencahayaan alami dari bukaan atas cahaya pada void di *courtyard* serupa dengan sumur cahaya (*lightwell*) yaitu dapat menyalurkan dan memantulkan cahaya alami hingga ke lantai-lantai di bawahnya. Sehingga void pada *courtyard* disebut *courtyard well*

dengan berbentuk segi empat, terdiri dari lebar (L), panjang (P), dan tinggi (T) seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Tipe-tipe courtyard

Sumber: Hung, 2003; Sharples & Lash, 2007, diilustrasikan kembali oleh penulis



Gambar 7. Geometri courtyard well

Sumber: Sharples & Lash, 2007, diilustrasikan kembali oleh penulis

Pada bangunan bertingkat rendah, *courtyard* memberikan pencahayaan alami yang lebih efektif dibandingkan atrium (Acosta et al., 2013; Aldawoud & Clark, 2008). Kriteria yang mempengaruhi kinerja pencahayaan alami pada rumah susun sederhana bertingkat rendah yang memiliki *courtyard* adalah konfigurasi geometri *courtyard well*, konfigurasi bidang fasad *courtyard well*, dan bentuk serta konfigurasi ruang di sekitar *courtyard* (*adjacent spaces*) yaitu unit hunian (Samant, 2011; Sharples & Lash, 2007; Zhao et al., 2015).

Konfigurasi Bentuk Geometri dan Proporsi Courtyard Well

Besaran kuat penetrasi pencahayaan alami serta distribusinya pada *courtyard* dan ruang-ruang sekitarnya dipengaruhi oleh geometri, dimensi, dan proporsi dari *courtyard well* (Ghasemi et al., 2015). Menurut Sharples & Lash (2007) dan Susa-Páez & Piderit-Moreno (2020), terdapat beberapa parameter rasio untuk mengkaji geometri dari *courtyard well*, yaitu *Plan Aspect Ratio* (PAR), *Section Aspect Ratio* (SAR), dan *Well Index* (WI). *Plan Aspect Ratio* (PAR) adalah indikator geometri proporsi denah lantai *courtyard well* yang ditentukan berdasarkan perbandingan antara lebar (L) dan panjang (P). *Section Aspect Ratio* (SAR) adalah indikator geometri proporsi potongan *courtyard well* yang ditentukan berdasarkan perbandingan antara tinggi (T) dan lebar (L). *Well Index* (WI) adalah indikator geometri proporsi *courtyard well* yang berhubungan dengan luas permukaan vertikal dan luas permukaan horizontal.

Plan Aspect Ratio dengan nilai $0,9 < PAR < 1$ memiliki bentuk *courtyard* persegi. Peningkatan lebar *courtyard* menghasilkan kuantitas pencahayaan alami yang optimal, luas bukaan atas bertambah dan nilai *sky view angle* dari lantai *courtyard* dan ruang sekitar *courtyard* meningkat. PAR dengan nilai $0,4 < PAR < 0,9$ memiliki bentuk *courtyard* persegi panjang dan potensi penetrasi pencahayaan alami vertikal yang lebih besar, namun distribusi pencahayaan alami tidak merata di sepanjang lebar *courtyard well*. Nilai $PAR < 0,4$ merupakan *courtyard linear* dengan tingkat pencahayaan alami tertinggi di tengah *courtyard well* dan berkurang semakin ke tepi (Ghasemi et al., 2015; Sharples & Lash, 2007).

Courtyard well dengan proporsi yang efektif untuk pencahayaan alami

memiliki nilai *Section Aspect Ratio* $1 < SAR < 2$ dan $SAR \approx 1$. Kuantitas pencahayaan alami meningkat dan distribusi pencahayaan alami merata pada area lebar *courtyard well*. Pada $SAR < 1$ memiliki bentuk *courtyard well* yang dangkal dengan pencahayaan alami didominasi oleh *Sky Component* (SC). *Courtyard well* yang dalam dengan lebar yang sempit memiliki nilai $SAR \geq 2$ (Sharples & Lash, 2007; Susa-Páez & Piderit-Moreno, 2020).

Nilai yang optimal untuk memenuhi tingkat iluminasi pada ruang sekitar *courtyard well* adalah yang memiliki *Well Index* $0,2 < WI \leq 1,5$. Kuantitas pencahayaan alami pada ruang sekitar *courtyard* bertambah seiring dengan luas area penerimaan cahaya alami pada atrium yang bertambah. Pada *Well Index* dengan nilai $WI > 1,5$ memiliki *courtyard well* yang dalam (*deep well*) dan kuantitas pencahayaan alami berkurang seiring dengan penambahan tinggi *courtyard well* (Calcagni & Paroncini, 2004; Sharples & Lash, 2007). Semakin rendah *Well Index*, semakin banyak akses pencahayaan alami pada lantai-lantai bawah (Erlendsson, 2014).

Konfigurasi Bidang Fasad Courtyard Well

Obstruksi pencahayaan alami berasal dari bangunan sekitar, struktur, teritis, dan elemen lainnya yang dapat menciptakan pembayangan sehingga penetrasi cahaya berkurang (Bournas, 2020). Penelitian Kim & Kim (2010) pada bangunan yang memiliki void berupa *courtyard well* dengan koridor di sekelilingnya perlu memperhatikan konfigurasi geometri dari balkon internal/koridor terhadap kinerja pencahayaan alami ke dalam ruang sekitar. Balkon internal dapat menjadi obstruksi horizontal berupa *overhang* yang menjadi pembayang bagi lantai di bawah, sehingga penetrasi pencahayaan alami ke ruang sekitar *courtyard*

berkurang. Berdasarkan penelitian Kim & Kim (2010), untuk $WI > 1$, lebar balkon yang optimal adalah kurang dari 3 meter.

Tipologi *courtyard well* dengan bukaan cahaya atas perlu mempertimbangkan sudut *sky view* dan *no-sky line* untuk mengukur obstruksi yang terjadi. Hal ini berdampak pada distribusi dan kuantitas pencahayaan alami ruang dalam (Susa-Páez & Piderit-Moreno, 2020). Sudut *sky view* (θ) berhubungan dengan sudut obstruksi yang ditarik garis dari tengah bukaan cahaya diukur secara horizontal. Sehingga semakin tinggi dan dekat obstruksi, semakin berkurang penetrasi cahaya yang masuk ke dalam ruang (Littlefair et al., 2022). Standar sudut *sky view* (θ) yang optimal adalah $\theta > 65^\circ$. Pada sudut *sky view* (θ) $45^\circ < \theta < 65^\circ$ dibutuhkan bukaan cahaya besar dan *layout* bidang kerja yang mendekati bukaan cahaya. Sudut *sky view* (θ) $< 45^\circ$ sulit untuk mencukupi kebutuhan pencahayaan alami dalam ruang. *No-sky line* merupakan indikator distribusi pencahayaan alami dalam ruang dilihat dari garis yang ditarik dari obstruksi eksternal. Garis *no-sky line* membagi bidang kerja yang dapat melihat langit dan yang tidak. Area di belakang *no-sky line* tidak mendapat pencahayaan alami mengakibatkan pencahayaan dalam ruang akan terlihat gelap dan redup dibandingkan area lainnya (Littlefair et al., 2022). Area *no-sky line* dapat berkurang dengan menambahkan ketinggian bukaan cahaya dan memundurkan fasad dari obstruksi (Chartered Institution of Building Services Engineers [CIBSE], 1999).

