

## **APLIKASI SKYLIGHT DAN JENDELA UNTUK OPTIMALISASI PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUMAH TINGGAL**

**Yunita Ardianti Sabtalistia**

Dosen Prodi S1 Arsitektur, Fak.Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta  
e-mail: yunitas@ft.untar.ac.id

**Sintia Dewi Wulanningrum**

Dosen Prodi S1 Arsitektur, Fak.Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta  
e-mail: sintiaw@ft.untar.ac.id

### **ABSTRAK**

*Bukaan yang ada di rumah, seperti: jendela, ventilasi, dan skylight bisa dioptimalkan kinerjanya sehingga pemakaian lampu bisa dikurangi atau bahkan tidak digunakan sama sekali dari pagi sampai sore hari. Ruangan-ruangan yang paling banyak digunakan dari pagi sampai sore hari adalah ruang kerja, dapur, dan ruang makan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penelitian ini bertujuan mengoptimalkan skylight dan jendela agar ruang kerja, ruang makan, dan dapur pada rumah tinggal mempunyai pencahayaan alami yang optimal. Sampel penelitian yang digunakan adalah rumah tipe 27/60 yang menghadap ke arah barat daya. Rumah tersebut mempunyai bukaan, seperti: jendela, ventilasi, dan skylight. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan menggunakan simulasi Autodesk Ecotect Analysis 2011. Ada 2 solusi yang direkomendasikan untuk diaplikasikan agar ruang kerja, ruang makan, dan dapur mendekati nilai SNI 6197:2011. Solusi pertama diterapkan pada saat kegiatan kerja dan makan sedangkan solusi kedua diterapkan pada saat kegiatan memasak. Solusi yang pertama dengan menutup korden sebesar 50% pada jendela ruang kerja dan ruang tidur depan, menutup korden sebesar 100% pada jendela belakang, pemberian horizontal overhang pada jendela belakang, dan mengurangi luas skylight sebesar 50%. Solusi yang kedua dengan membuka daun pintu depan dan daun jendela belakang.*

**Kata kunci : Jendela, Pencahayaan Alami, Rumah Tinggal, Skylight**

### **ABSTRACT**

*The performance of existing openings in the house, such as windows, vents and skylights, can be optimized so that the use of lights can be reduced or even not used at all from morning to evening. The most used rooms from morning to evening are the den, kitchen and dining room. Based on these problems, this study aims to optimize the skylights and windows so that the workspace, dining room, and kitchen in the residence have optimal natural lighting. The research sample used is the house type 27/60 facing the southwest. The house has openings, such as: windows, vents, and skylights. The method used is an experimental method using Autodesk Ecotect Analysis 2011 simulation. There are 2 recommended solutions to be applied*

so that the workspace, dining room, and kitchen approach the SNI 6197: 2011 value. The first solution is applied during work and eating activities, while the second solution is applied during cooking activities. The first solution is to close the curtains by 50% on the workspace and front bedroom windows, close the curtains by 100% on the rear windows, provide a horizontal overhang on the rear windows, and reduce the skylight area by 50%. The second solution is to open the front door and rear shutters.

**Keywords:** *Window, Natural Ventilation, House, Skylight*

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini kita mengalami masa pandemi Corona dimana hampir sebagian besar karyawan bekerja di rumah (*Work From Home/WFH*). Pada pagi sampai sore hari, pencahayaan alami di rumah tinggal dapat dimanfaatkan untuk bekerja sehingga tidak perlu menggunakan lampu.

Salah satu penelitian yang berfokus pada pencahayaan alami rumah tinggal adalah penelitian Ibayasid dkk, 2020. Studi kasus yang digunakan adalah rumah tinggal tipe 27 m<sup>2</sup> dengan orientasi bangunan menghadap barat. Berbagai model bukaan dieksperimen untuk mengetahui model bukaan mana yang paling mampu memberikan pencahayaan alami yang optimal. Hasilnya membuktikan bahwa model bukaan 10% di sisi barat, 10% bukaan atap, dan 50% bukaan timur paling mampu memberikan daylighting level paling optimal, yaitu sebesar 998,83 Lux pada kondisi *clear sky* dan 849 lux pada *overcast sky* (Ibayasid dkk, 2020:101).

