

## OPTIMASI *DAYLIGHT FACTOR* BERBASIS POSISI JENDELA MENGGUNAKAN ESTETIKA ASIMETRIS

Yose Rizal Penulis<sup>\*1</sup>, Imam Robandi<sup>2</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Arsitektur, Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

<sup>3</sup>Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

Email: <sup>1</sup>ysrizal77@gmail.com, <sup>2</sup>robandi@ee.its.ac.id, <sup>3</sup>ekomulyanto@gmail.com

\*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 24 Januari 2020, diterima untuk diterbitkan: 27 April 2020)

### Abstrak

Jendela merupakan elemen arsitektur yang berfungsi memasukan pencahayaan alami dari luar kedalam bangunan. Distribusi pencahayaan siang yang merata masuk kedalam ruangan dapat meminimalkan penggunaan pencahayaan buatan. Penelitian ini dilakukan untuk mencari optimasi posisi jendela dengan pendekatan kepada distribusi jarak *daylight factor* (*DF*) dan estetika komposisi spasial. Riset ini menganalisis kualitatif distribusi *DF* pada ruangan dengan posisi bukaan jendela secara estetika komposisional berdasarkan grafik teori kecocokan representasional. Tahap *fitting* dan normalisasi pada nilai *DF* dan estetika asimetri dari teori kecocokan representasional merupakan langkah awal untuk mendapatkan optimisasi nilai faktor yang nantinya akan diberikan suatu nilai faktor pembobotan ( $\alpha$ ) untuk kedua variabel. Hasil riset di dapat posisi jendela paling optimal berada pada posisi jarak 23% dari lebar bidang dinding bukaan jendela terhadap sisi jendela bagian dalam, dimana nilai faktor bobot  $\alpha = 0,5$ . Optimasi dengan menggunakan nilai  $\alpha$  dapat digunakan arsitek untuk menentukan distribusi *DF*, estetika asimetri atau bahkan keduanya.

**Kata kunci:** *daylight factor, estetika asimetri, komposisi spasial, bukaan jendela, grafik kecocokan representasional, factor bobot.*

## OPTIMIZATION OF *DF* BASED ON WINDOW POSITION USING ASYMMETRIC AESTHETIC

### Abstract

The window is an architectural element that functions to incorporate natural lighting from outside into the building. Even daylight distribution into the room can minimize the use of artificial lighting. This research was conducted to find window position optimization by approaching the daylight factor (*DF*) distance distribution and spatial composition aesthetics. This research analyzes the qualitative distribution of *DF* in a room with a window opening position in aesthetic composition based on a graph of representational fit theory. The fitting and normalization phase of *DF* values and the asymmetry aesthetics of the repetational fit theory are the first step to get an optimization of the factor values which will be given a weighting factor value ( $\alpha$ ) for both variables. The results of the researh in the most optimal window position can be located at a distance of 23% from the width of the window opening wall area to the inner side of the window, where the weighting factor value  $\alpha = 0.5$ . Optimization using the  $\alpha$  can be used by architects to determine the distribution of *DF*, asymmetry aesthetics or even both.

**Keywords:** *daylight factor, asymmetry aesthetics, spatial composition, window openings, representational fit theory, distance weighting factors.*

### 1. PENDAHULUAN

Penerangan alami (*daylighting*) adalah teknik yang membawa cahaya alami ke dalam bangunan, melalui bukaan sehingga cahaya alami hari itu

memberikan pencahayaan internal yang efektif (Jamaludin Adi et al. 2015).

Desain pencahayaan alami dalam seni dan praktik mengacu pada penerimaan sinar matahari, lampu langit-langit yang tersebar, dan memantulkan

cahaya eksterior ke dalam bangunan yang berkontribusi terhadap persyaratan pencahayaan dan mengurangi permintaan akan cahaya listrik (Bellia and Fragliasso 2015). Cahaya alami melewati bukaan dinding sebagai bagian dari desain arsitektur; cahaya siang hari memasuki gedung menyediakan pencahayaan internal yang cukup (Gago et al. 2015). Terdapat tiga perbedaan cahaya matahari berdasarkan masuknya kedalam bangunan yaitu cahaya langsung dari matahari, sebaran cahaya dari terang langit dan sebaran cahaya dari pemantulan permukaan tanah dan bangunan sekitar. (Arvind Krishan, Nick Baker, Simon Yannas 2001).

