

THE OPTIMIZATION OF THE ILLUMINATION LEVELS WITH SKYLIGHT AND TRANSPARENT MATERIALS FOR HIGH-RISE BUILDINGS IN RUKO GAIA, LOCATED IN AYODHYA, ALAM SUTERA, TANGERANG

¹Felisitas Devina Dominique ²Ariani Mandala

¹ Student in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

² Senior lecturer in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

Abstract - Multi-story row buildings such as shophouses have problems in accommodating the need for natural lighting due to the linear typology of the building, limitations in making side openings, and consisting of two or more floors. This typology of buildings results in an uneven distribution of light, especially in the middle to the back of the building and on floors other than the top floor.

One effort to incorporate natural light or daylight into the elongated shophouse building is to use top lighting. However, the existence of the top lighting does not allowing light to reach the floor other than the top floor of the shophouse due to the obstruction of the floor surface. Transparent materials such as glass allow higher light transmission than opaque materials, so using glass materials can increase the illumination of the space behind the glass.

The purpose of this study was to assess the suitability of the illumination level in Ruko Gaia's natural lighting design to the values of Daylight Factor (DF), Spatial Daylight Autonomy (sDA), and Annual Sunlight Exposure (aSE) according to the BREEAM and IES LM-83-12 standards, to examine the effect of changing the position of the stair-skylight and the use of transparent materials on the floor-stairs plane to the illumination level, as well as optimizing the design to increase the DF value according to the standards used.

The research begins by evaluating the illumination level of Ruko Gaia's natural lighting design. By conducting alternative simulations, an assessment will be made to see the effect of changing the position of the skylight-stairs and the use of transparent materials on the floor-stairs plane to the building's illumination level. If the resulting illumination level has not reached the specified standard, optimization is carried out by increasing the Visible Transmittance value or adding skylight dimensions.

The method used is quantitative in the form of evaluation of planning designs and alternative simulations. The theories and data for the Ruko Gaia were collected from literature studies, websites, brochures, and property agents, as well as simulation data processing with SketchUp and Lightstanz software.

Based on the evaluation, the illumination level at the Ruko Gaia has not met the BREEAM standard of the DF value in overcast sky conditions, especially on the ground floor. Various alternative studies have concluded that although increasing the DF value, changing the position of the skylights and the use of transparent floors have not resulted in the DF value according to the BREEAM standard. Optimization of the DF value can be achieved by increasing the VLT value or increasing the dimensions of the skylight.

Key Words: Multi-story row building, natural lighting, daylight, skylight, transparent material, illumination level, Daylight Factor

OPTIMALISASI NILAI ILUMINASI DENGAN SKYLIGHT DAN MATERIAL TRANSPARAN UNTUK BANGUNAN DERET-BERTINGKAT PADA RUKO GAIA DI AYODHYA, ALAM SUTERA, TANGERANG

¹Felisitas Devina Dominique ²Ariani Mandala

¹ Student in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

² Senior lecturer in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

¹ Corresponding Author: felisitasdevina@gmail.com

Abstrak - Bangunan deret-bertingkat seperti ruko (rumah-toko) memiliki permasalahan dalam mengakomodasi kebutuhan pencahayaan alami akibat tipologi bangunan yang linear, keterbatasan untuk membuat bukaan samping, dan terdiri dari dua lantai atau lebih. Tipologi bangunan demikian menghasilkan distribusi cahaya yang tidak merata, terutama pada bagian tengah ke belakang bangunan dan lantai-lantai selain lantai teratas.

Salah satu upaya untuk memasukkan cahaya alami atau *daylight* ke dalam bangunan ruko yang bentuknya memanjang adalah dengan menggunakan bukaan atas (*top lighting*). Namun keberadaan bukaan atas pun tidak memungkinkan untuk menerangi lantai selain lantai teratas dari bangunan ruko akibat terhalang permukaan lantai. Material transparan seperti kaca memungkinkan transmisi cahaya yang lebih tinggi daripada material *opaque*, sehingga dengan menggunakan material kaca dapat meningkatkan iluminasi pada ruang di balik kaca tersebut.

Tujuan studi ini adalah untuk mengkaji kesesuaian tingkat iluminasi pada desain pencahayaan alami Ruko Gaia terhadap nilai *Daylight Factor* (DF), *Spatial Daylight Autonomy* (sDA), dan *Annual Sunlight Exposure* (aSE) sesuai standar BREEAM dan IES LM-83-12, mengkaji pengaruh perubahan posisi *skylight*-tangga dan penggunaan material transparan pada bidang lantai-tangga terhadap tingkat iluminasi, serta melakukan optimalisasi desain untuk meningkatkan nilai DF sesuai standar yang digunakan.

Penelitian diawali dengan melakukan evaluasi pada desain pencahayaan alami Ruko Gaia. Dengan melakukan simulasi alternatif, kemudian akan dilakukan pengkajian pengaruh perubahan posisi *skylight*-tangga dan penggunaan material transparan pada bidang lantai-tangga terhadap tingkat iluminasi. Apabila tingkat iluminasi yang dihasilkan belum mencapai standar yang ditentukan, dilakukan optimalisasi dengan peningkatan nilai *Visible Light Transmittance* (VLT) atau penambahan dimensi *skylight*.

Metode yang digunakan adalah metoda kuantitatif berupa evaluasi desain perencanaan dan simulasi alternatif. Teori-teori maupun data Ruko Gaia dikumpulkan dari studi literatur, website, brosur, maupun pihak agen properti, serta pengolahan data simulasi dengan *software* SketchUp dan Lightstanz.

Berdasarkan evaluasi, tingkat iluminasi pada Ruko Gaia belum memenuhi standar BREEAM dari nilai DF dalam kondisi langit *overcast*, terutama pada lantai dasar. Berbagai studi alternatif menghasilkan kesimpulan bahwa walaupun meningkatkan nilai DF, perubahan posisi tangga-*skylight* dan penggunaan lantai-tangga transparan belum menghasilkan nilai DF yang sesuai standar BREEAM. Optimalisasi nilai DF dapat dicapai dengan meningkatkan nilai VLT atau memperbesar dimensi *skylight*.

Kata Kunci: bangunan deret-bertingkat, pencahayaan alami, *daylight*, *skylight*, material transparan, tingkat iluminasi, *Daylight Factor*

1. PENDAHULUAN

Barret (2009) mengatakan bahwa “keberadaan pencahayaan alami dan pengaruhnya terhadap kesehatan dan kesejahteraan pengguna bangunan saat ini sudah menjadi pengetahuan umum”. Pencahayaan alami dapat memberikan efek non-visual pada stimulasi otak, keseimbangan dan orientasi tubuh, hingga mengangkat kesejahteraan emosional pengguna bangunan. Selain itu, pemanfaatan cahaya alami berpotensi untuk penghematan dan konservasi energi.

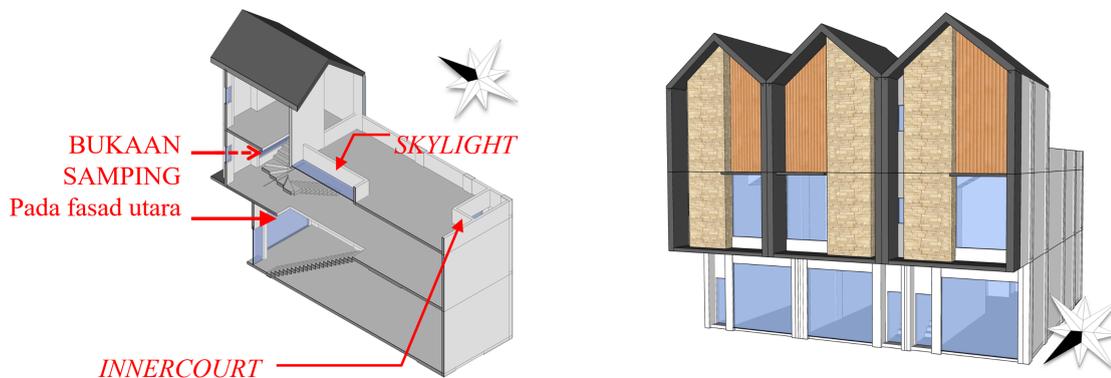
Bangunan deret-bertingkat memiliki tipologi bangunan dalam suatu kaveling/persil yang sisi-sisinya tidak mempunyai jarak bebas samping, dan dinding pada kedua sisi digunakan bersama (PERDA BG 2011). Akibat keterbatasan bukaan pada sisi samping bangunan, bukaan yang memungkinkan hanya berada pada sisi depan, atas, dan belakang bangunan, apabila sisi belakang bangunan tidak bersentuhan dengan bangunan l. Ruko atau rumah-toko merupakan salah satu bangunan deret-bertingkat, dan umumnya terdiri dari dua lantai atau lebih, dengan lantai dasar sebagai area usaha dan lantai atas sebagai tempat tinggal. Pada bangunan deret-bertingkat timbul tantangan untuk memasukkan cahaya alami ke dalam bangunan terutama pada lantai selain lantai teratas dan bagian tengah hingga belakang bangunan.