Berdasarkan standard SNI 6197:2011 menyatakan bahwa kebutuhan pencahayaan untuk rumah tinggal berkisar antara 250-300 lux untuk ruang kerja, dapur, dan ruang makan. Oleh karena adanya *WFH (Work From Home)*, ruang kerja menjadi ruang yang paling banyak kita tempati sepanjang hari. Kegiatan memasak selama masa pandemi ini juga menjadi kegiatan yang banyak dilakukan karena untuk mempertahankan daya tahan tubuh perlu makanan yang sehat dan bergizi, serta higienis. Para ibu cenderung memasak sendiri agar makan yang disajikan bisa lebih terjamin kebersihannya. Oleh karena itu dapur dan ruang makan perlu diperhatikan level pencahayaannya agar kegiatan memasak dan makan bersama keluarga dapat berjalan dengan baik dan tanpa menggunakan lampu.

Bukaan pada rumah tinggal dapat didapatkan dari samping, seperti: jendela dan ventilasi. Bukaan dari atas bisa didapatkan dari *skylight*. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan *skylight* dan jendela agar ruang kerja, ruang makan, dan dapur pada rumah tinggal memberikan pencahayaan alami yang mendekati SNI 6197:2011.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Skylight* bertujuan untuk memasukkan cahaya matahari dari atas bangunan. *Skylight* banyak diterapkan di atrium mall. Salah satu atrium mall yang menggunakan *skylight* adalah Lenmarc Mall yang ada di Surabaya. Banyak pengunjung mall Lenmarc Mall yang mengeluhkan mengalami kesilauan pada saat di atrium. Oleh karena itu pihak Lenmarc Mall menambahkan polikarbonat putih susu pada *skylight* atrium tersebut. Namun, penambahan polikarbonat tersebut membuat atrium menjadi gelap. Dari permasalahan tersebut, Hartono dkk, 2019 menguji coba perbaikan *skylight* dengan 3 cara, yaitu: pemberian kaca film 20%, kaca film 40%, dan tambahan saringan matahari (Hartono dkk, 2019:608). Hasilnya membuktikan bahwa penambahan kaca film 40 % paling mampu memenuhi *Daylight Factor (DF)* minimal dan cahaya yang dihasilkan cenderung tidak menyilaukan.

Optimalisasi pencahayaan alami dapat dilakukan dengan strategi memperbesar *Window Wall Ratio (WWR)*, selubung ganda (*double facade*), dan *shading device*. Sebuah penelitian dengan studi kasus ruko di Lhokseumawe telah membuktikan bahwa dengan meningkatkan nilai *WWR*, penggunaan *daylight shaft*, *skylight*, selubung ganda, dan *shading device* mampu meningkatkan nilai *Useful Daylight Illuminance (UDI)* yang sebelumnya 76% gelap (<100 Lux) menjadi 73% optimal (antara 100-2000 Lux) (Atthailah dkk, 2019).

*Shading Device* yang diaplikasikan pada jendela bertujuan memberikan pembayangan agar bangunan menjadi tidak terlalu panas. Selain itu juga merupakan penghalang agar sebagian besar cahaya yang masuk ke dalam ruangan bukan cahaya langsung tetapi cahaya pantulan sehingga tidak menyilaukan atau tidak menimbulkan *glare*. Penelitian Sabtalistia, 2017 menguji beberapa model *shading device*, seperti: *eggcrate*, *horizontal overhang*, *horizontal louver*, *vertical louver*, dan *light shelf*. Hasilnya membuktikan bahwa *horizontal overhang* dengan panjang 1,2 meter mampu memberikan *daylighting level* rata-rata dan *uniformity ratio* paling optimal.

### 3. METODE PENELITIAN

Parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas pencahayaan alami pada penelitian ini adalah *Daylighting Level* yang mempunyai satuan lux. *Daylighting level* menjadi optimal jika nilainya sesuai dengan standard SNI 6197:2011.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Alat simulasi yang digunakan adalah Autodesk Ecotect Analysis 2011. Metode eksperimen lebih berfokus pada hubungan sebab dan akibat (Groat dkk, 2002). Dengan melakukan eksperimen pengaturan buka tutup pintu, jendela, dan korden, pengaturan luasan *skylight*, serta penambahan *shading device* dapat mempengaruhi *daylighting level* yang masuk ke dalam rumah. Pengaturan buka tutup pintu, jendela, korden, pengaturan luasan *skylight*, dan penambahan *shading device* menjadi penyebab terjadinya perubahan *daylighting level*. *Daylighting level* menjadi akibat dari dilakukannya eksperimen tersebut.