Konfigurasi Ruang Sekitar (*Adjacent Spaces*) Courtyard

Dimensi bukaan cahaya berpengaruh terhadap daya jangkauan cahaya ke dalam ruangan (Pangestu, 2019). Menurut ASHRAE (2013), *Window to Wall Ratio*

(WWR) adalah indikator pengukuran pada untuk mengukur proporsi rasio antara luas fasad bangunan dengan luas fasad yang menggunakan kaca. *Window to Wall Ratio* (WWR) bermanfaat untuk mengevaluasi kinerja pencahayaan alami, kenyamanan visual, dan peletakan pencahayaan (Mangkuto et al., 2016). Peningkatan tingkat iluminasi pada lantai *courtyard well* dapat dengan menambah WWR secara bertahap dari permukaan vertikal lantai terdasar hingga lantai teratas. Hal ini bermanfaat untuk meningkatkan pantulan cahaya dan penetrasi cahaya pada jendela (Susa-Páez & Piderit-Moreno, 2020). Pada penelitian Mangkuto et al. (2021) spesifikasi bukaan cahaya yang optimal merupakan WWR 30%, nilai reflektivitas 0,8, orientasi bukaan ke arah selatan. Pada Acosta et al. (2016) penelitian nilai WWR yang optimal adalah 60%, kedalaman ruang 4-6 meter.

Metode

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah evaluatif dan komparatif. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan teknik simulasi digital, berupa sistem *Radiance Ray Tracing* untuk *daylight metrics* berbasis *Climate Based Daylight Modelling* (CBDM) dan *software* LightStanza. Metode pengukuran dengan *Radiance Ray Tracing* dipilih karena dapat memperhitungkan kuantitas dan kualitas pencahayaan alami berbasis CBDM dengan data matahari dan kondisi langit sesuai tapak yang spesifik (Mohsenin & Hu, 2015). Kelebihan *software* LightStanza adalah pengaturan data material yang lebih rinci dan sudah terintegrasi dengan metrik pencahayaan alami dinamis yang mengacu pada LEED v4.1.

Hasil penelitian ini adalah evaluasi dan optimasi konfigurasi bentuk geometri *courtyard well* dan bukaan cahaya terhadap kinerja pencahayaan alami dalam mendukung aktivitas penghuni di Rusunawa Cingised Blok 4. Penelitian ini dilakukan di Rusunawa Cingised Blok 4, Jalan Cingised No. 125, Cisaranten Kulon, Kecamatan Arcamanik, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat. Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja pencahayaan alami pada studi kasus merupakan studi literatur, observasi, dokumentasi, wawancara, pengukuran kuantitas pencahayaan alami eksisting menggunakan *light meter*, dan pengukuran pencahayaan alami secara keseluruhan dengan metode simulasi digital. Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan analisis, sebagai berikut.

Tahapan Analisis 1

Evaluasi kinerja pencahayaan alami eksisting dengan pengukuran besaran pencahayaan alami menggunakan alat *Data Logger Light Meter Pro* untuk memperoleh tingkat iluminasi (E) dengan satuan Lux (Lumen/m²). Pengumpulan data tingkat iluminasi pencahayaan alami pada kondisi eksisting dilakukan pukul 10:00-12:00. Pengumpulan data diambil berdasarkan titik ukur yang sudah ditentukan pada lantai dasar, 2, 3, 4, dan 5. Titik ukur dibagi menjadi dua area, yaitu area koridor, dan unit hunian di ruang keluarga dan kamar tidur seperti pada Gambar 8, 9, 10. Data hasil pengukuran digunakan untuk mengonfirmasi dan memvalidasi hasil simulasi digital. Simulasi berbasis metrik pencahayaan alami statik berupa tingkat iluminasi (E) dengan *software cloud-based LightStanza* pada objek studi.

Pada simulasi dengan metrik statik pengambilan data dilakukan pada 21 Juni, 21 September, dan 21 Desember. Pada tanggal 21 Juni dan 21 Desember sudut datang cahaya matahari ke permukaan bumi kecil sehingga penyebaran cahaya lebih luas dengan kuat pencahayaan dan radiasi panas yang berkurang. Tanggal 21 September diambil untuk mengetahui tingkat iluminasi saat posisi matahari berada di atas khatulistiwa. Pada tanggal ini sudut datang cahaya matahari mendekati 90° dan terkonsentrasi pada area yang sempit, sehingga kuat pencahayaan, radiasi panas matahari, dan kontras cahaya sangat tinggi (Lechner, 2015; Pangestu, 2019). Parameter simulasi dengan metrik statik seperti Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Parameter simulasi pencahayaan alami eksisting statik

Simulasi dengan <i>Daylight Metrics Static</i>	
Tingkat Iluminasi – E (Lux)	
Tanggal Simulasi	21 Juni
	21 September
	21 Desember
Waktu Simulasi	09:00–12:00–15:00

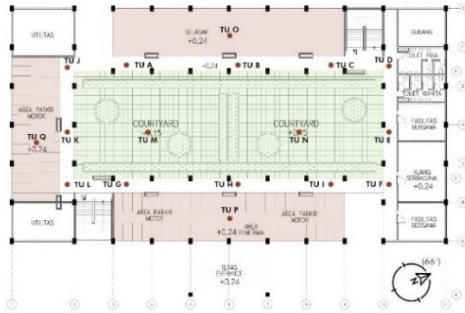
Sumber: Lechner, 2015

Tahap Analisis 2

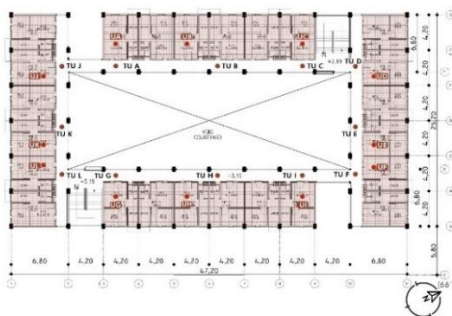
Kriteria perancangan *courtyard well* serta ruang sekitarnya yang optimal terhadap kinerja pencahayaan alami di hunian bertingkat rendah berdasarkan hasil studi literatur.