Dalam penelitian ini, parameter pencahayaan alami untuk kinerja dan kenyamanan visual yang digunakan adalah parameter dinamis *Annual Sunlight Exposure* (aSE) dan *Spatial Daylight Autonomy* (sDA) serta parameter statis *Daylight Factor* (DF). *Annual Sunlight Exposure* (aSE_{1000,250h}) merupakan parameter untuk mengukur potensi ketidaknyamanan

visual akibat tingkat pencahayaan alami yang berlebihan, yaitu >1000 Lux selama >250 jam/tahun. *Spatial Daylight Autonomy* (sDA_{300/50%}) digunakan untuk mengukur tingkat iluminasi memadai dalam setahun, yaitu >300 lux selama 50% waktu operasional (8AM – 6PM). *Daylight Factor* (DF) juga mengukur tingkat iluminasi memadai, namun dalam kondisi rata-rata *overcast*/ mendung, yaitu nilai rata-rata $\geq 2\%$ untuk $\geq 80\%$ luas area serta nilai minimum 0,6%. Menggunakan kedua parameter dinamis dan statis dapat menghasilkan evaluasi yang lebih akurat, baik pada tahun dengan kondisi iklim tipikal maupun terburuk (*overcast*).

Ruko Gaia di kota Ayodhya, Alam Sutera merupakan salah satu ruko yang sedang dalam tahap pembangunan. Ruko Gaia tipe A merupakan bangunan deret-bertingkat 2,5 level lantai dengan bukaan samping pada sisi utara, *skylight* di atas tangga lantai 1, dan *innercourt* di sisi selatan bangunan.

Menggunakan bukaan atas sebagai tanggapan atas tipologi bangunan yang linear tanpa bukaan samping merupakan hal yang umum, namun dapat menimbulkan potensi silau. Berdasarkan pengamatan awal mengenai desain bukaan Ruko Gaia tipe A, diduga area tengah hingga belakang pada lantai 1 kurang menerima iluminasi yang cukup akibat penetrasi cahaya alami dari *skylight* terhambat oleh permukaan lantai. Terdapat banyak cara untuk meningkatkan iluminasi *daylight* pada bangunan deret-bertingkat, menggunakan strategi pemasukan *daylight* selain *skylight*, atau modifikasi variabel desain lainnya. Namun, penelitian ini berfokus pada peningkatan iluminasi dengan mengkaji lokasi bukaan atas berupa *skylight* yang paling efektif dalam memasukkan *daylight*, dikombinasikan dengan penggunaan material transparan berupa kaca pada permukaan tangga serta lantai pada lantai 2 dengan tujuan untuk meningkatkan iluminasi *daylight* pada Ruko Gaia tipe A hingga mencapai standar yang ditentukan.



Gambar 1. Visualisasi model objek, Ruko Gaia tipe A

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji kesesuaian tingkat iluminasi pada desain pencahayaan alami Ruko Gaia terhadap nilai *Daylight Factor* (DF), *Spatial Daylight Autonomy* (sDA), dan *Annual Sunlight Exposure* (aSE) sesuai standar BREEAM dan IES LM-83-12, mengkaji pengaruh perubahan posisi *skylight*-tangga dan penggunaan material transparan pada bidang lantai-tangga terhadap tingkat iluminasi, serta melakukan optimalisasi desain untuk meningkatkan nilai DF sesuai standar yang digunakan.

2. KAJIAN TEORI

Menurut Devin dan Mohammad (2004), ruko (rumah dan toko) merupakan salah satu jenis bangunan yang menggabungkan dua fungsi, yaitu tempat tinggal dan kegiatan usaha menjadi satu. Ruko memiliki tipologi yang relatif sempit dengan massa bangunan linear ke

belakang dan kedua sisi bangunan saling berdekatan serta bersentuhan dengan bangunan sebelah sehingga tidak memungkinkan adanya bukaan. Umumnya ruko terdiri dari minimal 2 lantai, lantai dasar sebagai tempat usaha dan lantai atas sebagai tempat tinggal. Dengan kedua sisi bangunan bersentuhan dengan bangunan lain, ruko sebagai salah satu contoh bangunan deret hanya memiliki 3 dari 5 sisi bangunan yang dapat diaplikasikan bukaan, yaitu sisi depan, atap, dan sisi belakang apabila tidak berhimpit dengan bangunan lain atau menggunakan *innercourt*.

Barret (2009) mengatakan bahwa “keberadaan pencahayaan alami dan pengaruhnya terhadap kesehatan dan kesejahteraan pengguna bangunan saat ini sudah menjadi pengetahuan umum”. Penghuni negara-negara bagian yang mengalami musim salju sering mengalami depresi berat yang menyebabkan lesu dan terganggunya pola makan dan tidur. Barret mengutip bahwa Gallagher (1999) yakin penyebab masalahnya adalah kurangnya cahaya. Lebih spesifiknya, Barret mengutip pernyataan Ruck (1989) bahwa cahaya dapat mempengaruhi psikologis dan biologis yang menjadi dasar kesejahteraan pengguna bangunan akibat efek non-visual pada stimulasi otak dan keseimbangan serta orientasi tubuh. Selain itu, Barret menyetujui pernyataan Stefers (2008) bahwa cahaya alami berperan penting pada desain beberapa tipe bangunan, terlebih pada bangunan yang mengangkat kesejahteraan emosional manusia seperti arsitektur suci dan religius.

Barret menyebutkan Collins (1975) melakukan penelitian mengenai pencahayaan alami yang ditekankan pada konservasi energi. Penggunaan pencahayaan alami tidak hanya meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan pengguna, namun juga berpotensi sebagai penghematan dan konservasi energi.

Menurut P. Dora dan Nilasari. P (2011), cahaya alami yang digunakan untuk penerangan interior disebut dengan *daylight*. Kualitas *daylight* yang masuk ke dalam ruangan menjadi faktor penting dalam karya arsitektur dan interior, karena mempengaruhi konfigurasi arsitektural bangunan, orientasi bangunan, kedalaman, dan volume ruang. Menurut Honggowidjaja (2003:13) yang dikutip oleh P. Dora dan Nilasari. P, sir John Soane berhasil membuktikan bahwa *daylight* dapat menimbulkan dampak suasana yang menyenangkan apabila dikelola dengan baik.

Tingkat pencahayaan alami yang dianggap nyaman oleh tiap orang dapat berbeda, sehingga sampai beberapa tahun yang lalu, besarnya tingkat pencahayaan alami dalam sebuah desain menjadi sebuah penilaian subjektif yang dapat menyebabkan perbedaan perbandingan antara desain yang direncanakan dengan hasil terbangunnya. Pada tahun 2013, *Illuminating Engineering Society* (IES) menerbitkan panduan simulasi dan perhitungan *Lighting Measurement 83 (LM-83), Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)*. sDA (*Spatial Daylight Autonomy*) mengkalkulasi tingkat pencahayaan alami dalam sebuah ruang untuk menentukan seberapa besar area yang mendapatkan pencahayaan alami sesuai standar selama jam operasional umumnya (8 a.m hingga 6 p.m). *Floor areas* atau *grid poin* dalam model bangunan yang mencapai 300 lux sedikitnya setengah dari waktu standar terhitung sebagai area yang bercahaya alami dalam standar sDA. Range nilai sDA berupa 0% hingga 100%. Nilai sDA sebesar 75% merupakan ruang dengan pencahayaan alami yang “diinginkan (*preferred*)” oleh pengguna. Nilai sDA sebesar 55% - 74% merupakan ruang dengan pencahayaan alami yang “masih dapat diterima (*nominally accepted*)” oleh pengguna. Idealnya, seorang perancang ruang dapat menargetkan nilai sDA sebesar 75% atau lebih tinggi dalam ruang yang digunakan secara berkala, dan setidaknya 55% pada ruang yang sekali-sekali digunakan namun memerlukan pencahayaan alami.

ASE (*Annual Sunlight Exposure*) merupakan metoda simulasi yang ditujukan untuk melengkapi sDA, yaitu untuk mencegah terjadinya pencahayaan alami yang berlebihan hingga menyebabkan silau. Indikator simulasi ASE adalah pencahayaan alami sebesar 1000

lux atau lebih besar selama 250 jam per tahun. Nilai ASE memiliki range dari 0% hingga 100%. Berdasarkan IES LM-83, nilai ASE yang melebihi 10% dapat menyebabkan ketidaknyamanan visual.

Selain dua parameter di atas yang merupakan parameter dinamis (memperhitungkan kondisi langit dalam setahun), terdapat pula parameter statis yang menghitung kondisi rata-rata langit saat *overcast*. Salah satu parameter tersebut adalah *Daylight Factor* (DF). DF merupakan rasio antara level iluminasi interior dengan iluminasi horizontal eksterior pada kondisi langit *overcast* standar CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*). Salah satu metoda evaluasi nilai DF adalah menggunakan BREEAM.