Sampel penelitian yang digunakan adalah sebuah rumah tinggal yang berlokasi di Perumahan Forest Hill, Cluster the Village, Acero 2, Blok H11, No.2, Parung Panjang, Bogor, Jawa Barat. Rumah bertipe 27/60 tersebut menghadap ke arah barat daya sehingga pada saat pagi hari cenderung teduh di bagian depan rumah dan cenderung terang di bagian belakang rumah. Rumah tersebut berada di *hook* sehingga sisi kiri dan sisi belakang bangunan merupakan area hijau.

Pada bagian depan rumah tampak ada 2 jendela (Gambar 1). Ventilasi ada di atas jendela. Ventilasi tersebut ditutup oleh kaca sehingga hanya memasukkan cahaya matahari dan tidak memasukkan angin. Bagian depan rumah menggunakan *shading device* dengan bahan U-PVC yang cukup panjang sehingga teras rumah terbayangi cukup baik. Tidak ada tanaman yang tinggi dan perabot yang menghalangi masuknya cahaya dari depan (Gambar 1). Pada bagian samping kiri rumah tidak ada bukaan sama sekali sehingga tidak ada cahaya yang masuk dari samping kiri (Gambar 2 kiri). Tinggi lantai ke plafon adalah 3 meter. Pada bagian belakang ada 1 jendela dan *skylight* untuk ruang jemur dan taman dalam (Gambar 2 kanan dan 3). Dua jendela yang ada di depan mempunyai ukuran yang sama, yaitu: 63,8 x

125 cm. Jendela belakang mempunyai ukuran 40 x 100 cm. *Skylight* mempunyai ukuran 167,9 x 161 cm. Pintu depan mempunyai ukuran 94,5 x 215 cm.



**Gambar. 1**  
**Tampak Depan Sampel Penelitian**  
*Sumber: Dokumentasi, Desember 2020*

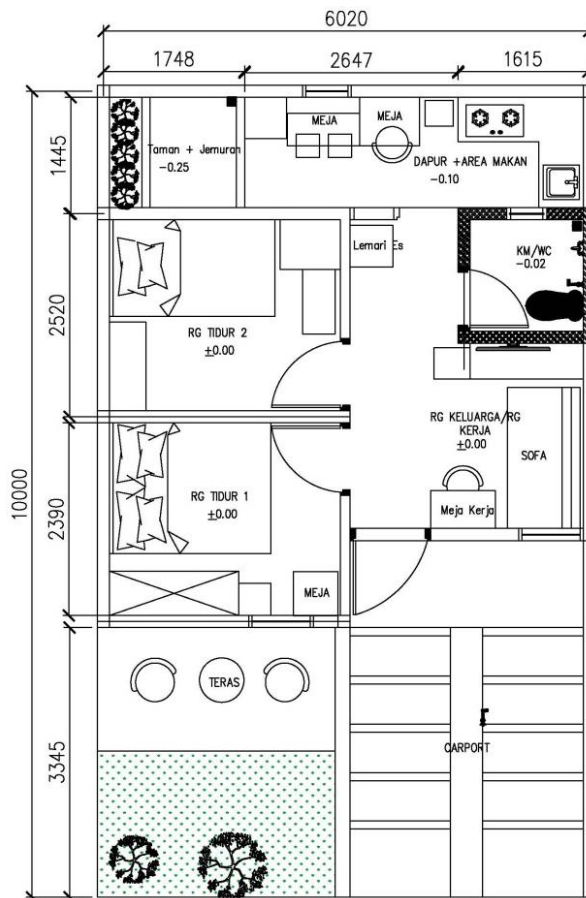


**Gambar. 2**  
**Tampak Samping Kiri dan Tampak Belakang Sampel Penelitian**  
*Sumber: Dokumentasi, Desember 2020*

Susunan ruang dari depan ke belakang terdiri dari teras, ruang kerja/ruang keluarga, ruang tidur 1, ruang tidur 2, KM/WC, dapur, ruang makan, dan taman dalam (*innercourt*) (Gambar 4). Taman dalam tersebut juga berfungsi sebagai jemuran sehingga pada bagian atas dipasang atap *polycarbonat* agar sinar matahari bisa masuk. Atap *polycarbonat* tersebut berfungsi sebagai *skylight*. Ruang makan dan dapur mendapatkan banyak sumber cahaya alami dari *skylight* dan jendela belakang. Ruang kerja dan ruang tidur mendapatkan sumber cahaya dari jendela depan. Perabot yang ada di depan jendela ruang kerja dan ruang tidur 1 tidak menghalangi cahaya masuk ke dalam ruangan karena tinggi perabot tidak melebihi tinggi jendela (Gambar 4). Adapun perabot tersebut adalah meja dan sofa.