Dua faktor yang mempengaruhi masalah kebutuhan siang hari dan peran penting fungsi jendela adalah perencanaan tata letak bangunan, dan berkurangnya kebutuhan pencahayaan buatan pada bangunan (Almssad and Almusaed 2014). Jendela memiliki salah satu fungsi terpenting sebagai penerima cahaya siang. Cahaya alami tidak hanya dapat meningkatkan kenyamanan visual dan kesehatan mata penghuninya, tetapi juga mengurangi konsumsi listrik dari pencahayaan buatan (Zhang, Lu, and Xu 2019).

Perbandingan pencahayaan alami didalam ruangan dan pada bidang datar di lapangan terbuka salah satunya ditentukan oleh hubungan antara titik ukur dan lubang cahaya (Code et al. 2001). Hal ini berguna untuk memprediksi daerah yang mendapat cahaya alami dan kuantitas cahaya yang masuk pada ruang (Díaz-Vilariño et al. 2014). Jendela juga sebagai elemen perancangan disain yang memiliki peran dalam pembentuk estetika terhadap komposisi bukaan bidang dinding.

Desain arsitektur dan bangunan menggunakan nilai-nilai  $DF$ , desain dengan tujuan memberikan evaluasi tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan menentukan apakah akan cukup bagi penghuni untuk melakukan aktivitas normal mereka. Nilai  $DF$  cenderung konsisten meskipun pencahayaan luar ruangan siang hari meningkat atau menurun (Mazloomi 2010). Tingkat pencahayaan di dalam ruangan juga berubah mengikuti perubahan tingkat pencahayaan di luar gedung pada siang hari.  $DF$  di ruangan akan berbeda untuk setiap aktivitas habitat,  $DF$  dengan nilai 2, adalah maksimum untuk area kerja dan studi, dan faktor 0,5 optimal untuk kamar mandi (Almssad and Almusaed 2014).

Jendela sebagai elemen arsitektur memiliki peran dan fungsi penting seperti pencahayaan alami, ventilasi, visibilitas eksternal (Y. Azmy and E. Ashmawy 2018), komposisi estetika bukaan dinding bangunan dan sistem yang memiliki peran mengatasi kondisi di luar gedung untuk melakukan berbagai kebutuhan di dalam (Haşim Altan and Jitka Mohelnikova 2015). Posisi dan ukuran jendela adalah salah satu atribut paling berpengaruh dari desain arsitektur untuk siang hari (Mahdavi, Rao, and Inangda 2013).  $DF$  memiliki peran penting dalam desain bangunan, terutama untuk arsitek,

dalam proses konsep arsitektur, yang secara objektif tentang ukuran kenyamanan pencahayaan interior pada siang hari untuk mendapatkan nilai iluminasi absolut (Rizal, Robandi, and Yuniarno 2016).

Pada penelitian kami memiliki gagasan menggabungkan analisis teknis, jendela sebagai elemen arsitektural mengantarkan cahaya matahari ke dalam ruangan dan jendela sebagai elemen estetika dalam komposisi bukaan di area dinding.

Isu efisiensi energi merupakan jawaban dari tugas arsitek untuk memanfaatkan pencahayaan alami secara teknis tetapi juga memasukkan kaidah estetika arsitektural ke dalam sebuah karya rancangannya. Persoalan akan muncul, bagaimana menyatukan beberapa variabel yaitu distribusi pencahayaan alami, posisi pergeseran jendela dan kaidah estetika asimetris dalam arsitektur. Untuk menjawab persoalan tersebut riset bertujuan mencari optimalisasi distribusi pencahayaan alami yang diwakili dengan  $DF$  di dalam ruangan dan estetika asimetris. Permodelan matematis, proses *fitting* dan faktor pembobotan merupakan cara yang digunakan untuk menghasilkan suatu pertimbangan bagi arsitek dalam membuat keputusan dalam memposisikan jendela pada bidang dinding secara kuantitatif berdasarkan keseimbangan komposisi estetika asimetris.