Berdasarkan BREEAM 5.0 Health dan Wellbeing > HEA 01 Visual Comfort tabel 10, nilai DF rata-rata yang perlu dipenuhi berbeda-beda berdasarkan fungsi bangunan dan ruangnya. Berikut merupakan tabel 10 yang difokuskan pada bangunan multi-residential karena penelitian ini membahas mengenai bangunan rumah-toko. Nilai DF minimum minimal 0,3 kalinya nilai DF rata-rata yang bersangkutan. Ketinggian area kerja (*workspace*) untuk bangunan fungsi multi-residential adalah 0,85m.

Tabel 1. Nilai rata-rata daylight factor yang diperlukan

Building/ area type	Credits	Average daylight factor required	Minimum area (m2) to comply	Other requirements
<i>Kitchen</i>	1	2%	80%	<i>EITHER (a) OR (C) in Table 11 (Merujuk pada BREEAM 5.0 Health dan Wellbeing > HEA 01 Visual Comfort tabel 11</i>
<i>Living rooms, dining rooms, studies (including home office)</i>		2%	80%	
<i>Non-residential or communal occupied spaces</i>		2%	80%	

(Sumber : BREEAM UK New Construction non-domestic buildings technical manual 2014)

Saat mengenai sebuah permukaan, cahaya akan mengalami pemantulan (*reflectance*), diteruskan (*transmittance*), dan diserap (*absorbance*). Kemampuan permukaan untuk memantulkan, meneruskan, maupun menyerap berbeda-beda tergantung material, warna, dan tekstur.

Mengutip Pangestu (2019:20) terdapat beberapa aspek yang mempengaruhi banyaknya cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan dan sistem distribusinya, antara lain bentuk bangunan, bentuk ruangan, dan bukaannya itu sendiri. Bukaannya (*toplighting*) umumnya digunakan pada bangunan yang kedalaman ruangan terlalu besar atau bangunan terlalu tebal sehingga cahaya yang masuk dari bukaan samping tidak mencukupi. Dengan menggunakan bukaan atas, kualitas cahaya yang masuk lebih tinggi dan lebih stabil ketimbang bukaan samping. Pangestu (2019: 72) menjelaskan bahwa pencahayaan dari bukaan atas menyerupai pencahayaan buatan yang memancarkan cahaya secara langsung maupun pantulan dengan arah cahaya ke bawah dan merupakan bukaan yang paling efektif karena jumlah cahaya yang masuk relatif lebih besar, lebih stabil, dan tidak terpengaruh oleh orientasi tapak maupun bangunan sekitar.

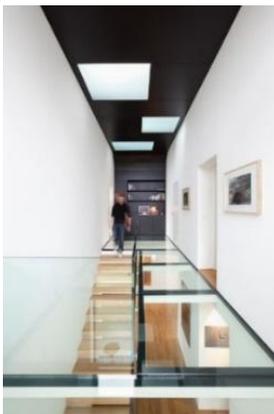
Terdapat beberapa tipe bukaan atas antara lain *skylight*, *clerestory*, dan *window wall*. Menurut Pangestu (2019: 75), *skylight* paling efektif apabila digunakan pada bidang atap yang relatif horizontal daripada bukaan atas dengan bidang vertikal yang hanya berorientasi

ke arah tertentu karena akan menerima pencahayaan dari terang langit yang jauh lebih besar dan merata.

Mengutip dari bahan pembelajaran *Science Enhanced Scope and Sequence – Grade 5 (Virginia Department of Education, 2012)*, objek memiliki keberagaman penyaluran cahaya, yaitu: (a) *transparent objects* (transparan), memungkinkan cahaya untuk hampir seluruhnya tersalurkan, salah satunya adalah kaca, (b) *translucent objects* (semi-transparan), memungkinkan sebagian cahaya tersalurkan, dan (c) *opaque objects* (tidak tembus cahaya) sepenuhnya menghalangi penyaluran cahaya melalui objek. Sesuai dengan tujuan penelitian untuk meningkatkan iluminasi pencahayaan alami dalam bangunan, penelitian ini akan berfokus pada material yang dapat menyalurkan cahaya, yaitu bersifat *transparent* atau *translucent*. Salah satu material yang memiliki kedua sifat tersebut dan umum digunakan dalam arsitektur adalah kaca. Setiap material *transparent* atau *translucent* memiliki nilai VLT.

Mengutip dari National Glass Catalogue (2019), *Visible Light Transmittance (VLT)* merupakan istilah yang digunakan untuk mendiskripsikan level persentase iluminasi yang kaca tersebut dapat teruskan ke dalam ruang. Semakin tinggi nilainya maka akan semakin terang interiornya. VLT dapat disebut juga sebagai *Visible Transmittance*, dengan perbedaan VLT ditulis dalam persentase sementara VLT dalam range angka 0 hingga 1 (Bayview Windows, 2020). *National Glass Catalogue* menyediakan lebih dari 100 macam kaca dengan berbagai tipe, warna, ketebalan, dan spesifikasi lainnya dilengkapi dengan nilai VLT. Secara keseluruhan, nilai VLT terendah hingga tertinggi adalah 23% hingga 92% tergantung pada warna, tipe, dan ketebalan kaca.

Sebagai material bidang lantai dan tangga, kaca perlu memiliki kekuatan struktural layaknya beton, metal, dan material lantai pada umumnya. Jenis kaca yang disediakan National Glass sebagai *flooring* umumnya adalah *triple laminated glass* dengan *toughened panels*, lebih spesifiknya disarankan menggunakan *heat soaking of toughened glass*. Ketebalan dan spesifikasi lainnya memerlukan penilaian pihak teknisi. Jenis aktivitas dan penggunaan khusus juga menentukan desain kaca yang tepat. Berikut ini merupakan preseden penggunaan material transparan pada bidang horizontal, yang dapat diaplikasikan pada lantai maupun pada tangga (*gallery of Vetreria Airoidi Office and Showroom*). Preseden berikut ini menunjukkan bahwa penggunaan material transparan pada lantai dan tangga sudah umum digunakan.



Gambar 2. 2 row house in Goebblange/ Metaform Architects



Gambar 3. Cetatuia Loft/Ion Popusoi + bogdan Preda



Gambar 4. Gallery of Vetreria Airoidi Office and Showroom

(Sumber: <https://www.archdaily.com>)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan paradigma positivistik atau metoda kuantitatif berupa penelitian untuk mengevaluasi tingkat iluminasi pencahayaan alami bangunan dan penelitian eksperimental berupa simulasi berbagai alternatif desain untuk optimalisasi tingkat iluminasi pencahayaan alami. Penelitian evaluasi dilakukan pada objek studi desain perencanaan untuk mengevaluasi tingkat iluminasi ruang dalam berdasarkan parameter aSE, sDA, dan DF. Berdasarkan hasil evaluasi dan kajian teoritik, penelitian dilanjutkan dengan penelitian eksperimental untuk mendapatkan desain pencahayaan alami yang optimal sesuai parameter DF.

Pada tahap analisis data evaluasi tingkat iluminasi pada Ruko Gaia tipe A, penulis akan mengolah data berupa dimensi bangunan, tipe bukaan serta dimensinya dalam bentuk model 3D dengan menggunakan *software* Sketchup. Model tersebut diolah dengan Lightstanza menggunakan standar teknis simulasi (subbab 3.3.3). Dengan menggunakan Lightstanza maka menghasilkan perhitungan aSE, sDA, dan DF nya. Dari hasil evaluasi tersebut ditarik kesimpulan kesesuaian tingkat iluminasi berdasarkan standar IES LM-83-12 dan BREEAM. Hasil dari tahap analisis ini menjadi acuan untuk melanjutkan ke tahap analisis 2.

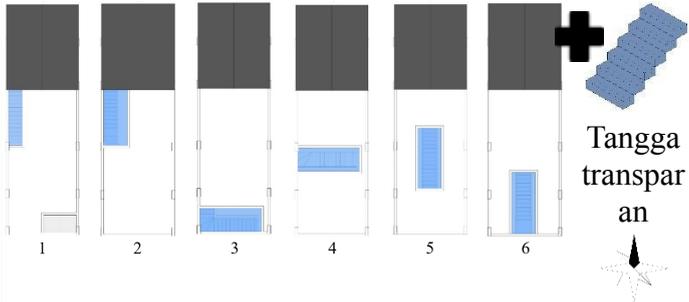
Berdasarkan hasil analisis dari evaluasi desain perencanaan, maka perencanaan skenario simulasi alternatif adalah:

1. Simulasi alternatif berfokus pada parameter DF yang masih di bawah standar.
2. Bukaan terdiri dari 2 tipe, yaitu bukaan samping berupa pintu dan jendela kaca serta bukaan atas berupa *skylight*. Dimensi bukaan atas berupa *innercourt* dialihkan dan disatukan dengan *skylight* karena diperkirakan keberadaannya yang terpisah tidak berkontribusi lebih dari sebagai *skylight* dan *void* dari *innercourt* dapat dialihfungsikan sebagai ruang. Pada tahap simulasi alternatif akan berfokus pada bukaan atas berupa *skylight* serta bagian tengah hingga selatan bangunan. Bagian utara bangunan sudah memenuhi standar *daylight* dengan keberadaan bukaan samping.
3. Seluruh partisi dalam bangunan tidak diperhitungkan dalam tahap simulasi alternatif, sehingga objek studi menjadi satu ruang. Hal ini dilakukan untuk mengurangi variabel yang dapat mempengaruhi hasil perhitungan sekaligus menstandarisasikan objek studi agar penelitian dapat diaplikasikan pada bangunan deret-bertingkat secara umum.
4. Pengaturan lokasi, data EPW, kondisi langit, ketentuan grid, nilai reflektansi dan VLT kaca menggunakan standar teknis simulasi (subbab 3.3.3).