**Gambar. 3**  
**Skylight dan Jendela Belakang Sampel Penelitian**  
*Sumber: Dokumentasi, Desember 2020*

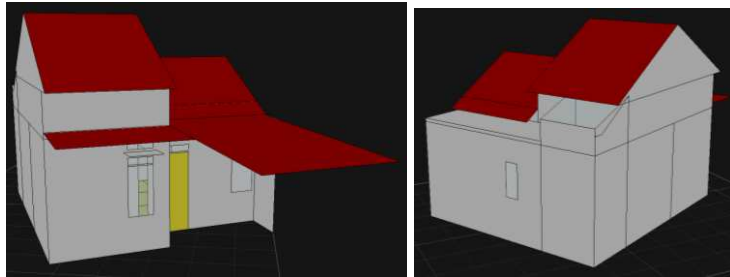


**Gambar. 4**  
**Denah Sampel Penelitian (Scale to Fit)**  
*Sumber: Survei, Desember 2020*

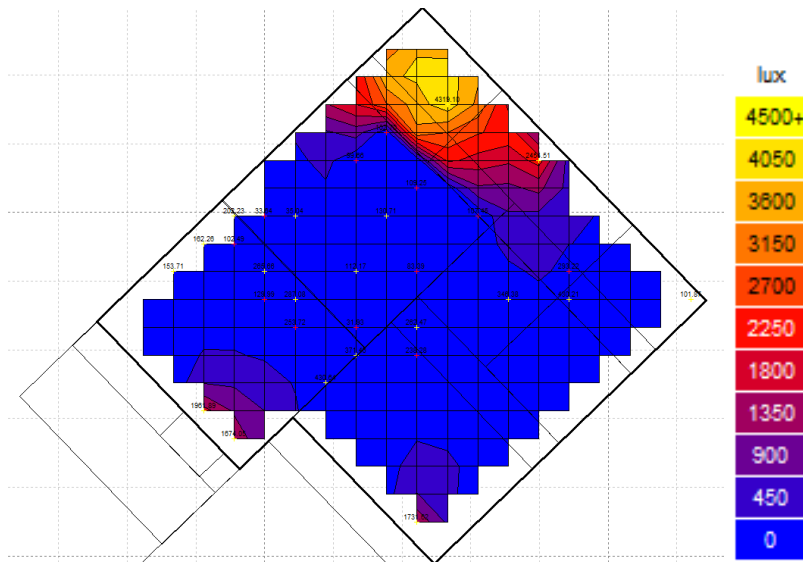
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 KONDISI EKSISTING

Sampel penelitian dimodelkan dengan Ecotect sesuai dengan kondisi di lapangan. Gambar 5 menunjukkan model rumah dari depan dan belakang. Setelah dimodelkan selanjutnya dilakukan simulasi perhitungan *Daylighting Level*. Kondisi eksisting mensimulasikan *daylighting level* pada saat semua jendela dibuka (tidak tertutup korden) dan pintu ruang kerja ditutup. Gambar 6 menunjukkan *daylighting level* pada seluruh ruangan. Pada area *skylight* dan area sekitar jendela mempunyai *daylighting level* lebih tinggi. *Daylighting level* pada ruang kerja, ruang tidur 1, dan ruang makan cenderung lebih terang jika dibandingkan SNI terutama pada ruang makan (Tabel 1 dan Gambar 7 kiri). Namun, sebaliknya pada dapur cenderung sedikit kurang terang jika dibandingkan SNI (Gambar 7 kanan).