Pemodelan simulasi berbasis komputer dengan metode analisis siang hari telah umum digunakan dan dikembangkan oleh beberapa pengguna, seperti siswa, desainer, dan konsultan, untuk memprediksi kinerja sistem pencahayaan dan memaksimalkan pencahayaan alami pada tahap desain. Metode ini dapat membantu dalam memprediksi tingkat kuantitatif penerangan siang hari pada bangunan. Banyak variabel penting dalam perhitungan pencahayaan menentukan tingkat akurasi (Kensek and Suk 2011).

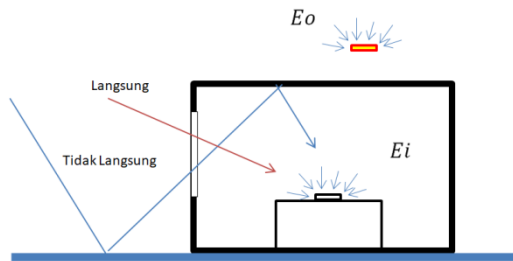
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Daylight factor

Perhitungan  $DF$  umumnya didasarkan pada faktor siang hari terlepas dari kondisi cuaca yang berlaku. Metode ini dapat digunakan untuk kondisi langit yang mendung, tidak disesuaikan untuk langit yang cerah (Mangione et al. 2018). Perhitungan sederhana berguna pada fase awal proyek dan dapat mencegah keputusan yang tidak tepat untuk ruangan (Brotas and Wilson 2008).

$DF$  dipahami sebagai cara penilaian kinerja pencahayaan siang hari terlepas dari kondisi langit sesaat yang sebenarnya terjadi. Oleh karena itu didefinisikan sebagai rasio pencahayaan horizontal internal ( $E_I$ ) pada beberapa titik dalam ruang terhadap pencahayaan horizontal eksternal ( $E_O$ ) dari belahan bumi.  $DF$  dinyatakan sebagai persentase (Mardaljevic and Christoffersen 2017), pada persamaan (1):

Cahaya dari langit dapat tiba di suatu titik di suatu ruang secara langsung jika ada langit yang terlihat dari titik itu, dan juga secara tidak langsung mengikuti satu atau lebih refleksi dari permukaan di dalam dan di luar ruang, dapat di definisikan pada Gambar 1.



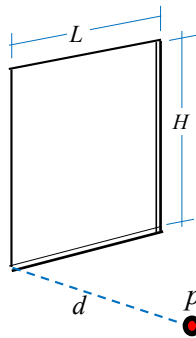
Gambar 1. Definisi Daylight Factor

DF terdiri dari tiga komponen: *Sky Component (SC)* yang merupakan pencahayaan langsung yang berasal dari langit, *Externally Reflection Component (ERC)* yang dipantulkan cahaya dari permukaan luar dan *Internally Reflection Component (IRC)* yang mengacu pada cahaya yang dipantulkan dari permukaan di dalam kamar. DF pejumlahan dari SC, IRC dan ERC, yang di lihatkan pada Persamaan (2) (Nováková and Vajkay 2019):

$$DF = SC + IRC + ERC \quad (2)$$

## 2.2. Kalkulasi Sky Component

SC berhubungan dengan titik pengukuran dengan jendela. Persentase paling signifikan dalam DF dipengaruhi oleh SC (Acosta et al. 2015)]. Nilai SC dapat ditentukan dengan mengukur lebar ( $L$ ) dan tinggi ( $H$ ) lubang cahaya efektif (jendela) yang terlihat dari titik pengukuran ( $p$ ), relatif terhadap jarak ( $d$ ) dari titik pengukuran ke tempat lubang cahaya berada. Berdasarkan uji CIE (N. Seshadri 1960) dan SNI 03-2396-2001 (Badan SNI 2001 2001). Lubang cahaya vertikal efektif dengan dimensi ( $L \times H$ ) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Posisi titik ukur  $p$ , pada jarak  $d$  di jendela ukuran  $L \times H$

$$DF = \left( \frac{E_i}{E_o} \right) \times 100\% \quad (1) \quad \begin{matrix} S \\ C \\ \text{pada} \\ \text{titik} \end{matrix}$$

ukur ( $p$ ), tegak lurus terhadap posisi jendela ditunjukkan dalam persamaan (3)

$$g(L, d, H) = \frac{1}{2\pi} \arctan\left(\frac{L}{d}\right) - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{d}\right)^2}} \arctan\left(\frac{\frac{L}{d}}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{d}\right)^2}}\right) \quad (3)$$