Simulasi dan analisis alternatif akan dilakukan dalam tiga tahap, yaitu :

1. Tahap 1 : Perubahan lokasi *skylight* dan tangga serta perubahan material tangga, sesuai desain perencanaan (*opaque*) dan berubah menjadi kaca. Hasil simulasi dianalisis, ditarik kesimpulan, dan dipilih alternatif yang paling mendekati standar BREEAM untuk tahap 2.
2. Tahap 2 : Perubahan seluruh material permukaan lantai pada lantai 2 menjadi kaca. Hasil simulasi akan dianalisis dan ditarik kesimpulan, kemudian dipilih satu alternatif terbaik untuk tahap 3.
3. Tahap 3 : Perubahan berupa Nilai *Visible Light Transmittance* menjadi 70% serta dimensi *skylight* diperbesar sebanyak 10%.

Tabel 2. Ilustrasi skenario simulasi alternatif

Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
 <p>Dimensi dan posisi skylight</p>	 <p>Material lantai 2 seluruhnya kaca</p>	 <p>Perubahan nilai VLT ke VLT 70% atau dimensi skylight +10%</p>

Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah software modelling SketchUp 2018 untuk membuat 3D model dari objek studi dan extension SketchUp Lightstanzza sebagai software web-based daylight simulator untuk mengukur nilai sDA, aSE, dan DF. Parameter yang digunakan adalah aSE dan sDA dengan standar IES LM-83-12 sebagai parameter dinamis yang digunakan pada tahap evaluasi desain perencanaan, dan DF dengan standar BREEAM sebagai parameter statis yang digunakan pada tahap evaluasi desain perencanaan hingga simulasi alternatif.

Tabel 3. Parameter dan standar daylight

Parameter	Standar	Keterangan
Dinamis		
sDA	<i>Preferred</i> : 75% <i>Nominally accepted</i> : 55% - 74%	
aSE	≤ 10%	
Statis		
DF	<i>Minimum</i> : ≥ 0,6	Minimal 0,3 kalinya nilai DF Avg
	<i>Average</i> : ≥ 2% untuk ≥ 80% luas area	Fungsi bangunan multi-residensial
	<i>Uniformity</i> : ≥ 0,3	Perbandingan antara nilai minimum dan rata-rata

Sumber : IES LM-83-12 dan BREEAM UK 2014

Dalam software simulasi, objek studi diletakkan pada titik lokasi perkiraan yaitu pada RT 007/ RW 003, Babakan, Kec. Tangerang, Kota Tangerang, Banten, Indonesia. Pada simulasi parameter dinamis aSE dan sDA, kondisi langit menggunakan *climate sky* yang memperhitungkan kondisi langit dalam setahun dengan EPW lokasi terdekat yaitu Bandara Soekarno Hatta dari <http://climate.onebuilding.org/>. Pada simulasi parameter statis DF, kondisi langit merupakan rata-rata *overcast*. Durasi operasionalnya yaitu Pk 08.00 – Pk 18.00 selama satu tahun (1 Januari hingga 31 Desember) sesuai standar waktu dari IES LM-83-12. Penentuan titik perhitungan menggunakan grid per 15cm sehingga perhitungan lebih mendetail dan terlihat perubahan warna hasil perhitungan. Luas lantai dikurangi dengan titik ukur pada area tangga yang memiliki beda ketinggian. Berdasarkan aturan BREEAM untuk bangunan multi-residensial, ketinggian *workspace* atau *grid* diatur pada 0,85m. Nilai reflektansi untuk permukaan lantai adalah 70% dan permukaan selain lantai adalah 80%. Nilai *Visible Light Transmittance* untuk seluruh material kaca adalah VLT 65%.

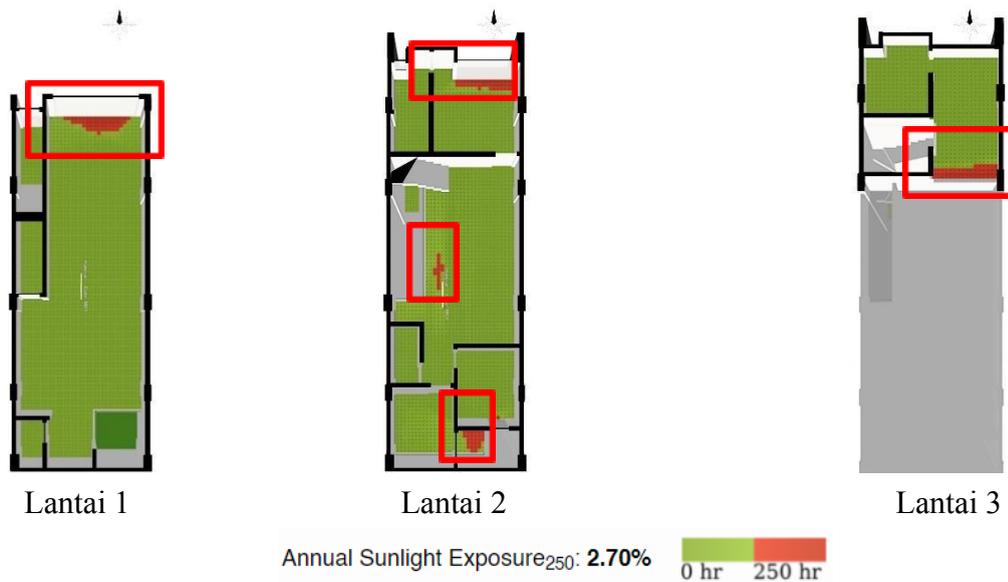
4. ANALISA

4.1. Evaluasi Tingkat Iluminasi pada Ruko Gaia Tipe A

Nilai aSE pada desain perencanaan yaitu 2,70%, memenuhi standar IES LM-83-12 yaitu berada dibawah 10%. Silau terjadi pada bukaan samping tiap lantai, sedikit pada lantai 2 akibat *skylight*, dan *innercourt* pada lantai 2 saja, sementara pada *common area* tidak terjadi silau. Walaupun nilai aSE sudah memenuhi, apabila pengguna menilai bahwa terjadi ketidaknyamanan visual akibat silau selama penggunaan bangunan, ada baiknya apabila diberi penanganan seperti penambahan/ pemanjangan kanopi.

Tabel 4. Kesimpulan evaluasi tingkat silau berdasarkan parameter aSE

Lantai	aSE	
	Tidak memenuhi	Memenuhi
	$\geq 10\%$	$\leq 10\%$
LT. 1		✓
LT. 2		✓
LT. 3		✓