**Gambar. 5**  
**Modelling Sampel Penelitian**  
Sumber: Ecotect, Desember 2020



**Gambar. 6**  
**Daylighting Level pada Kondisi Eksisting**  
Sumber: Ecotect, Desember 2020, pukul 12.00 WIB

**Tabel 1.**  
**Nilai Daylighting Level (Lux) pada Kondisi Eksisting**

	Skylight	Ruang Kerja	Ruang Tidur 1	Ruang Makan	Dapur
<i>Daylighting Level Minimal</i>	2889	127	90	814	51
<i>Daylighting Level Maksimal</i>	4719	1798	2478	2381	533
<i>Daylighting Level Rata-rata</i>	<b>3519</b>	<b>343</b>	<b>393</b>	<b>1432</b>	<b>235</b>
Nilai SNI 6197:2011	-	<b>300</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
Selisih <i>Daylighting Level</i> Rata-rata dengan SNI 6197:2011	-	<b>43</b>	<b>143</b>	<b>1182</b>	<b>15</b>

Sumber: Ecotect, Desember 2020, pukul 12.00 WIB



**Gambar. 7**

**Kondisi Pencahayaan Alami pada Ruang Makan dan Dapur pada Kondisi Eksisting**

Sumber: Dokumentasi, Desember 2020, pukul 12.00 WIB



**Gambar. 8**

**Kondisi Pencahayaan Alami pada Ruang Kerja pada Kondisi Eksisting**

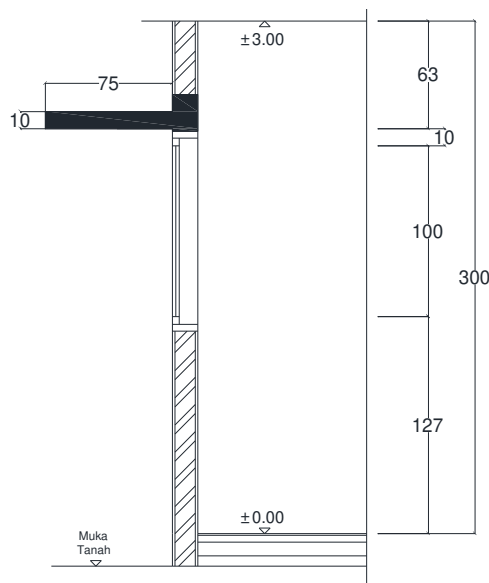
Sumber: Dokumentasi, Desember 2020, pukul 12.00 WIB



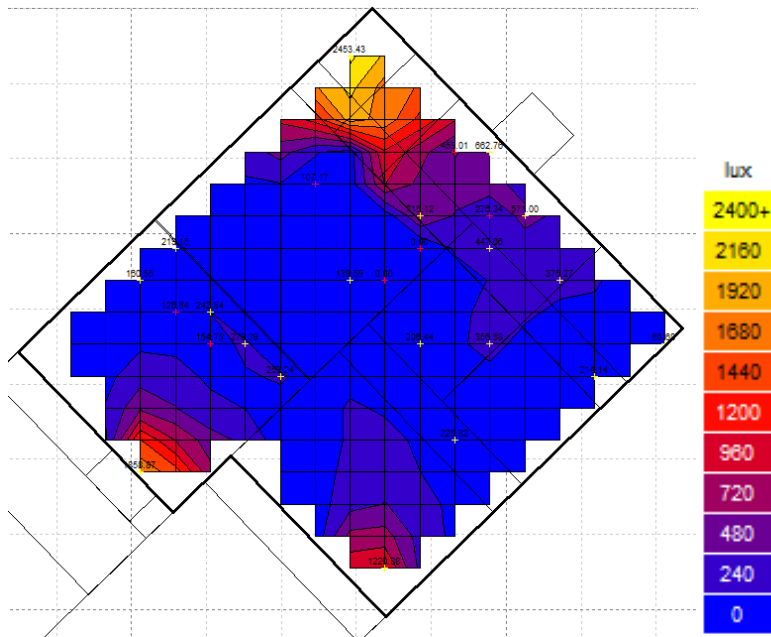
## 4.2 SOLUSI 1

Pada kondisi eksisting cenderung terlalu terang pada area *skylight* dan area dekat jendela. Oleh karena itu perlu ada penggantian material pada *skylight* dan pembayangan pada jendela. Ada 2 solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut (Tabel 2). Solusi pertama dengan mengurangi luas *skylight* sebesar 50%. Jadi 50% dari *skylight* tersebut diganti menjadi dag beton. Jendela belakang ditutup korden 100% dan pada bagian atas jendela belakang diberi *horizontal overhang* dengan panjang 75 cm dan lebar 80 cm (Gambar 9). Jendela ruang kerja dan ruang tidur ditutup korden 50% untuk mengurangi cahaya masuk ke dalam ruangan. Hasilnya menunjukkan pengurangan lux pada area *skylight* dan area sekitar jendela (Gambar 10).