Tahap Analisis 3

Optimasi konfigurasi bentuk geometri *courtyard well* dan bukaan cahaya pada unit hunian sekitar *courtyard* di studi kasus menggunakan metrik CBDM dengan *software LightStanza*. Pengambilan data sesuai dengan titik ukur yang sudah ditentukan seperti pada Gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 8. Titik ukur pada denah lantai dasar Rusunawa Cingised Blok 4
Sumber: Hasil analisis penulis, 2024



Gambar 9. Titik ukur pada denah tipikal lantai 2, 3, 4, dan 5 Rusunawa Cingised Blok 4
Sumber: Hasil analisis penulis, 2024



Gambar 10. Titik ukur pada denah unit hunian Rusunawa Cingised Blok 4
Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Kinerja pencahayaan alami yang diukur menggunakan metrik pencahayaan alami dinamis menghasilkan data kuantitas dan kualitas pencahayaan alami pada suatu ruang dalam bangunan selama satu tahun (*annual*), pada rentang waktu penggunaan ruang (Reinhart et al., 2006). Pada Tabel 2 merupakan parameter simulasi metrik pencahayaan alami dengan CBDM.

Tabel 2. Parameter simulasi *daylight metrics* CBDM

<i>Daylight Metrics</i> Dinamis (CBDM)	
<i>Spatial Daylight Autonomy</i> – sDA300/50%	
1. Kondisi Langit	<i>Climate Sky</i>
2. Target Iluminasi	300 Lux
3. sDA Time Threshold	50 %
4. Standar sDA300/50%	<ul style="list-style-type: none"> • 75 % - optimal • 55-74% - <i>acceptable</i> • < 55 % - tidak optimal
<i>Annual Sunlight Exposure</i> – ASE1000/250h	
1. Kondisi Langit	<i>Climate Sky</i>
2. ASE Time Threshold	250 hours (jam)
3. Standar ASE1000/250h	<ul style="list-style-type: none"> • < 10%: tidak terdeteksi glare (silau) • > 10%: potensi glare

Sumber: USGBC, 2020

Pada penelitian ini, variabel terikat (*dependen*) yang dipengaruhi variabel bebas adalah kinerja pencahayaan alami dari rumah susun sederhana bertingkat rendah. Kinerja pencahayaan alami yang dikaji adalah kuantitas dan kualitas pencahayaan alami. Variabel bebas (*independen*) akan dikaji pada optimasi kinerja pencahayaan alami studi kasus. Nilai dari variabel bebas (Tabel 3) diperoleh dari hasil evaluasi studi literatur terhadap rumah susun sederhana bertingkat rendah.

Tabel 3. Variabel bebas penelitian

No.	Variabel Bebas	Deskripsi
Konfigurasi bentuk geometri dan proporsi courtyard well		
1.	<i>Plan Aspect Ratio</i> PAR (L/P)	Lebar <i>courtyard well</i> mempengaruhi nilai PAR. Nilai variabel PAR adalah: <ul style="list-style-type: none"> • PAR = 0,4 • PAR = 0,6 • PAR = 0,9-1
Bentuk dan Konfigurasi Ruang Sekitar (Adjacent Spaces) Courtyard		
2.	<i>Window to Wall Ratio</i> (WWR)	Nilai variabel WWR yang dikaji adalah: <ul style="list-style-type: none"> • WWR = 30% • WWR = 40% • WWR = 60%

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Hasil dan Pembahasan

Evaluasi Kinerja Pencahayaan Alami Eksisting pada *Courtyard Well* dan Ruang Dalam Unit Hunian Rusunawa Cingised Blok 4

Tapak preseden berada di Jalan Cingised, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia dengan kondisi langit dominan *overcast sky*. Indonesia berada di ekuator dengan iklim tropis, yang memiliki terang cahaya sama sepanjang tahun, dengan sudut matahari paling Utara dan Selatan di sudut 23,5°. Kondisi langit dominan sembilan puluh persennya (90%) berupa awan dengan kepadatan merata (Pangestu, 2019).

Data Pengukuran Pencahayaan Alami Eksisting Rusunawa Cingised Blok 4 Hasil pengukuran tingkat iluminasi pencahayaan alami eksisting dengan light

meter pada area koridor dan lantai courtyard di Rusunawa Cingised Blok 4 dengan titik ukur sesuai Gambar 8 dan 9 dapat dilihat pada Tabel 4. Kondisi langit dan cuaca saat pengukuran adalah cerah terik dengan langit sedikit berawan setelah jam 12:00. Hasil pengukuran ini digunakan untuk memvalidasi hasil simulasi tingkat iluminasi eksisting dengan *software* LightStanza pada Tabel 5. Tingkat iluminasi eksisting studi kasus area koridor memenuhi standar SNI 6197:2020 yaitu >100 Lux. Pada lantai 2 rata-rata tingkat iluminasi 1703,74 Lux, lantai 3 2498,83 Lux, dan lantai 5 2597,75 Lux. Semakin rendah level lantai koridor tingkat pencahayaan alami eksisting semakin menurun. Titik ukur di ujung/tepi *courtyard well* memiliki tingkat iluminasi yang lebih rendah dibandingkan dengan titik ukur di area tengah *courtyard well*.

Tabel 4. Pengukuran pencahayaan alami manual pada koridor dan lantai *courtyard well*

Lantai	Pengukuran Pencahayaan Alami (Lux Meter)		Titik Ukur <i>Courtyard Well</i>							
			Dalam Bangunan					Eksterior		
			TU E	TU M	TU N	TU O	TU P	TU EB	TU EC	
Dasar	Tingkat iluminasi (Lux) 19 Oktober 2023	12:00	527	70800	74600	551	739	82700	197000	

Lantai	Pengukuran Pencahayaan Alami (Lux Meter)		Titik Ukur <i>Courtyard Well</i> dan Balkon Internal											
			Southeast			Southwest			Northwest			Northeast		
			TU A	TU B	TU C	TU D	TU E	TU F	TU G	TU H	TU I	TU J	TU K	TU L
2	Tingkat iluminasi (Lux) 11 Oktober 2023	10:00	2050	1771	1390	197	2820	763	3020	3760	2970	473	1113	117,9
3			2210	2470	1878	246	3880	896	4200	6020	5310	662	1921	293
5			2650	2240	3320	372	2890	1197	5620	6150	2300	796	3080	558

Sumber: Hasil olahan penulis, 2023



Gambar 11. Unit hunian Rusunawa Cingised Blok 4

Sumber: Dokumentasi penulis, 2023

Hasil pengukuran tingkat iluminasi pencahayaan alami pada unit hunian

yang sesuai dengan desain prototipe seperti pada Gambar 11 (bagian kiri) adalah tipe studio. Tingkat iluminasi di ruang keluarga dan kamar tidur memenuhi standar > 100 Lux dengan besaran 111,3-153 Lux. Hal ini disebabkan tidak adanya penghalang pada penetrasi pencahayaan alami dari jendela fasad urban hingga ke ruang keluarga. Pada unit hunian yang memasang partisi di antara kamar tidur dan ruang keluarga seperti pada

Gambar 11 (bagian kanan), area ruang keluarga memiliki tingkat iluminasi yang rendah dan tidak memenuhi standar yaitu 25 Lux. Sedangkan tingkat iluminasi pada kamar tidur adalah 125 Lux. Ruang keluarga hanya mendapatkan pencahayaan alami dari bukaan cahaya yang menghadap *courtyard well*.

Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Eksisting Rusunawa Cingised Blok 4 Simulasi dengan metrik statik berupa tingkat iluminasi E (Lux) menggunakan parameter sesuai dengan Tabel 1. Simulasi dengan metrik dinamis mengacu pada parameter Tabel 2. Grid antar sensor merupakan 50×50 cm dengan ketinggian 75 cm dari permukaan lantai. Berdasarkan simulasi, tingkat iluminasi pencahayaan alami (Tabel 5) pada area koridor dan lantai *courtyard* Rusunawa Cingised Blok 4 sudah memenuhi yaitu ≥ 100 Lux.

Tabel 5. Hasil simulasi kinerja pencahayaan alami rata-rata eksisting pada setiap lantai

Lantai	E (Lux)	sDA300/50% (%)	ASE1000/250h (%)
Area Koridor / Balkon Internal			
Dasar	1416,5	98,10%	62,29%
Lt. 2	1204	99,56%	32,24%
Lt. 3	1563	99,56%	45,83%
Lt. 4	1987	99,56%	53,51%
Lt. 5	1517	99,56%	27,19%
Unit Hunian			
Lt. 2	266,69	12,30%	0,00%
Lt. 3	337,59	13,67%	0,00%
Lt. 4	421,82	21,00%	0,00%
Lt. 5	422,58	37,00%	0,00%

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Data hasil simulasi kuantitas pencahayaan alami dengan metrik sDA300/50% menghasilkan persentase yang optimal ($\geq 75\%$) pada seluruh area koridor di lantai dasar, 2, 3, 4, dan 5, dengan hasil di atas 90%. Simulasi kualitas pencahayaan alami dengan

metrik ASE1000/250h, menghasilkan persentase di atas 20% pada seluruh lantai. Hasil ini berpotensi menyebabkan silau ($\geq 10\%$) pada area koridor di lantai dasar, 2, 3, 4, dan 5.

Simulasi tingkat iluminasi pada unit hunian (Tabel 5) di titik ukur 1 (Gambar 10) yang berada di area koridor dekat bukaan cahaya yang menghadap *courtyard well* memenuhi standar yaitu ≥ 100 Lux, dengan kisaran hasil 447-2379 Lux. Area ruang keluarga pada titik ukur 3 dan 4 memiliki tingkat iluminasi cenderung rendah dan tidak memenuhi standar tingkat pencahayaan minimum yaitu 20-134 Lux. Hasil simulasi kuantitas pencahayaan alami menggunakan metrik sDA300/50% pada unit hunian di Rusunawa Cingised Blok 4 lantai 2, 3, 4, dan 5, menghasilkan persentase dibawah 75% pada lantai 2, 3, 4, yaitu berkisar 12,8%-54,68% dan diatas 75% di beberapa titik ukur lantai 5 yaitu berkisar 27,84%-84,12%. Simulasi dengan metrik ASE1000/250h, menghasilkan persentase 0% pada seluruh unit hunian sehingga pencahayaan alami tidak berpotensi menyebabkan silau ($< 10\%$).

Evaluasi Kriteria yang Mempengaruhi Distribusi Pencahayaan Alami pada Courtyard Well dan Unit Hunian Sekitar Courtyard di Studi Kasus Rusunawa Cingised Blok 4

Kriteria konfigurasi geometri *courtyard well*, konfigurasi bidang fasad *courtyard well*, dan konfigurasi unit hunian (*adjacent spaces*) berdasarkan studi literatur yang akan dievaluasi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja pencahayaan alami studi kasus, dapat dilihat pada Tabel 6. Tabel 7 dan Tabel 8 merupakan evaluasi kriteria konfigurasi bentuk *courtyard well* dan unit hunian pada studi kasus. Tipe *courtyard well* pada Rusunawa Cingised

Blok 4 adalah tipe *centralized* yang berorientasi terpusat dengan 4 sisinya dilingkupi oleh unit hunian dan memiliki tipe *adjoining*, dilihat dari koridor/balkon internal yang mengelilingi *courtyard well*. Pada studi kasus, tipe *courtyard*

centralized mempengaruhi sumber pencahayaan alami yang hanya berasal dari bukaan atas *courtyard well*. Konfigurasi geometri dan proporsi *courtyard well* studi kasus dapat dilihat pada Gambar 12.

Tabel 6. Kriteria yang mempengaruhi kinerja pencahayaan alami pada bangunan hunian bertingkat rendah dengan *courtyard* berdasarkan studi literatur

Kriteria	Value	Efek Pencahayaan Alami
Konfigurasi Bentuk Geometri dan Proporsi <i>Courtyard Well</i>		
PAR <i>Plan Aspect Ratio</i> (L/P)	$0,9 < PAR < 1$	<i>Courtyard</i> persegi Peningkatan lebar <i>courtyard well</i> , kuantitas pencahayaan alami akan meningkat.
	$0,4 < PAR < 0,9$	<i>Courtyard</i> persegi panjang Potensi penetrasi pencahayaan alami vertikal yang lebih besar namun distribusi pencahayaan alami tidak merata di lebar <i>courtyard well</i> .
	$PAR < 0,4$	<i>Courtyard linear</i> Kuantitas pencahayaan alami meningkat dan distribusi pencahayaan alami tidak merata di lebar <i>courtyard well</i> .
SAR <i>Section Aspect Ratio</i> (T/L)	$1 < SAR < 2$ $SAR \approx 1$	<i>Courtyard well</i> dengan proporsi yang efektif untuk pencahayaan alami. Pencahayaan alami didominasi oleh <i>sky component</i> (SC).
	$SAR < 1$	<i>Courtyard well</i> yang dangkal. Tingkat pencahayaan alami tertinggi berada di tengah <i>courtyard</i> dan berkurang ke arah tepi <i>courtyard</i> .
	$SAR \geq 2$	<i>Courtyard well</i> yang dalam dengan lebar yang sempit. Tingkat pencahayaan alami menurun seiring bertambahnya kedalaman <i>courtyard well</i> .
WI <i>Well Index</i> $(SAR \times (PAR+1))/2$	$0,2 < WI \leq 1,5$	Nilai yang optimal untuk memenuhi tingkat iluminasi pada ruang sekitar <i>courtyard well</i>
	$WI > 1,5$	<i>Courtyard well</i> yang dalam Kuantitas pencahayaan alami dan <i>sky component</i> (SC) berkurang seiring bertambahnya nilai WI.
Konfigurasi Bidang Fasad <i>Courtyard Well</i>		
<i>Interior Obstruction</i> Lebar Balkon Internal / Koridor	Lebar Balkon < 3m dengan WI < 1.0	Balkon internal menjadi <i>overhang</i> bagi lantai di bawahnya yang menyebabkan berkurangnya penetrasi pencahayaan alami ke ruang dalam.
Geometri Ruang Sekitar <i>Courtyard Well</i>		
WWR <i>(Window to Wall Ratio)</i>	Optimal WWR $\geq 60\%$ (kedalaman ruang 4-6 meter)	Minimal WWR 30% memastikan <i>view</i> ke arah luar tetap tersedia. Maksimal WWR 80% untuk membatasi efek negatif dari penetrasi sinar matahari yang berlebih.