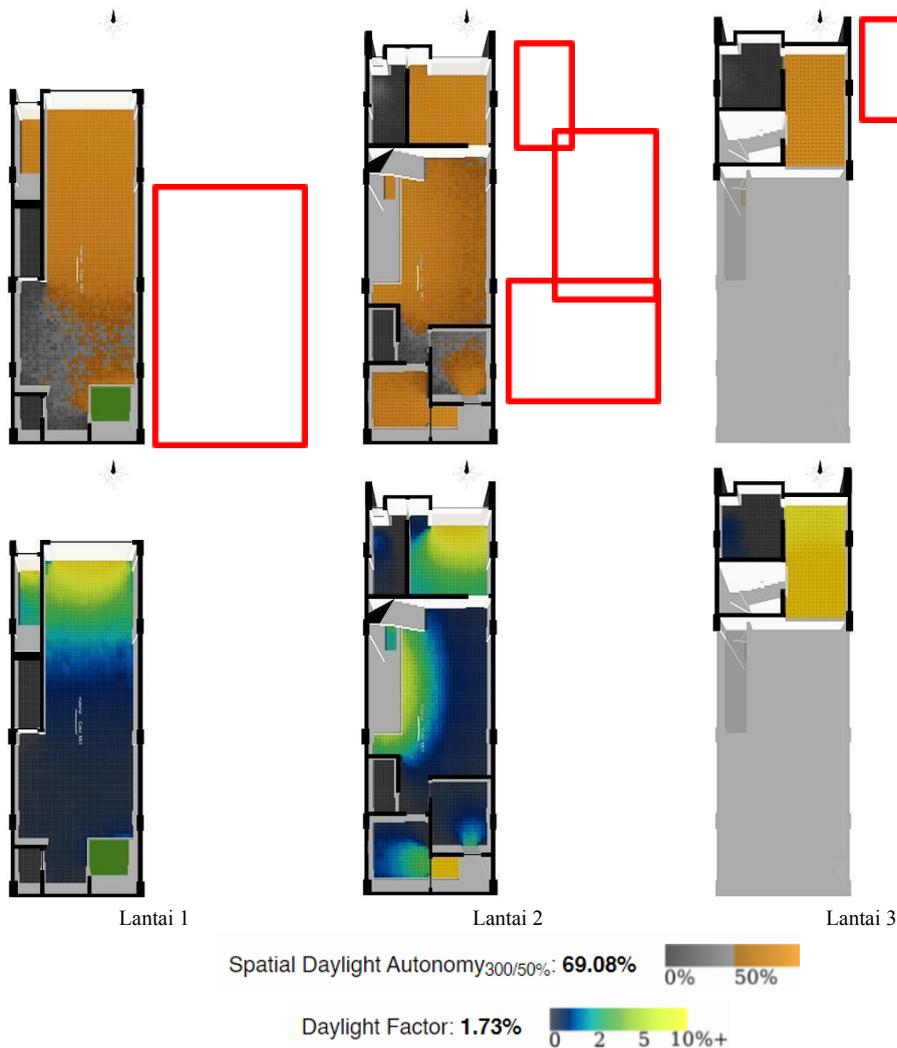


Gambar 5. Hasil evaluasi tingkat silau berdasarkan parameter aSE

Pada desain perencanaan terjadi kekurangan iluminasi cahaya pada lantai 1 dan lantai 2 terutama pada bagian tengah hingga selatan bangunan. Walaupun nilai sDA yang memperhitungkan kondisi langit selama satu tahun masih memenuhi standar IES LM-83-12, yaitu pada cakupan masih dapat diterima (*nominally accepted*) hingga kondisi ideal, namun pada kondisi *overcast*, nilai DF pada lantai 1 dan 2 tidak memenuhi standar.

Tabel 5. Kesimpulan evaluasi kecukupan tingkat iluminasi berdasarkan parameter sDA dan DF

Lantai	sDA			DF			
	Tidak ideal	Dapat diterima	Ideal	Tidak memenuhi		Memenuhi	
Lantai	$\leq 55\%$	55% - 74%	$\geq 75\%$	Avg. $\leq 2\%$	Min. $\leq 0.6\%$	Avg. $\geq 2\%$	Min. $\geq 0.6\%$
LT. 1		✓		✓	✓		
LT. 2			✓	✓	✓		
LT. 3		✓		✓	✓		



Gambar 6. Hasil evaluasi desain perencanaan berdasarkan parameter sDA dan DF

Untuk meningkatkan nilai sDA dan DF pada *common area*, tidak mencakup ruang tertutup seperti toilet (lantai 1 dan 2), gudang (lantai 1), serta ruang tertutup pada lantai 3, secara umum diperlukan modifikasi bukaan pada area tengah menuju selatan bangunan serta perubahan lokasi bukaan pada ruang di lantai 1 dan 2 yang lebih efektif dalam memasukkan cahaya.

4.2. Optimalisasi Tingkat Iluminasi Dengan *Skylight* dan Penggunaan Material Transparan pada Ruko Gaia Tipe A

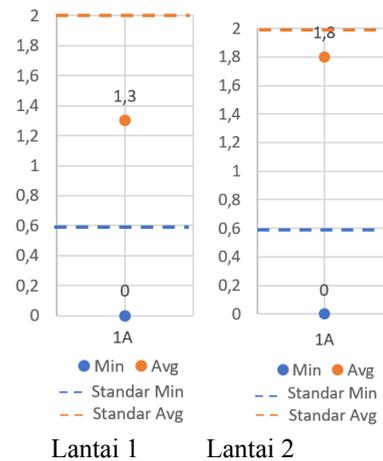
4.2.1. Alternatif Pemandangan pada Simulasi Alternatif (1A)

Alternatif pemandangan merupakan sebuah alternatif dari objek studi yang memiliki skenario seperti pada evaluasi desain perencanaan, namun tanpa memperhitungkan partisi ruang dan disimulasikan ulang dengan menggunakan parameter DF. Alternatif pemandangan ini yang akan menjadi tolak ukur dalam menentukan alternatif yang dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya, dan untuk memperlihatkan seberapa besar peningkatan nilai DF yang dihasilkan dari alternatif-alternatif yang disimulasikan.

Tabel 6. Luas area $\geq 2\%$ pada alternatif 1A (dalam persen) (standar $\geq 80\%$)

DF Avg.	1A
LT. 1	40
LT. 2	55

Grafik 1. Nilai DF alternatif 1A



Nilai DF rata-rata pada kedua lantai belum memenuhi standar (1,3% dan 1,8%) $\geq 2\%$ untuk $\geq 80\%$ luas lantai. Luas lantai yang $\geq 2\%$ pun hanya seluas 40% dan 55%. Nilai minimal juga belum mencapai 0,6%. Simulasi ini membuktikan bahwa sangat diperlukan sebuah modifikasi untuk dapat meningkatkan nilai DF, terutama nilai rata-rata, minimal, dan luasan area yang memiliki nilai DF mencapai $\geq 2\%$. Alt. 1A digunakan pada setiap tahap simulasi sebagai perbandingan.

Tabel 7. Kesesuaian nilai DF alternatif pemandangan 1A terhadap standar BREEAM

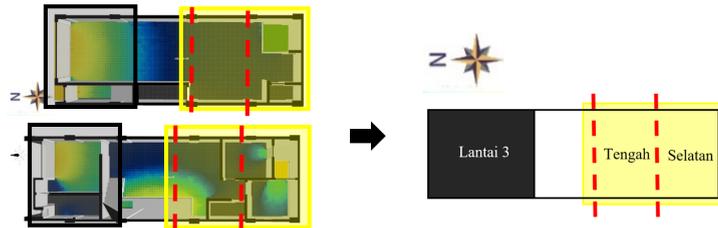
Lantai	Nilai DF	1A
Lantai 1	Minimal	X
	Rata-rata	X
	Luas area $\geq 2\%$	X
Lantai 2	Minimal	X
	Rata-rata	X
	Luas area $\geq 2\%$	X

4.2.2. Simulasi Alternatif Tahap 1

Simulasi alternatif tahap 1 terdiri 11 alternatif dengan variabel bebasnya adalah dimensi bukaan, posisi tangga-bukaan, dan material tangga (*opaque/ transparent*). Dengan berbekal kenyataan bahwa sebuah bidang dengan material kaca dapat men-transmisi-kan *daylight*, pada tahap ini akan terlihat seberapa besar pengaruh perubahan lokasi tangga-bukaan yang diikuti dengan perubahan tangga dari material *opaque* menjadi *transparent*. Selain itu juga nampak pengaruh penggunaan *skylight* dan *innercourt* berbanding dengan penggunaan *skylight* saja tanpa merubah dimensi total dari bukaan atas.

The Optimization Of The Illumination Levels With Skylight And Transparent Materials For High-Rise Buildings In Ruko Gaia, Located In Ayodhya, Alam Sutera, Tangerang

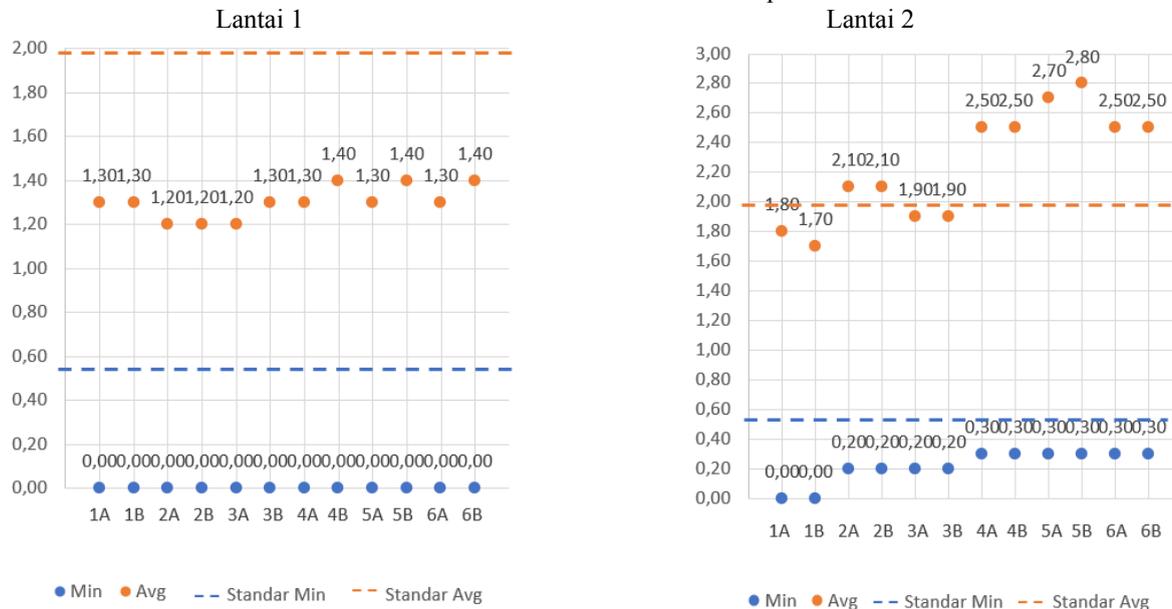
Berdasarkan hasil evaluasi eksisting yang menyatakan bahwa area tengah ke selatan bangunan kekurangan iluminasi interior, maka lokasi tangga-bukaan difokuskan pada area tengah hingga selatan dari bangunan.