Dimana  $g$  adalah SC pada jarak ( $d$ ) tegak lurus ke jendela antara titik pengukuran ( $p$ ) dan area bukaan jendela,  $H$  adalah tinggi lubang jendela di atas titik pengukuran, dan  $L$  adalah panjang lubang jendela.

## 2.3. Daylight Factor berdasarkan Sky Component

Pada persamaan (2), ERC didefinisikan sebagai sebagian kecil dari komponen langit, tergantung pada jarak dari geometri eksterior dan pantulannya (Acosta et al. 2018). IRC adalah faktor yang dipengaruhi oleh pantulan benda-benda di dalam ruangan sebagai hasil refleksi dari benda-benda yang pencahayaan di luar dan langit-langit (N. Seshadri 1960).

Dalam penelitian ini, ERC dan IRC dapat diabaikan, karena diasumsikan bahwa dalam kondisi terburuk, tidak ada faktor refleksi dari bangunan luar yang menghalangi cahaya matahari dan tidak ada benda yang dapat dipantulkan di dalam ruangan, sehingga diasumsikan bahwa Nilai ERC dan IRC adalah nol. Maka hanya SC yang memengaruhi DF. Persamaan (4) mendefinisikan DF berdasarkan SC.

$$DF = SC \quad (4)$$

## 2.4. Estetika Komposisi Spatial

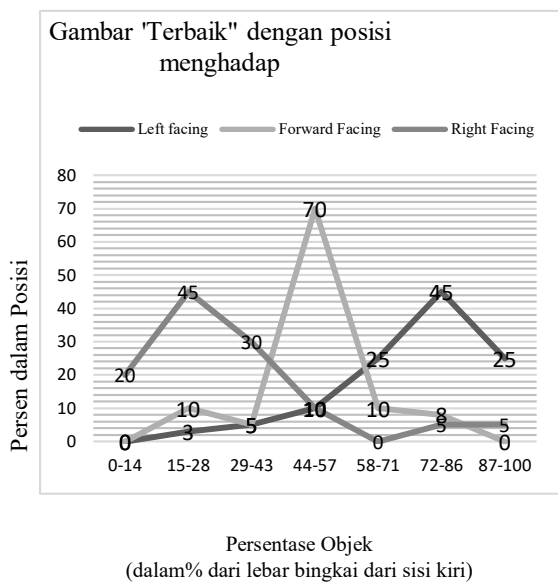
Investigasi psikofisik dari preferensi estetika untuk posisi dan menunjuk ke objek tunggal dan diarahkan dalam bidang bingkai persegi panjang dan menyelidiki makna dan konteks dalam beberapa preferensi ini dilakukan dengan melibatkan beberapa pemirsa peserta (Sammartino and Palmer 2012). Untuk penempatan objek horizontal, preferensi diukur dengan menggunakan dua penilaian alternatif preferensi pilihan paksa (*forced-choice preference*), metode penyesuaian, pilihan bebas dalam mengambil foto, dan analisis stok fotografi.

Referensi estetika komposisi vertikal pada objek gambar tunggal mengungkapkan pengaruh beberapa faktor, termasuk asimetri spasial dengan posisi ideal objek pengamat. Secara umum, orang cenderung memilih tampilan simetris dari objek yang sama langsung di atas atau di bawah untuk lebih dekat ke tengah bingkai. Ini menyarankan bahwa hasil ini disatukan oleh hipotesis bahwa

pengamat lebih suka, "ruang peluang" objek untuk dipusatkan dalam bingkai.