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Tabel 7. Konfigurasi bentuk geometri dan bidang fasad *courtyard well* studi kasus

Tipe <i>Courtyard</i>	Luas Tapak	Luas Lantai	<i>Courtyard Panjang</i> (P)	<i>Courtyard Lebar</i> (L)	<i>Courtyard Tinggi</i> (T)	Total Tinggi <i>Courtyard</i> (T)	Jumlah Lantai	PAR <i>Plan Aspect Ratio</i> (L/P)	SAR <i>Section Aspect Ratio</i> (T/L)	WI <i>Well Index</i> $= (SAR \cdot (PAR+1))/2$ $= ((T \cdot (P+L))/(2 \cdot P \cdot L))$
Centralized (4 sided)	50 x 36 m 1.800 m ²	389,76 m ²	33,6 m	11,6 m	3 m	16,3 m	5 lantai	0,3452381	1,405172414	0,945145731

Keterangan:

PAR: L/P	$0,4 < PAR < 0,9$	$0,9 < PAR < 1$	PAR < 0,4
SAR: T/L	$1 < SAR < 2$ $SAR \approx 1$	SAR < 1	SAR ≥ 2
WI (Well Index)	$0,2 < WI \leq 1,5$	WI > 1,5	

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

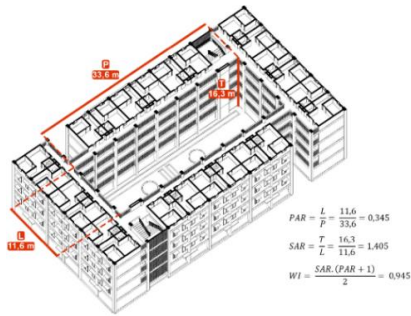
Tabel 8. Konfigurasi bentuk geometri unit hunian pada Rusunawa Cingised Blok 4

Balkon Internal Koridor Lebar (L)	Balkon Internal Tinggi (T)	WWR Balkon yang Menghadap <i>Courtyard</i> Bukan Cahaya (per lantai)	Luas Unit Hunian m ²	Unit Hunian Panjang (P)	Unit Hunian Lebar (L)	Unit Hunian Tinggi (T)	Unit Hunian Kedalaman Ruang Keluarga dari Fasad <i>Courtyard</i>	WWR Jendela yang Menghadap <i>Courtyard</i> Jendela (R. Keluarga)
1,6 m	2,8 m	42%	21,84	5,2 m	4,2 m	2,8 m	3 m	15,00%

Keterangan:

Lebar Balkon Internal	Lebar koridor < 3 m		Lebar koridor > 4 m
<i>Window to Wall Ratio</i> (WWR)	WWR > 30%	WWR $\geq 60\%$	WWR > 80%

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024



Gambar 12. Konfigurasi geometri dan proporsi courtyard well pada studi kasus

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Optimasi Rancangan Geometri Courtyard Well dan Unit Hunian terhadap Kinerja Pencahayaan Alami pada Studi Kasus Rusunawa Cingised Blok 4

Strategi optimalisasi untuk meningkatkan kinerja pencahayaan alami pada Rusunawa Cingised Blok 4 dengan memanipulasi nilai Plan Aspect Ratio (PAR) dan nilai Window to Wall Ratio (WWR).

Optimasi 1: Konfigurasi Bentuk Geometri Courtyard Well (Plan Aspect Ratio – PAR)

Nilai PAR eksisting 0,345 pada proporsi courtyard well tidak optimal untuk mendistribusikan pencahayaan alami secara merata. Maka strategi optimasi yang pertama adalah memanipulasi dimensi lebar courtyard well sesuai dengan variabel PAR yang ditentukan. Optimalisasi ini akan mengkaji hubungan penambahan lebar courtyard well terhadap kinerja pencahayaan alami unit hunian dan koridor/balkon internal. Lebar unit hunian merupakan 4,2 meter, sehingga penambahan lebar courtyard well merupakan kelipatan dari 4,2 meter. Variabel bebas PAR yang akan di optimasi memiliki nilai 0,4, 0,6, dan 0,9-1. Tabel 9 berikut merupakan gambar dan tabel geometri model optimasi PAR.

Tabel 9. Model Optimasi 1 – PAR

Model	PAR	Lebar Courtyard Well	Unit Hunian
Model 1	0,4 (0,47)	15,8 m	+ 1 Unit Hunian
Model 2	0,6 (0,59)	20 m	+ 2 Unit Hunian
Model 3	0,9-1 (0,97)	32,6 m	+ 5 Unit Hunian

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

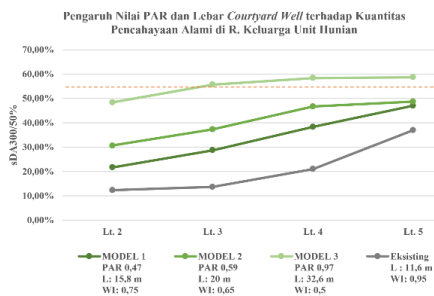
Pada setiap model optimasi PAR di area koridor/balkon menunjukkan hasil simulasi sDA300/50% optimal di seluruh titik ukur setiap lantai dengan hasil diatas 90%. Hasil simulasi ASE1000/250h pada model 1 adalah 42,68%, model 2 44,99%, dan model 3 47,84%. Hal ini mengindikasikan pada area koridor setiap model optimasi berpotensi silau (> 10%) di seluruh lantai. Tabel 10 merupakan hasil simulasi rata-rata sDA300/50% dan ASE1000/250h pada unit hunian di setiap lantai terhadap variabel PAR.