Gambar 7. Penentuan alternatif lokasi tangga-bukaan

Tahap ini diawali dengan alt. 1B yang merupakan modifikasi material tangga dari alt. 1A, kemudian dilanjutkan ke alt. 2A hingga 6B dengan kedua bukaan top lighting dikombinasikan menjadi skylight saja, lokasi tangga-skylight yang berbeda-beda, dikombinasikan dengan material tangga *opaque/ transparent*.

Grafik 2. Perbedaan nilai DF Tahap 1



Tabel 8. Luas area $\geq 2\%$ pada tahap 1 (dalam persen) (standar $\geq 80\%$)

Luas area $\geq 2\%$	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B
LT. 1	40	45	35	40	35	44	40	50	45	50	40	45
LT. 2	55	55	60	60	40	40	60	60	65	65	60	60

Lokasi tangga-bukaan yang menghasilkan nilai DF Avg. lebih baik dari alternatif pembanding (1A) adalah lokasi 4,5, dan 6 yang dikombinasikan dengan tangga transparan, terutama pada nilai DF Avg. lantai 2. Alternatif 5B menghasilkan persentase perubahan nilai DF Avg. yang paling tinggi, sebesar 7,7% pada lantai 1 dan 55,6% pada lantai 2.

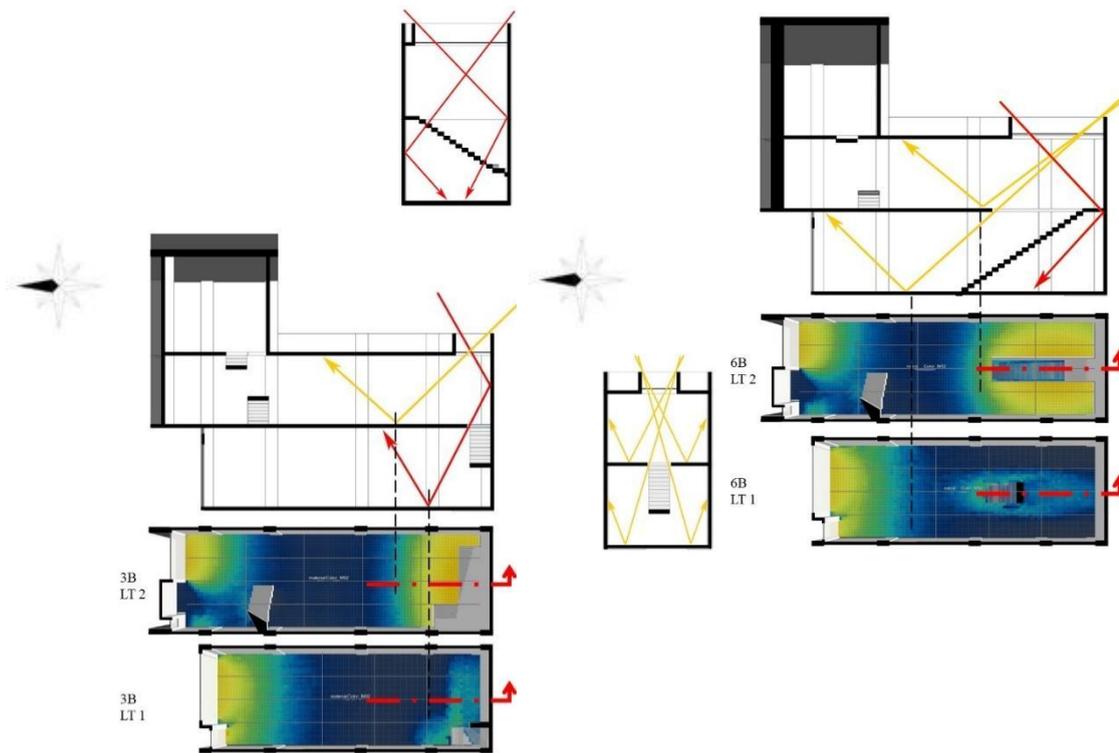
Tabel 9. Persentase perubahan nilai DF Avg. Tahap 1 terhadap 1A

DF Avg.	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B

The Optimization Of The Illumination Levels With Skylight And Transparent Materials For High-Rise Buildings In Ruko Gaia, Located In Ayodhya, Alam Sutera, Tangerang

LT. 1	0,0%	-7,7%	-7,7%	-7,7%	0,0%	0,0%	7,7%	0,0%	7,7%	0,0%	7,7%
LT. 2	-5,6%	16,7%	16,7%	5,6%	5,6%	38,9%	38,9%	50,0%	55,6%	38,9%	38,9%

Walaupun lokasi tangga-skylight alternatif 3 dan 6 keduanya berada di sisi selatan bangunan, pada area dengan nilai DF. Avg rendah saat dilakukan simulasi 1A, namun alternatif 3 menghasilkan nilai DF Avg. lantai 1 yang lebih rendah dari 1A. Sementara alternatif 6 menghasilkan nilai DF Avg. lantai 1 yang sama atau lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya *daylight* pada alternatif 3 yang terhalang oleh dinding daripada alternatif 6. Semakin banyak *daylight* yang masuk dari *skylight* memantul pada bidang dinding kemudian ke lantai, semakin sempit area yang teriluminasi oleh cahaya dengan intensitas memenuhi standar. Dengan tidak menabrak dinding, maka cahaya dapat menjangkau lebih jauh dan menghasilkan lebih luas area yang teriluminasi.



—→ Garis cahaya ke dinding lantai
Gambar 8. Garis cahaya pada alternatif 3B

—→ Garis cahaya ke lantai
Gambar 9. Garis cahaya pada alternatif 6B

Dilihat dari nilai DF Avg. desain perencanaan (1A) dan alternatif tahap 1 (1B hingga 6B), pada lantai 1 belum ada yang memenuhi standar $\geq 2\%$, sehingga penentuan alternatif untuk tahap 2 dilihat dari lantai 2 dahulu. Alternatif yang nilai average DF lantai 2-nya memenuhi standar $\geq 2\%$ adalah 2A, 2B, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B. Dari kedelapan alternatif tersebut, hanya 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, dan 6B yang nilai Avg. DF lantai 1-nya sama/ lebih tinggi dari 1A. Untuk mendapatkan nilai DF yang maksimum, maka dari keenam alternatif tersebut hanya tiga yang nilai DF Avg. lantai 1-nya lebih tinggi dari 1A akan dilanjutkan ke tahap 2, yaitu 4B, 5B, dan 6B yang menggunakan tangga kaca.

Berdasarkan grid yang terbentuk dengan membagi satu lantai menjadi 20 bagian sama besar, belum ada satupun alternatif yang memenuhi ketentuan $\geq 2\%$ untuk 80% luas lantainya. Pada lantai 1, area terluas dengan nilai rata-rata DF $\geq 2\%$ adalah 50% pada alternatif 4B dan

5B. Pada lantai 2, area terluas dengan nilai rata-rata DF $\geq 2\%$ adalah 65% pada alternatif 5A dan 5B.

Tabel 10. Kesesuaian nilai DF hasil simulasi alternatif tahap 1 terhadap standar BREEAM

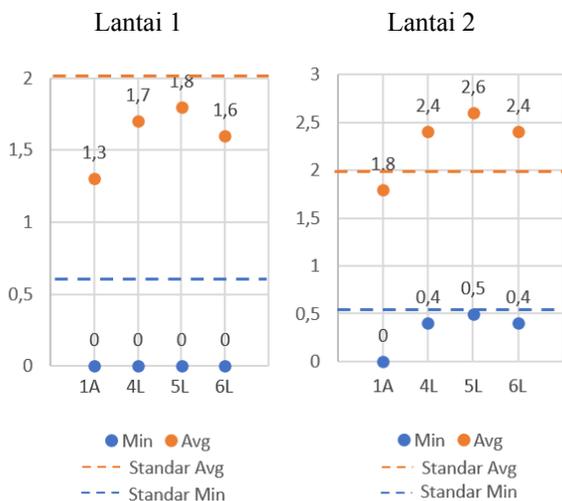
Lantai	Nilai DF	4B	5B	6B
Lantai 1	Minimal	X	X	X
	Rata-rata	X	X	X
	Luas area $\geq 2\%$	X	X	X
Lantai 2	Minimal	X	X	X
	Rata-rata	✓	✓	✓
	Luas area $\geq 2\%$	X	X	X

Dengan lokasi tangga-skylight sama dengan desain perencanaan, penggunaan *innercourt* tidak memberikan pengaruh yang sangat signifikan daripada: (a) dimensi *innercourt* dialihkan pada *skylight* yang dapat meningkatkan nilai DF lantai 2 (1B), atau (b) mengalihkan dimensi *innercourt* dan merubah lokasi tangga-skylight yang dapat meningkatkan nilai DF lantai 2 maupun lantai 1 (2A, 3A, 4A, 5A, dan 6A).