## 2.5. Grafik Kecocokan Representasional

Ada dua variabel dalam komposisi spasial untuk memahami respon estetika dasar adalah posisi horizontal dan arah menghadap objek terhadap area yang membingkai (Gardner 2011). Dalam analisis disertasi Garnder, gambar estetika dalam gagasan "kecocokan representasional" yang berkaitan dengan komposisi spasial adalah bahwa gambar secara estetis menyenangkan jika penempatan objek dalam bingkai memiliki aspek spasial yang konsisten yang memiliki relevansi dengan makna gambar. Metode pilihan-terpaksa (*forced-choice preference*) digunakan dalam percobaan untuk menentukan preferensi orang (diwakili oleh beberapa responden).



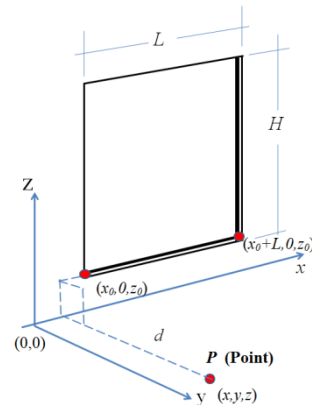
Gambar 3. Posisi titik ukur  $p$ , pada jarak  $d$  di jendela ukuran  $L \times H$

Hasil percobaan menunjukkan tiga posisi terbaik secara estetika, yaitu benda yang menghadap ke tengah, menghadap ke kiri dan ke kanan ke tengah bingkai (Gambar 3). Analisis posisi terbaik dengan objek menunjukkan efek kuat dari kondisi yang ditemui (kiri, tengah, dan kanan). Pusat objek yang menghadap ke kanan ditempatkan lebih jauh ke kiri daripada objek yang menghadap ke depan, dan yang menghadap ke kiri ditempatkan lebih jauh ke kanan daripada objek di masa depan.

## 2.6. Estimasi Sky Component Berdasarkan Posisi Jendela di Ruang

Estimasi  $SC$  diukur tegak lurus terhadap posisi jendela (Kousalyadevi and Lavanya 2019). Pada Gambar 4, titik  $SC$   $p(x, y, z)$  yang terletak pada jarak  $d$  tegak lurus ke jendela dengan ukuran  $L \times H$  pada sumbu  $z$ , di mana  $H$  adalah ketinggian jendela

pada titik  $(x_0, 0, z_0)$  dan  $L$  adalah lebar jendela pada titik  $(x_0 + L, 0, z_0)$ .



Gambar 4. Estimasi  $SC$  pada titik pengukuran  $p(x, y, z)$ .

Berdasarkan Gambar 4, terdapat 6 kemungkinan kondisi posisi titik ukur terhadap posisi jendela.

Kondisi 1: Posisi titik pengukuran  $(x, y, z)$  terletak di antara  $(x_0, 0, z_0)$  dan  $(x_0 + L, 0, z_0)$ , tegak lurus terhadap jendela. Posisi jendela terletak pada koordinat  $x_0, z_0$  sedangkan panjang jendela menunjukkan  $(L)$ , tinggi jendela menunjukkan  $(H)$ , jika  $x_0 < x < x_0 + L$  dan  $z = z_0$ , maka

$$SC_1(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = g(x - x_0, y, H) + g(x_0 + L - x, y, H) \quad (5)$$

Kondisi 2: Posisi titik pengukuran  $(x, y, z)$  berada di depan titik  $(x_0, 0, z_0)$ , tegak lurus terhadap jendela. Posisi jendela terletak pada koordinat  $x_0, z_0$ , panjang

$$SC_2(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = g(x_0 + L - x, y, H) - g(x_0 - x, y, H) \quad (6)$$

jendela  $(L)$ , tinggi jendela  $(H)$ , jika  $x < x_0$ , dan  $z = z_0$ , maka

Kondisi 3: Posisi titik pengukuran  $(x, y, z)$  berada pada  $(x_0, 0, z_0)$  dan  $(x_0 + L, 0, z_0)$ . Posisi jendela terletak di koordinat  $x_0, z_0$ , panjang jendela  $(L)$ , tinggi jendela  $(H)$ , jika  $(x_0 + L < x)$  dan  $z = z_0$ , maka,

$$SC_3(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = g(x - x_0, y, H) - g(x - x_0 - T, y, H) \quad (7)$$