Tabel 10. Hasil simulasi kinerja pencahayaan alami rata-rata terhadap variabel PAR

Well Index	Lantai	sDA300/50% (%)	ASE1000/250h (%)
Model Eksisting: PAR 0,35 (L = 11,6m)			
0,95	Lt. 2	12,33%	0%
	Lt. 3	13,67%	0%
	Lt. 4	21%	0%
	Lt. 5	37%	0%
Model 1: PAR 0,47 (L = 15,8 m)			
0,47	Lt. 2	21,67%	0%
	Lt. 3	28,67%	0%
	Lt. 4	38,33%	0%
	Lt. 5	47%	0%
Model 2: PAR 0,59			
0,59	Lt. 2	30,67%	0%
	Lt. 3	37,33%	0%
	Lt. 4	46,67%	0%
	Lt. 5	48,67%	0%
Model 3: PAR 0,97			
0,97	Lt. 2	48,33%	0%
	Lt. 3	55,67%	0%
	Lt. 4	58,33%	0%
	Lt. 5	58,67%	0%

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

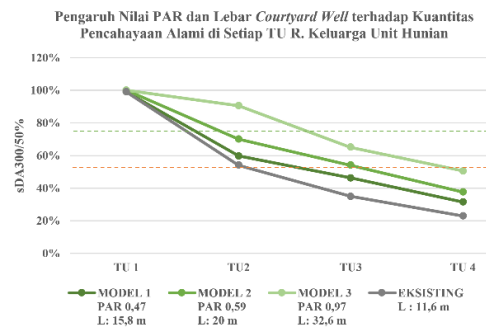
Grafik pada Gambar 13 menunjukkan pengaruh peningkatan dimensi lebar *courtyard well* melalui rasio PAR dan WI. Semakin tinggi nilai PAR dengan penambahan dimensi lebar *courtyard well* maka nilai WI akan semakin rendah. Model 3 dengan PAR 0,97 menunjukkan peningkatan kuantitas pencahayaan alami unit hunian yang signifikan di seluruh lantai serta optimal pada lantai 2, 3, 4, dan 5. Ruang keluarga merupakan area dalam unit hunian yang diteliti kinerja pencahayaan alaminya. Pada area ini terdapat 1 titik ukur (TU 1) yang berada di koridor dekat bukaan cahaya dan 3 titik ukur di dalam ruang keluarga (TU 2, 3, 4), seperti Gambar 10.



Gambar 13. Grafik pengaruh nilai PAR terhadap kuantitas pencahayaan alami

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Berdasarkan grafik pada Gambar 14, hasil simulasi sDA300/50% pada TU 1 di ketiga model menunjukkan kuantitas yang sama yaitu berkisar 99%-100%. Pada kurva modul 1 terdapat penurunan kuantitas sDA300/50% dari TU 2 ke TU 4. Modul 2 menunjukkan peningkatan pencahayaan alami yang tidak terlalu signifikan dibandingkan modul 1 dengan penurunan kuantitas pencahayaan alami di bawah garis optimal dari TU 3 ke TU 4. Kuantitas pencahayaan alami sDA300/50% di model 3 menunjukkan hasil yang optimal dibandingkan model 1 dan model 2. Maka hal ini menunjukkan semakin jauh bidang kerja dari bukaan cahaya kuantitas pencahayaan alami menurun di dalam unit hunian.

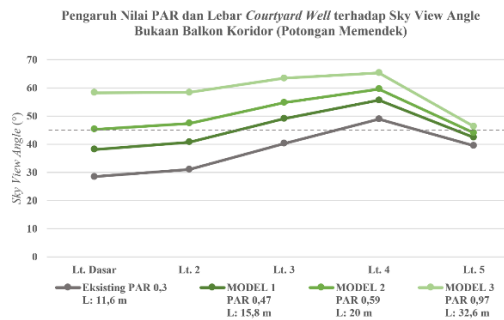


Gambar 14. Grafik peningkatan nilai PAR terhadap kuantitas pencahayaan alami di setiap TU

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

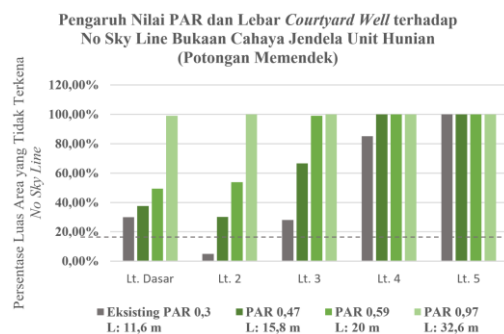
Pada optimasi 1 dengan variabel PAR penambahan lebar *courtyard well* dapat mempengaruhi sudut *sky view* bukaan cahaya. Pada model 1, 2, dan 3 sudut *sky view* meningkat secara signifikan di setiap lantai. Grafik pada Gambar 15 menunjukkan semakin meningkat dimensi lebar *courtyard well*, maka sudut *sky view* akan bertambah. Pada lantai 5 di ketiga model optimasi menunjukkan hasil *sky view* yang menurun dan rendah. Hal ini dikarenakan semakin lebar *courtyard well*, maka sudut *sky view* pada bukaan cahaya fasad *courtyard well* akan

semakin sempit dan menurun (Sharples & Lash, 2007).



Gambar 15. Grafik pengaruh nilai PAR terhadap sky view angle
 Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Pada ruang keluarga dalam unit hunian, perlu dikaji pengaruh peningkatan lebar *courtyard well* dan PAR terhadap area *no-sky line* di ketinggian bidang kerja 0,85 meter dari permukaan lantai. Pada hasil pengukuran *no-sky line* (grafik pada Gambar 16) di model optimasi 1, 2, dan 3 menunjukkan nilai yang optimal di seluruh lantai yaitu > 20% dengan hasil berkisar 30,25% - 100%. Hal ini mengindikasikan pada bidang kerja di ruang keluarga unit hunian setiap lantai memiliki nilai *no-sky line* yang lebih dari 20% kedalaman ruang.



Gambar 16. Grafik pengaruh nilai PAR terhadap area no-sky line
 Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Dengan demikian, hasil dari optimasi 1 dengan variabel peningkatan PAR menunjukkan peningkatan pada seluruh model optimasi dibandingkan model eksisting. Model 3 dengan variabel

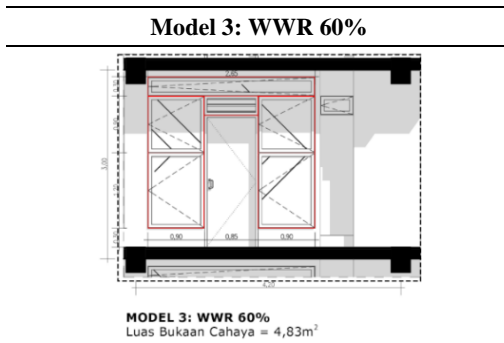
PAR 0,97 dan lebar *courtyard well* 32,6 meter menunjukkan hasil kuantitas pencahayaan alami, sudut *sky view*, dan area *no-sky line* yang paling optimal dibandingkan model lainnya. Pada seluruh model perlu penyikapan terhadap potensi silau di area balkon internal/koridor dengan penggunaan sistem pengendalian bukaan cahaya.