Pada ruang kerja, ruang tidur 1, dan ruang makan mengalami penurunan lux sehingga mendekati SNI (Tabel 3). Perbaikan pencahayaan alami yang paling baik adalah pencahayaan alami pada ruang kerja dan ruang makan. Bahkan pada ruang kerja hanya selisih 10 Lux jika dibandingkan dengan SNI. Pada ruang makan juga terjadi pengurangan Lux dari 1432 Lux menjadi 493 Lux (Tabel 1 dan Tabel 3). Namun, akibat penutupan korden dan pemberian *horizontal overhang* serta pengurangan luasan *skylight* menyebabkan *daylighting level* pada dapur menjadi semakin berkurang nilainya sehingga semakin menjauhi nilai SNI. Oleh karena itu perlu memperbesar masuknya sumber cahaya saat berlangsung kegiatan memasak.



**Gambar. 9**  
**Potongan Jendela Belakang (Scale to Fit)**  
Sumber: Ecotect, Desember 2020



**Gambar. 10**  
**Daylighting Level pada Solusi 1**  
 Sumber: Ecotect, Desember 2020, pukul 12.00 WIB

**Tabel 2.**  
**Eksperimen dengan Ecotect**

	Jendela Ruang Kerja	Jendela Ruang Tidur 1	Jendela Belakang	Skylight	Pintu Ruang Kerja (Pintu Depan)
<b>Eksisting</b>	Daun jendela ditutup & Korden dibuka 100%	Daun jendela ditutup & Korden dibuka 100%	Daun jendela ditutup & Korden dibuka 100%	Luas Skylight 100%	Ditutup
<b>Solusi 1 (Kegiatan Kerja dan Makan)</b>	Daun jendela ditutup & Korden ditutup 50%	Daun jendela ditutup & Korden ditutup 50%	Daun jendela ditutup & Korden ditutup 100%; penambahan <i>horizontal overhang</i>	Luas Skylight dikurangi 50%	Ditutup
<b>Solusi 2 (Kegiatan memasak)</b>	Daun jendela ditutup & Korden ditutup 50%	Daun jendela ditutup & Korden ditutup 50%	<b>Daun jendela dibuka &amp; Korden Dibuka 100%;</b> penambahan <i>horizontal overhang</i>	Luas Skylight dikurangi 50%	<b>Dibuka</b>

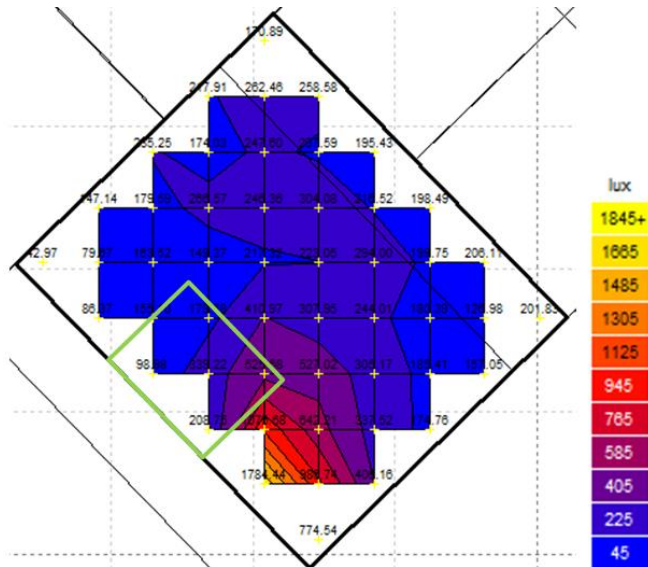
*Daylighting level* di area dimana meja belajar berada adalah 209, 339, 526, dan 155 Lux (Gambar 11). Jika keempat titik tersebut dirata-rata maka

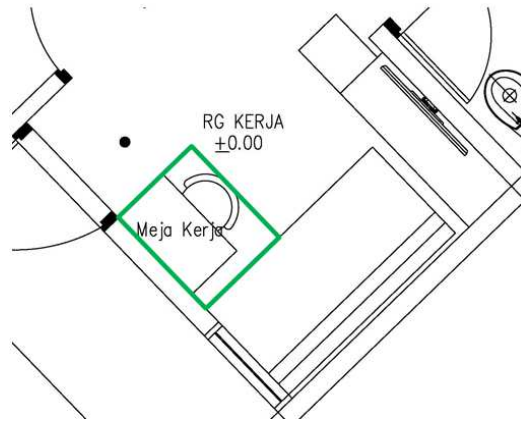
nilainya menjadi 307 Lux. Nilai tersebut mendekati 300 Lux yang merupakan standard SNI untuk ruang kerja.