Kondisi 4: Posisi titik pengukuran  $(x, y, z)$  berada di antara  $(x_0, 0, z_0)$  dan  $(x_0 + L, 0, z_0)$  di bawah jendela. Posisi jendela terletak di koordinat  $x_0, z_0$  panjang jendela  $(L)$ , tinggi jendela  $(H)$ , jika  $x_0 < x < x_0 + L$  dan  $z < z_0$  maka,

$$SC_4(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = g(x - x_0, y, z_0 + H - z) + g(x_0 + L - x, y, z_0 + H - z) - g(x - x_0, y, z_0 - z) - g(x_0 + L - x, y, z_0 - z) \quad (8)$$

Kondisi 5: Posisi titik pengukuran  $(x, y, z)$  berada di sebelah kiri titik  $(x_0, 0, z_0)$  di dekat titik  $(0, 0)$ . Posisi jendela terletak di koordinat  $x_0, z_0$ , panjang jendela ( $L$ ), tinggi jendela ( $H$ ), jika  $x < x_0$  dan  $x < z_0$  maka,

$$SC_5(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = g(x_0 - x, y, z_0 + H) - g(x_0 - x, y, z_0 + H)(x_0 + L, y, z_0 - z) + g(x_0 + L - x, y, z_0 - z) \quad (9)$$

Kondisi 6: Posisi titik pengukuran  $(x, y, z)$  berada di sebelah kanan titik  $(x_0 + L, 0, z_0)$ . Posisi jendela terletak di koordinat  $x_0, z_0$ , panjang jendela ( $L$ ), tinggi jendela ( $H$ ), jika  $x_0 + L < x$  dan  $z < z_0$ , maka,

$$SC_6(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = g(x - x_0, y, z_0 + H - z) - g(x - x_0 - L, y, z_0 + H - z) - g(x - x_0, y, z_0 - z) + g(x - x_0 - L, y, z_0 - z) \quad (10)$$

Jika semua kondisi memungkinkan untuk posisi jendela berlaku pada bidang dinding, maka persamaan (11) untuk seluruh kondisi adalah sebagai berikut:

$$SC(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = \begin{cases} SC_1(x, y, z; x_0, z_0, L, H) & , \text{if } x_0 < x < x_0 + L, z = z_0 \\ SC_2(x, y, z; x_0, z_0, L, H) & , \text{if } x < x_0, z = z_0 \\ SC_3(x, y, z; x_0, z_0, L, H) & , \text{if } x_0 + L < x, z = z_0 \\ SC_4(x, y, z; x_0, z_0, L, H) & , \text{if } x_0 < x < x_0 + L, z < z_0 \\ SC_5(x, y, z; x_0, z_0, L, H) & , \text{if } x < x_0, z < z_0 \\ SC_6(x, y, z; x_0, z_0, L, H) & , \text{if } x_0 + L < x, z < z_0 \end{cases} \quad (11)$$

Dengan menggunakan kriteria pengujian ruang dalam kondisi tanpa ada faktor refleksi dari eksterior dan interior bangunan yang mempengaruhi distribusi  $DF$  di ruang uji, maka  $IRC$  dan  $ERC$  adalah nol, dan dapat ditulis sebagai persamaan (12).

$$DF(x, y, z; x_0, z_0, L, H) = SC(x, y, z; x_0, z_0, L, H) \quad (12)$$

Berdasarkan persamaan (12), total  $DF$  dalam ruangan adalah dalam persamaan (13).

$$T(x_0, z_0, L, H) = \int_x \int_y DF(x, y, z; x_0, z_0, L, H) dx dy \quad (13)$$

dimana  $T$  adalah total  $DF$  di dalam ruangan.

## 2.7. Modeling estetika asimetris

Grafik Kecocokan Representasional merupakan grafik hasil percobaan posisi terbaik

suatu objek oleh Gardner 2011. Pada grafik tersebut, posisi terbaik berada di tengah sebuah bidang bingkai, namun jika kita berbicara mengenai estetika asimetris maka posisi tengah dianggap monoton dan bukan menjadi pilihan dalam menempatkan posisi objek dalam hal ini adalah posisi jendela (McManus 2005). Posisi yang dianggap terbaik pada riset ini dan juga masuk dalam kriteria posisi terbaik grafik kecocokan representasional adalah objek yang berada di sebelah kiri dan kanan.