Optimasi 2: Bentuk dan Konfigurasi Unit Hunian (Window to Wall Ratio – WWR)

Elemen yang menjadi variabel peningkatan merupakan *Window to Wall Ratio* pada bukaan cahaya fasad unit hunian yang menghadap *courtyard well*. WWR eksisting fasad unit hunian yang menghadap *courtyard well* adalah 15%. Nilai WWR ini tidak sesuai dengan kriteria nilai WWR minimum yaitu > 30% (Mangkuto et al., 2016). Maka nilai variabel WWR yang akan dikaji pada optimasi adalah 30%, 40%, dan 60%. Tabel 11 berikut ini merupakan gambar konfigurasi bukaan cahaya dan tabel geometri optimasi WWR.

Tabel 11. Model Optimasi 2 – WWR

Model	WWR	Luas Bukaan Cahaya
Model 1	WWR 30%	2,5m ²
Model 2	WWR 40%	3,22m ²



Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Dalam Tabel 12 berikut merupakan rata-rata hasil simulasi sDA300/50% dan ASE1000/250h pada unit hunian di setiap lantai terhadap variabel WWR.

Tabel 12. Hasil simulasi kinerja pencahayaan alami rata-rata terhadap variabel WWR

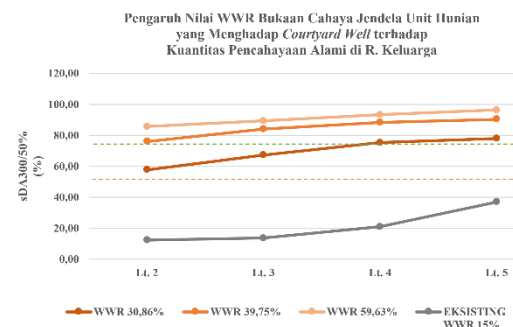
WWR	Lantai	sDA300/50 (%)	ASE1000/250h (%)
Model 1 30,86% (30%)	Lt. 2	57,67%	0%
	Lt. 3	67,33%	0%
	Lt. 4	75,33%	0%
	Lt. 5	78%	2%
Model 2 39,75% (40%)	Lt. 2	76%	0%
	Lt. 3	84%	0%
	Lt. 4	88,33%	0%
	Lt. 5	90,33%	2%
Model 3 59,63% (60%)	Lt. 2	85,67%	0%
	Lt. 3	89,33%	0%
	Lt. 4	93,33%	0%
	Lt. 5	96,33%	3%

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Model 1 dengan variabel WWR 30,86% menghasilkan rata-rata kuantitas pencahayaan alami sDA300/50% pada area ruang keluarga yang *acceptable* (>55%). Pada lantai 2 dan 3 model 1 optimal (>75%) di lantai 4 dan 5 dengan kisaran 75,33% - 78%. Pada model 2 dengan variabel 39,75% rata-rata sDA300/50% di ruang keluarga dalam unit hunian adalah berkisar 76% - 90,33% yang masuk ke dalam kategori optimal (>75%). Model 3 dengan WWR 59,63% juga menunjukkan rata-rata sDA300/50% yang optimal (>75%) dengan kisaran 85,67%-96,33%. Pada seluruh model optimalisasi WWR mempunyai hasil ASE1000/250h yang optimal (<10%) di ruang keluarga unit

hunian setiap lantai. Sehingga walaupun terdapat peningkatan WWR bukaan cahaya jendela di fasad unit hunian yang menghadap courtyard well, tidak terdeteksi adanya gangguan visual yang dapat berpotensi silau.

Berdasarkan grafik pada Gambar 17, semakin tinggi nilai WWR pada bukaan cahaya jendela fasad unit hunian yang menghadap *courtyard well* kuantitas pencahayaan alami semakin meningkat. Kuantitas pencahayaan alami pada model 1 dengan variabel WWR 30,86% meningkat secara signifikan dibandingkan eksisting dengan WWR 15%. Pada model 3 dengan variabel WWR 59,63% peningkatan kuantitas pencahayaan alami tidak terlalu signifikan dibandingkan kuantitas model 2 dengan WWR 39,75%.

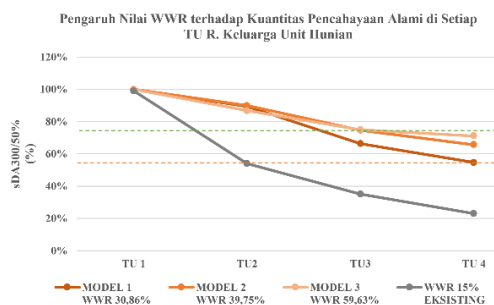


Gambar 17. Grafik nilai WWR terhadap kuantitas pencahayaan alami

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Berdasarkan perhitungan hasil simulasi sDA300/50% (grafik pada Gambar 18), pada TU 1 di ketiga model optimasi menunjukkan kuantitas yang sama berkisar 99%-100%. Titik ukur 2 hingga titik ukur 4 menunjukkan penurunan kuantitas pencahayaan alami. Semakin jauh titik ukur dari bukaan cahaya kuantitas pencahayaan alami yang diterima semakin rendah. Penurun kuantitas pencahayaan alami pada model optimasi di TU 1 ke TU 2 tidak terlalu signifikan dibandingkan eksisting dengan WWR 15%.

Walaupun pada ketiga model optimasi terdapat penurunan kuantitas sDA300/50% namun pada titik ukur 3 dan 4 kuantitas pencahayaan alami masih masuk ke dalam kategori *acceptable* (> 55%).



Gambar 18. Grafik nilai WWR terhadap kuantitas pencahayaan alami di setiap TU

Sumber: Hasil analisis penulis, 2024

Berdasarkan hasil analisis optimasi 2 dengan variabel peningkatan WWR di bukaan cahaya jendela fasad unit hunian yang menghadap *courtyard well*, pada model 2 dengan variabel 40% (39,75%) menunjukkan desain bukaan cahaya dan hasil kinerja pencahayaan alami yang paling optimal dibandingkan model lainnya. Desain bukaan cahaya pada model 2 tetap dapat memberikan privasi kepada penghuni di dalam unit hunian dan memberikan kinerja pencahayaan alami yang optimal dan *acceptable*. Model 3 dengan variabel 60% (59,63%) menunjukkan hasil kinerja pencahayaan yang paling optimal kedua dibandingkan model 1. Pada model 3 desain bukaan cahaya tidak sesuai untuk fungsi unit hunian yang memerlukan privasi sehingga perlu untuk menggunakan tirai untuk menjaga privasi.