**Tabel 3.**  
**Nilai Daylighting Level (Lux) pada Solusi 1 (Kegiatan Bekerja & Makan)**

	Skylight	Ruang Kerja	Ruang Tidur 1	Ruang Makan	Dapur
Daylighting Level Minimal	1339	127	90	252	0
Daylighting Level Maksimal	2570	1784	2464	712	317
Daylighting Level Rata-rata	<b>1762</b>	<b>310</b>	<b>370</b>	<b>493</b>	<b>127</b>
Nilai SNI 6197:2011	-	<b>300</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
Selisih Daylighting Level Rata-rata dengan SNI 6197:2011	-	<b>10</b>	<b>120</b>	<b>243</b>	<b>123</b>

Sumber: Ecotect, Desember 2020, pukul 12.00 WIB





Gambar. 11

#### 4.3 SOLUSI 2

**Daylighting Level pada Area Kerja dan Posisi Meja Belajar di Area Kerja pada Solusi 1**

Sumber: Ecotect, Desember 2020, pukul 12.00 WIB

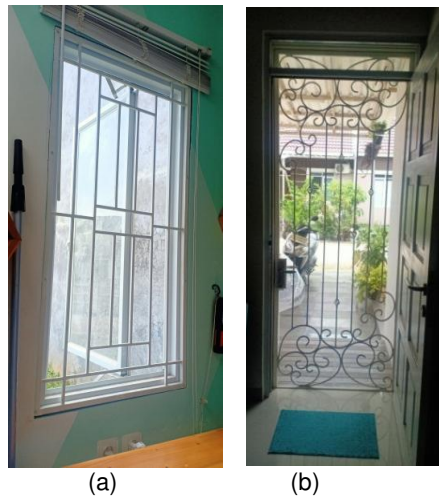
Solusi kedua diaplikasikan pada saat kegiatan memasak. Pada saat kegiatan memasak, daun jendela belakang dibuka dan pintu ruang kerja juga dibuka (Gambar 12). Dengan dibukanya daun pintu dan jendela tersebut dapat meningkatkan sirkulasi udara sehingga asap dan panas dari dapur bisa keluar. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai *daylighting level* rata-rata dapur pada saat pintu depan dan jendela belakang dibuka adalah sebesar 217 Lux (Tabel 4). Nilai tersebut hampir mendekati SNI untuk dapur yang nilainya 250 Lux.

**Tabel 4.**  
**Nilai Daylighting Level (Lux) pada Solusi 2 (Kegiatan Memasak)**

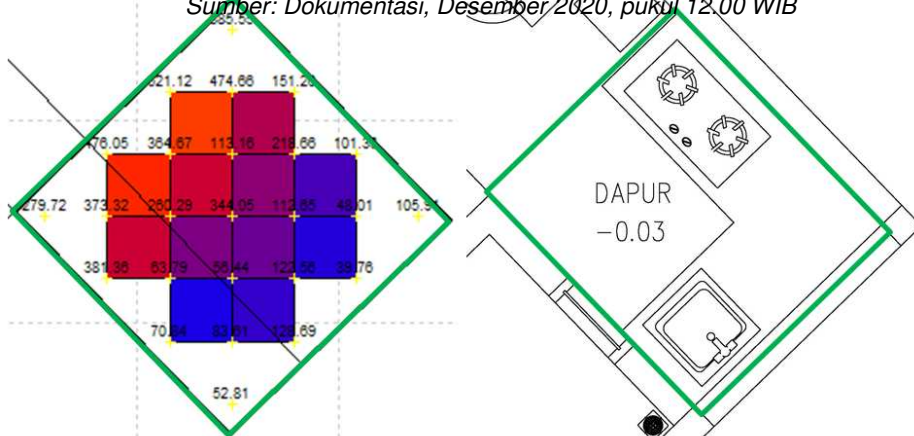
	Skylight	Ruang Kerja	Ruang Tidur 1	Ruang Makan	Dapur
<i>Daylighting Level</i> Minimal	1570	398	90	696	56
<i>Daylighting Level</i> Maksimal	2576	4182	2469	1739	621
<i>Daylighting Level</i> Rata-rata	<b>1847</b>	<b>946</b>	<b>404</b>	<b>964</b>	<b>217</b>
Nilai SNI 6197:2011	-	<b>300</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
Selisih <i>Daylighting Level</i> Rata-rata dengan SNI 6197:2011	-	<b>646</b>	<b>154</b>	<b>714</b>	<b>33</b>