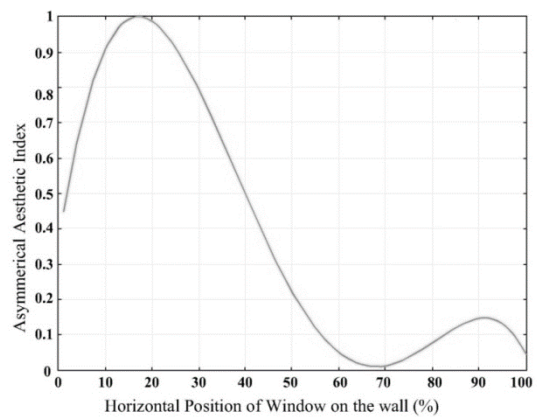
Berdasarkan hasil riset yang menghasilkan grafik kecocokan representasional (Gambar 2) dan estetika asimetris ( $Ea$ ) maka di dapat perhitungan matematis estetika asimetris. Pertimbangan proses pergeseran posisi jendela dimulai dari sisi kiri dinding ke arah kanan dinding, maka pada grafik persamaan kecocokan representasional selanjutnya akan dilakukan proses fitting, kemudian di beri nama grafik estetika asimetris ( $Ea$ ). Berdasarkan Gambar 3, kami menghasilkan fungsi estetika yang di normalisasi pada persamaan (14).

Persamaan  $Ea$  menggunakan polinomial derajat ke-5 dalam persamaan (14)

$$f(x)_{Ea} = p_0x^0 + p_1x + p_2x^2 + p_3x^3 + p_4x^4 + p_5x^5 \quad (14)$$

Dimana,  $f(x)_{Ea}$  adalah normalisasi fungsi estetika asimetris,  $p_i$  = konstanta derajat polynomial,  $x$  = indeks estetika asimetris.

Berdasarkan normalisasi fungsi grafik kecocokan representasional, dapat dilihat pada grafik, Gambar 5.

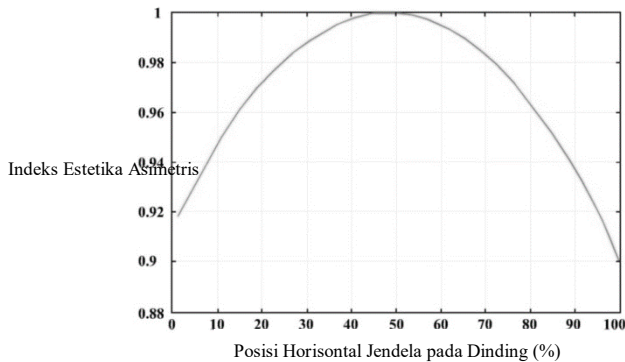


Gambar 5. Grafik Estetika Asimetris.

## 2.8. Pemodelan Estetika Asimetris.

Menurut distribusi grid di ruangan, melakukan tahap menggeser posisi jendela ke arah sumbu  $y$  (horizontal) di setiap 0,1 m untuk mendapatkan nilai rata-rata distribusi  $DF$  berdasarkan  $SC$ . Sangat penting dilakukan, untuk mendapatkan posisi yang optimal. Setiap pergeseran posisi jendela akan

mencari rata-rata menggunakan persamaan (15). Dari persamaan ini, grafik posisi jendela pada Gambar 6 bergeser dengan jarak rata-rata distribusi  $DF$  di dalam ruangan.