Kesimpulan

Penelitian ini mengkaji optimasi konfigurasi bentuk geometri *courtyard*

well dan bukaan cahaya pada unit hunian terhadap kinerja pencahayaan alami di Rusunawa Cingised Blok 4. Hasil analisis optimasi menunjukkan peningkatan nilai geometri *Plan Aspect Ratio* (PAR) serta *Window to Wall Ratio* (WWR) pada fasad unit hunian yang menghadap *courtyard well* dapat meningkatkan kuantitas, penetrasi, dan distribusi pencahayaan alami di ruang keluarga secara signifikan. Kombinasi antara geometri PAR 0,97 dan WWR 40% meningkatkan kinerja pencahayaan alami di studi kasus secara optimal. Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan untuk menjadi panduan konfigurasi geometri dan proporsi *courtyard well*, konfigurasi bidang fasad *courtyard well*, dan bentuk konfigurasi ruang sekitar (*adjacent spaces*) *courtyard* yang optimal terhadap kinerja pencahayaan alami pada bangunan hunian bertingkat rendah dengan tipologi serupa.

Daftar Pustaka

- Acosta, I., Campano, M. Á., & Molina, J. F. (2016). Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces. *Applied Energy*, *168*, 493–506. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.005>
- Acosta, I., Navarro, J., & Sendra, J. J. (2013). Towards an analysis of the performance of lightwell skylights under overcast sky conditions. *Energy and Buildings*, *64*, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.04.009>
- Aldawoud, A., & Clark, R. (2008). Comparative analysis of energy performance between courtyard and atrium in buildings. *Energy and Buildings*, *40*(3), 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.02.017>

- ASHRAE. (2013). *Standard 55-2013 -- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI Approved)* (Vols. 55–2023). ASHRAE.
<https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
- Bournas, I. (2020). Daylight compliance of residential spaces: Comparison of different performance criteria and association with room geometry and urban density. *Building and Environment*, 185, 107276. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107276>
- Calcagni, B., & Paroncini, M. (2004). Daylight factor prediction in atria building designs. *Solar Energy*, 76(6), 669–682. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.01.009>
- Chartered Institution of Building Services Engineers [CIBSE]. (1999). *Daylighting and Window Design (Lighting Guide)*. The Chartered Institute of Building Service Engineers.
- Erlendsson, O. (2014). Daylight Optimization: A Parametric Study of Atrium Design. In *School of Architecture and The Built Environment*.
- Ghasemi, M., Noroozi, M., Kazemzadeh, M., & Roshan, M. (2015). The influence of well geometry on the daylight performance of atrium adjoining spaces: A parametric study. *Journal of Building Engineering*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.job.2015.06.002>
- Green Building Council Indonesia. (2014). *GREENSHIP HOMES Version 1.0*. <https://www.gbcindonesia.org/files/resource/ba89cf10-a04f-4978-8c5f-998984922e4c/Summary%20GREENSHIP%20Homes%20V1.0.pdf>
- Hung, W. Y. (2003). Architectural aspects of atrium. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 5(4).
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023a). *Profil DTB Rumah Susun TA. 2024*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023b). *Usulan Konsep Desain Rumah Susun Baru: Asrama Sejahtera Tipe 24*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kim, G., & Kim, J. T. (2010). Luminous impact of balcony floor at atrium spaces with different well geometries. *Building and Environment*, 45(2), 304–310. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.014>
- Lechner, N. (2015). Heating, Cooling, Lighting - Sustainable Design Methods for Architects. In *Wiley* (Vol. 1999, Issue December).
- Littlefair, P. J., King, S., Howlett, G., Ticleanu, C., & Longfield, A. (2022). *Site layout planning for daylight and sunlight: A guide to good practice*. Building Technology Group.
- Mangkuto, R. A., Koerniawan, M. D., Aprilianthi, S. R., Lubis, I. H., Athaillah, Hensen, J. L. M., & Paramita, B. (2021). Design Optimisation of Fixed and Adaptive Shading Devices on Four Façade Orientations of a High-Rise Office Building in the Tropics. *Buildings*, 12(1), 25.

- <https://doi.org/10.3390/buildings12010025>
- Mangkuto, R. A., Rohmah, M., & Asri, A. D. (2016). Design optimisation for window size, orientation, and wall reflectance with regard to various daylight metrics and lighting energy demand: A case study of buildings in the tropics. *Applied Energy*, *164*, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.046>
- Mohsenin, M., & Hu, J. (2015). Assessing daylight performance in atrium buildings by using Climate Based Daylight Modeling. *Solar Energy*, *119*, 553–560. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.05.011>
- Murbaintoro, T., Ma'arif, M. S., Sutjahjo, S. H., & Saleh, I. (2009). Model Pengembangan Hunian Vertikal Menuju Pembangunan Perumahan Berkelanjutan. *Jurnal Permukiman*, *4*(2), 72. <https://doi.org/10.31815/jp.2009.4.72-87>
- Pangestu, M. D. (2019). *Pencahayaan alami dalam bangunan*. Unpar Press.
- Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *LEUKOS*, *3*(1), 7–31. <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001>
- Samant, S. (2011). Atrium and its adjoining spaces: a study of the influence of atrium façade design. *Architectural Science Review*, *54*(4), 316–328. <https://doi.org/10.1080/00038628.2011.613640>
- Sharples, S., & Lash, D. (2007). Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review. *Architectural Science Review*, *50*(4), 301–312. <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5037>
- Studio Akanoma. (2023). *Kampung Susun Produktif Tumbuh Cakung*. Studio Akanoma.
- Susa-Páez, A., & Piderit-Moreno, M. B. (2020). Geometric Optimization of Atriums with Natural Lighting Potential for Detached High-Rise Buildings. *Sustainability*, *12*(16), 6651. <https://doi.org/10.3390/su12166651>
- Undang-Undang (UU) Nomor 20 Tahun 2011 Tentang Rumah Susun, Pub. L. No. 20 (2011).
- USGBC. (2020). *LEED v4.1- Daylight Indoor Environmental Quality*. <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-schools-new-construction-retail-new-construction-data-centers-new-11>
- Zhao, W., Kang, J., & Jin, H. (2015). Architectural Factors Influenced on Physical Environment in Atrium. In *Renewable Energy in the Service of Mankind Vol I* (pp. 391–404). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17777-9_35