4.2.3. Simulasi Alternatif Tahap 2

Simulasi alternatif tahap 2 terdiri dari 3 alternatif yang merupakan modifikasi dari alternatif 4B, 5B, dan 6B. Modifikasi yang dilakukan adalah perubahan material seluruh permukaan lantai pada lantai 2 dari material *opaque* menjadi *transparent*, yaitu kaca. Tidak ada variabel yang berubah selain variabel material permukaan lantai tersebut. (4B -> 4L, 5B -> 5L, 6B -> 6L). Perubahan material dilakukan pada seluruh permukaan lantai sehingga dapat terlihat nilai DF maksimal yang bisa diperoleh dengan perubahan variabel material lantai.

Grafik 3. Perbedaan nilai DF Tahap 2



Tabel 11. Luas area $\geq 2\%$ pada tahap 2 (dalam persen) (standar $\geq 80\%$)

Luas area $\geq 2\%$	1A	4L	5L	6L
LT. 1	40	75	75	75
LT. 2	55	60	65	60

Dengan merubah material seluruh permukaan lantai pada lantai 2 menjadi kaca dapat meningkatkan nilai rata-rata DF dan luas area pada lantai 1 yang mencapai 2%, namun masih belum memenuhi standar $\geq 2\%$ dengan luas area $\geq 80\%$. Pada lantai 2, nilai DF rata-rata sudah memenuhi standar $\geq 2\%$, namun luas area dengan nilai DF $\geq 2\%$ masih 65%. Secara umum lebih rendah dari lantai 1, diperkirakan akibat kontras cahaya yang berlebihan karena lantai 2 menerima cahaya dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan lantai 1.

Alternatif yang mengalami perubahan nilai DF Avg. paling tinggi dan paling mendekati standar adalah 5L. Jika membandingkan 5L dengan 4L dan 6L yang memiliki kondisi sama

namun berbeda lokasi tangga-*skylight*, artinya lokasi tangga-*skylight* 5L yang berada pada area tengah dan memanjang ke utara-selatan paling efektif dalam memasukkan cahaya dan mendistribusikannya dengan lebih merata. Alternatif 5L ini dilanjutkan ke tahap 3.

Tabel 12. Persentase perubahan nilai DF Avg. Tahap 2 terhadap 1A

DF Avg.	4L	5L	6L
LT. 1	30,8 %	38,5%	23,1%
LT. 2	33,3 %	44,4%	33,3%

Tabel 13. Kesesuaian nilai DF hasil simulasi alternatif tahap 2 terhadap standar BREEAM

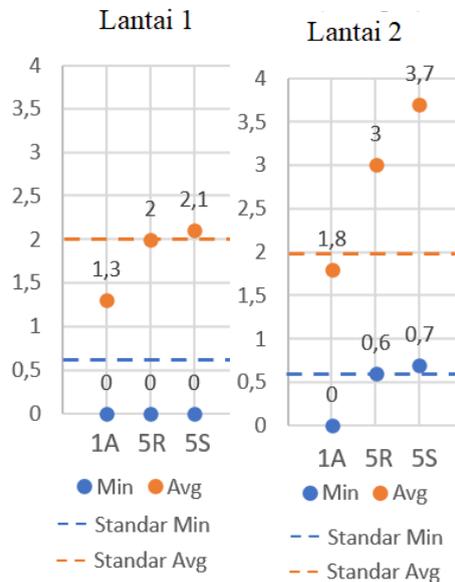
Lantai	Nilai DF	5L
Lantai 1	Minimal	X
	Rata-rata	X
	Luas area $\geq 2\%$	X
Lantai 2	Minimal	X
	Rata-rata	✓
	Luas area $\geq 2\%$	X

4.2.4. Simulasi Alternatif Tahap 3

Simulasi alternatif tahap 3 merupakan usaha optimalisasi tingkat iluminasi agar dapat mencapai standar $\geq 2\%$ dengan luas area $\geq 80\%$ dengan menggunakan 2 cara yaitu, peningkatan nilai *Visible Light Transmittance* (VLT) pada seluruh material kaca atau penambahan dimensi *skylight*. Tahap ini terbagi menjadi 2 alternatif yang setara, sehingga keduanya tidak akan saling mempengaruhi. Alternatif yang digunakan adalah 5L, yang hingga simulasi tahap 2 memiliki nilai DF paling mendekati standar.

Standar VLT kaca yang digunakan pada evaluasi desain perencanaan hingga simulasi alternatif tahap 2 adalah 65%. Pada tahap ini, nilai VLT kaca dinaikkan hingga 70%. Berdasarkan *Catalogue and Reference Guide* yang disusun oleh National Glass (2019, Australia), range nilai VLT kaca adalah 23% - 92% tergantung pada warna, tipe dan ketebalan kaca. Pada simulasi ini, ketiga faktor tersebut tidak diperhitungkan karena pemilihan kaca yang akan digunakan sangat beragam tergantung pada pemilik, arsitek, dan konsultan strukturnya. Faktor yang diperhitungkan hanya bahwa terdapat kaca dengan VLT hingga 92%. Penambahan dimensi *skylight* berdasarkan persen-an luas *skylight* yang ada. Penambahannya sebesar 10%.

Grafik 4. Perbedaan nilai DF tahap 3



Luas area $\geq 2\%$	1A	5R	5S
LT. 1	40	80	85
LT. 2	55	80	80

Peningkatan nilai VLT kaca dari VLT 65% menjadi VLT 70% pada alternatif 5L menghasilkan nilai DF Avg. dan DF Min. yang memenuhi standar BREEAM. Apabila mempertimbangkan faktor maintenance yang dengan seiring berjalannya waktu kejernihan kaca akan berkurang, maka ada baiknya dipilih kaca dengan nilai VLT lebih tinggi. Sehingga walaupun sudah tidak sejernih awalnya, tingkat iluminasi masih memenuhi standar.

Untuk alternatif dengan penambahan dimensi, alternatif 5S yang menambahkan 10% dari luas *skylightnya* sudah memenuhi standar. Semakin besar penambahan dimensinya, semakin besar pula kemungkinan silau dan panas berlebihan terjadi, sehingga seminim mungkin melakukan penambahan dimensi akan semakin baik.

Tabel 15. Persentase perubahan nilai DF Avg. Tahap 3 terhadap 1A

DF Avg.	5R	5S
LT. 1	53,8%	61,5%
LT. 2	66,7%	105,6%

Tabel 16. Kesesuaian nilai DF hasil simulasi alternatif tahap 3 terhadap standar BREEAM

Lantai	Nilai DF	5R	5S
Lantai 1	Minimal	X	X
	Rata-rata	✓	✓
	Luas area $\geq 2\%$	✓	✓
Lantai 2	Minimal	✓	✓
	Rata-rata	✓	✓
	Luas area $\geq 2\%$	✓	✓

Dalam penelitian ini sudah dilakukan simulasi peningkatan VLT 80% dan VLT 90% serta penambahan dimensi skylight hingga 50%. Namun karena hasil nilai DF terlalu berlebihan sehingga tidak dilanjutkan. Hasil simulasi terdapat pada lampiran naskah penelitian.

5. KESIMPULAN

Evaluasi Tingkat Iluminasi pada Desain Perencanaan Ruko Gaia tipe A

Evaluasi desain perencanaan terhadap tingkat iluminasi pada Ruko Gaia tipe A menunjukkan bahwa nilai $aSE_{1000,250h}$ dan $sDA_{300/50\%}$ memenuhi standar IES LM-83-12, sementara nilai DF belum memenuhi standar. Oleh sebab itu diperlukan modifikasi agar tingkat iluminasi dalam bangunan dapat ditingkatkan.

Tabel 17. Kesimpulan evaluasi tingkat iluminasi pada desain perencanaan Ruko Gaia tipe A

Lantai	aSE		sDA			DF			
	Tidak memenuhi	Memenuhi	Tidak ideal	Dapat diterima	Ideal	Tidak memenuhi		Memenuhi	
	$\geq 10\%$	$\leq 10\%$	$\leq 55\%$	55% - 74%	$\geq 75\%$	Avg. $\leq 2\%$	Min. $\leq 0.6\%$	Avg. $\geq 2\%$	Min. $\geq 0.6\%$
LT. 1		✓		✓		✓	✓		
LT. 2		✓			✓	✓	✓		
LT. 3		✓		✓		✓	✓		

Optimalisasi Tingkat Iluminasi dengan Desain *Skylight*, Tangga, dan Lantai serta Nilai VLT dan Dimensi *Skylight*

Simulasi alternatif difokuskan pada lantai 1 dan lantai 2 dengan parameter DF yang masih belum memenuhi standar. Variabel yang mengalami perubahan adalah lokasi tangga-*skylight*, dimensi *skylight*, material tangga dan lantai menjadi kaca.

Lokasi tangga-*skylight* yang menghasilkan tingkat iluminasi paling mendekati standar adalah alternatif 5, dengan posisi di tengah bangunan tanpa berhimpitan dengan dinding serta orientasi tangga-*skylight* sesuai bentuk bangunan. Pada tahap 1, kombinasi lokasi dan perubahan material tangga pada alt. 5B menghasilkan nilai DF yang lebih mendekati standar daripada alt. 1A.