Sumber: Ecotect, Desember 2020, pukul 12.00 WIB

Gambar 13 menunjukkan distribusi cahaya pada area dapur. Pada area kompor dan *kitchen sink* cenderung terang. Area yang kurang terang pada bagian pojok-pojok dinding tapi masih bisa ditoleransi karena pada area tersebut adalah tempat dimana diletakkannya peralatan memasak.



**Gambar. 12**  
a) Daun Jendela Belakang Dibuka; (b) Pintu Ruang Kerja Dibuka pada Saat Kegiatan Memasak  
Sumber: Dokumentasi, Desember 2020, pukul 12.00 WIB



**Gambar. 13**  
**Daylighting Level Dapur pada Solusi 2**  
Sumber: Ecotect, Desember 2020, pukul 12.00 WIB

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaturan luasan *skylight*, penggunaan korden, dan pemberian *horizontal overhang* pada jendela mampu mengoptimalkan pencahayaan

alami pada rumah tinggal. Pada sampel penelitian yang diuji, adanya *skylight* dengan luas 2,7 m<sup>2</sup> pada area belakang rumah menyebabkan ruang makan menjadi terlalu terang.

Ada 2 solusi yang direkomendasikan untuk diaplikasikan agar ruang kerja, ruang makan, dan dapur mendekati nilai SNI 6197:2011. Solusi pertama diterapkan pada saat kegiatan kerja dan makan sedangkan solusi kedua diterapkan pada saat kegiatan memasak. Solusi yang pertama dengan menutup korden sebesar 50% pada jendela ruang kerja dan ruang tidur depan, menutup korden sebesar 100% pada jendela belakang, pemberian *horizontal overhang* pada jendela belakang, dan mengurangi luas *skylight* sebesar 50%. Solusi pertama mampu mengurangi nilai Lux pada ruang kerja sehingga hampir mendekati nilai SNI (selisih 10 Lux). Solusi yang kedua dengan membuka daun pintu depan dan daun jendela belakang. Solusi kedua mampu meningkatkan nilai Lux pada dapur sehingga mendekati nilai SNI (selisih 33 Lux).

Material transparan yang digunakan pada *skylight* yang tersedia di pasaran, seperti: kaca bening, kaca film, *polycarbonat*, *acrylic*, dsb. Ukuran luasan *skylight* mempengaruhi seberapa banyak cahaya yang masuk ke dalam bangunan. Saran penelitian selanjutnya dapat menguji coba berbagai material transparan dan luasan *skylight* dengan menggunakan Ecotect untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap *daylighting level* pada rumah tinggal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atthailah, Bakhtiar, dan Badriana. (2019), "Optimalisasi Pencahayaan Alami dengan Useful Daylight Illuminance pada Desain Rumah Toko (Ruko) di Kota Lhokseumawe", *Jurnal Nature*, Volume 6, Nomor 1, Hal 11-26.
- Groat, Linda dan David, Wang, (2002), "Architectural Research Methods", Edisi kedua, John Wiley & Sons, Inc., United States of America
- Hartono, T.C dan Kristanto Luciana. (2019), "Studi Efektivitas Pencahayaan Atrium Lenmarc Mall di Surabaya", *Jurnal eDimensi Arsitektur*, Volume VII, Nomor 1, Hal 601-608.
- Ibayasid, Jepriani, S., Musthafa, H., dan Hakim, B.R. (2020), "Pemanfaatan Pencahayaan Alami pada Renovasi Rumah Tinggal Menghadap Arah Barat", *Jurnal Politeknologi*, Volume 19, Nomor 1, Hal 99-106.
- Sabtalistia, Y.A. (2017), "Optimalisasi Pencahayaan Alami dengan Alat Pembayang Matahari (Shading Device) pada Jendela Ruangan Kelas", *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, Volume 1, Nomor 1, Hal 196-203.

SNI 6197.(2011). Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.