Tahap 2 menunjukkan bahwa menggunakan lantai kaca memungkinkan lebih banyak cahaya untuk masuk ke lantai 1 sehingga dapat meningkatkan nilai DF. Pada alt. 5L nilai DF Avg. lantai 1 meningkat hingga 38,5% dan DF Min. lantai 2 mencapai 0,5%, namun belum mencapai standar.

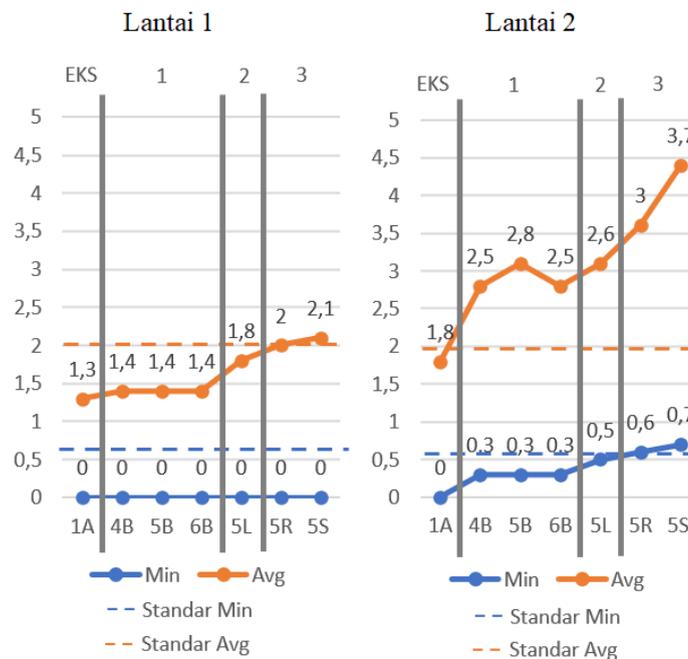
Tahap 3 merupakan upaya optimalisasi untuk mendukung kedua tahap sebelumnya, yang menunjukkan bahwa dengan mengubah VLT 65% menjadi 70% atau menambah 10% dimensi *skylight* dapat menghasilkan tingkat iluminasi yang memenuhi standar BREEAM. Peningkatan VLT kaca memungkinkan lebih banyak cahaya yang masuk ke dalam bangunan, sehingga tingkat iluminasi meningkat. Setara dengan itu, menambah dimensi *skylight* memungkinkan jumlah cahaya yang masuk ke dalam bangunan lebih banyak. Pada tahap 3,

nilai DF Min, nilai DF Avg., maupun luasan area $\geq 2\%$ alt 5R dan 5S sudah memenuhi standar BREEAM.

Nilai DF Min. pada lantai 1 tidak mengalami perubahan baik pada evaluasi desain perencanaan hingga optimalisasi dengan peningkatan nilai VLT maupun dimensi *skylight*. Dalam simulasi untuk menguji validitas *software* Lightstanz (terlampir), dinding lantai 1 seluruhnya diubah menjadi kaca dan nilai DF. Min mengalami kenaikan. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa pada seluruh alternatif yang disimulasikan pada penelitian ini ada seminimalnya 1 titik perhitungan yang tingkat iluminasinya 0 sehingga menghasilkan nilai DF Min. 0%.

Kesimpulannya, perubahan lokasi tangga-*skylight* serta penggunaan material transparan berupa kaca pada lantai-tangga memberikan peningkatan nilai DF, namun masih belum memenuhi standar BREEAM. Diperlukan perubahan nilai VLT kaca atau penambahan dimensi *skylight* untuk membantu menghasilkan tingkat iluminasi yang nyaman bagi penggunaanya.

Grafik 5. Perbedaan nilai DF keseluruhan alternatif



Tabel 18. Luas area $\geq 2\%$ pada alternatif keseluruhan (dalam persen) (standar $\geq 80\%$)

Luas area $\geq 2\%$	Eksisting (Desain Perencanaan)	Tahap 1			Tahap 2	Tahap 3	
	1A	4B	5B	6B	5L	5R	5S
LT. 1	40	50	50	45	75	80	80
LT. 2	55	60	65	60	65	80	80

Tabel 19. Persentase kenaikan nilai DF Avg.

Lantai	Tahap 1			Tahap 2	Tahap 3	
	4B	5B	6B	5L	5R	5S
LT. 1	7,7%	7,7%	7,7%	38,5%	53,8%	61,5%

LT. 2	38,9%	55,6%	38,9%	44,4%	66,7%	105,6%
-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Saran

Optimalisasi tingkat iluminasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, menggunakan strategi pemasukan daylight selain *skylight*, atau modifikasi variabel desain lainnya. Penelitian ini berfokus pada penggunaan bukaan atas berupa *skylight* sesuai dengan desain perencanaan yang dikombinasikan dengan penggunaan material transparan berupa kaca pada bidang lantai dan tangga untuk meningkatkan iluminasi yang dapat mencapai lantai 1.

Standar IES LM-83-12 menyatakan bahwa aSE memperhitungkan resiko atau kemungkinan terburuknya tanpa penggunaan *blind* dan *shades*. Oleh sebab itu, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan berupa observasi kenyamanan visual dari pengalaman pengguna ruang/ responden, sehingga didapatkan persepsi dari pengguna untuk dievaluasi serta ditanggapi lebih lanjut. Tidak menutup kemungkinan juga jika desain dengan sengaja menggunakan iluminasi yang berlebihan untuk tujuan estetika, sehingga nilai aSE melebihi 10% tidak selalu berarti menimbulkan ketidaknyamanan visual.

Penggunaan kaca bening seperti *normal (annealed) glass* sebagai lantai menyebabkan kehilangan privasi, terutama karena fungsi lantai 1 komersial sementara lantai 2 area tempat tinggal. Dalam pemilihan tipe kaca, disarankan untuk menggunakan kaca dengan *frosted, sandblasted*, atau *acid etched* pada proses pembuatannya. Walaupun akan mengalami difusi, VLT pada *acid etched glass* dari National Glass tersedia pada 46% (*Grey*) dan 89% (*clear*). *Frosted glass* dari Llummar memiliki VLT 88%. Selain itu, penelitian ini memerlukan penelitian lanjutan untuk mengkaji konstruksi dan luas lantai yang menggunakan material transparan, karena penggunaan kaca pada seluruh permukaan lantai pada lantai 2 tidak realistis dan memakan biaya yang besar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Barret, Richard. 2009. *The Case for Daylighting in Architecture*. Volume 3, Issue 2. Christchurch (NZ) : Archnest-IJAR.
- Bayview Windows. 2020. *Understanding Visual Transmittance in Windows*. Ottawa. <https://www.bayviewwindows.ca/blog/understanding-window-visual-transmittance/energy-efficiency>. Diakses tanggal 13 Juni 2021.
- BREEAM U. 2014. *New Construction non-domestic buildings technical manual 2014. Hea 01 Visual Comfort*. https://www.breeam.com/BREEAMUK2014SchemeDocument/content/05_health/hea01_nc.htm. Diakses tanggal 18 April 2021.
- Dora, Purnama Esa., Nilasari, Poppy Firtatwentyana. 2011. "Pemanfaatan Pencahayaan Alami pada Rumah Tinggal Tipe Townhouse di Surabaya". Surabaya (ID): Universitas Kristen Petra.
- Garg, N.K. 2007. *Guidelines for Use of Glass in Buildings*. New Delhi : New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Harisdani, Devin Defriza., Lubis, Mohammad Dolok. 2004. "Identitas Fungsi Ruko Kesawan" Sumatera (ID): Jurusan Arsitektur Universitas Sumatera Utara.
- National Glass. 2019. *Catalogue and Reference Guide*. Brisbane (AU). https://www.nationalglass.com.au/wp-content/uploads/2016/08/NG-Catalogue-21_LR.pdf
- Pangestu., Mira D. 2019. *Pencahayaan Alami Dalam Bangunan*. Bandung (ID): Unpar Press.
- Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 135 Tahun 2019 tentang Pedoman Tata Bangunan. https://jdih.jakarta.go.id/himpunan/produkhukum_detail/9969. Diakses tanggal 13 Juni 2021.

The Optimization Of The Illumination Levels With Skylight And Transparent Materials For High-Rise Buildings In Ruko Gaia, Located In Ayodhya, Alam Sutera, Tangerang

- Peraturan Daerah. 2011 tentang Bangunan Gedung. https://sippa.ciptakarya.pu.go.id/sippa_online/ws_file/dokumen_usulan/perda_bg/PER_DABG_18-03-2011.pdf. Diakses tanggal 13 Juni 2021.
- R.H. Crawford and A. Stephan (eds.). 2015. *Living and Learning: Research for a Better Built Environment: 49th International Conference of the Architectural Science Association 2015*. pp.1097–1106. The Architectural Science Association and The University of Melbourne.
- Virginia Department of Education. 2012. *Transparent, Translucent, or Opaque?. Science Enhanced Scope and Sequence – Grade 5*. Commonwealth of Virginia : Virginia Department of Education.