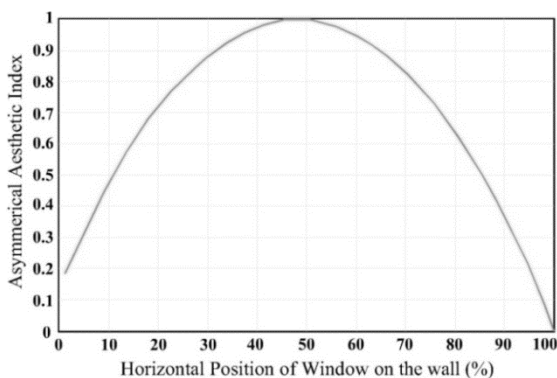


Gambar 6. Grafik rata-rata  $DF$

Setelah mendapatkan nilai distribusi rata-rata dari pergeseran posisi jendela, langkah selanjutnya adalah proses pemasangan dengan polinomial orde-11, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (15).

$$f(x)_{dDF} = \sum_{k=1}^{11} p_{de(k)} x^k \quad (15)$$

Dimana fungsi rata-rata jarak distribusi  $DF$  ( $f(x)_{dDF}$ ) dikalikan jarak titik ukur pada sumbu  $y$  ( $p_{de(k)}$ ) dan estetika asimetris indeks ( $x$ ) derajat polinomial ( $k$ ) orde 11. Dalam grafik rata-rata hasil  $DF$ , setiap pergeseran jendela dinormalisasi untuk menemukan hubungan  $DF$  dan grafik kecocokan representasional. Kemudian, grafik  $DF$  rata-rata dapat dinormalisasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik total rata-rata  $DF$  yang di normalisasi.

Hasil dari distribusi total rata-rata  $DF$  dinyatakan dalam Gambar 7 setelah proses normalisasi, berguna untuk menyinkronkan data. Distribusi  $DF$  di dalam ruangan berguna untuk mendapatkan distribusi optimalisasi jarak. Normalisasinya dinyatakan dalam persamaan (16):

$$f(x)_{norm DF} = \frac{T(x, y, z; x_0, z_0, L, H) - T_{min}}{T_{max}} \quad (16)$$

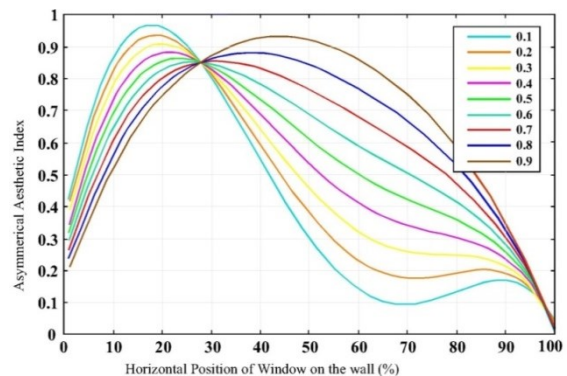
Untuk normalisasi nilai rata-rata distribusi  $DF$  ( $f(x)_{norm DF}$ ) dipengaruhi oleh Total distribusi  $DF$  ( $(x, y, z; x_0, z_0, L, H)$ ), nilai minimum  $DF$  ( $T_{min} = \min_{x_{min}} T(x_{min}, y, z; x_0, z_0, L, H)$ ) dan nilai maksimum  $DF$  ( $T_{max} = \max_{x_{max}} T(x_{max}, y, z; x_0, z_0, L, H)$ ).

## 2.9. Optimisasi Nilai $DF$ berdasarkan Estetika Asimetris ( $Ea$ )

Untuk menghasilkan optimasi nilai-nilai normal dari rata-rata  $DF$  dan  $Ea$ , faktor pembobotan  $DF$  ( $\alpha$ ) harus terlebih dahulu diperoleh. Nilai faktor pembobotan berfungsi sebagai persentase pembatas dari nilai pembobotan masing-masing varian fungsi  $DF$  dan fungsi *Asymmetric Aesthetics* ( $Ea$ ). Batas persentase nilai faktor pembobotan untuk dua varian fungsi adalah 100% karena fungsi faktor pembobotan  $DF$  ( $\alpha$ ) mempengaruhi  $(1 - \alpha)$  pada fungsi estetika Asimetris ( $Ea$ ). Persamaan fungsi posisi jendela digunakan untuk menemukan nilai fungsi faktor pembobotan  $DF$  ( $\alpha$ ) untuk menormalkan rata-rata  $DF$  dan  $Ea$ , dalam persamaan (17):

$$f(\alpha, x)_{De} = (\alpha) f(x)_{norm DF} + (1 - \alpha) f(x)_{Ea} \quad (17)$$

Setelah itu, percobaan dilakukan dengan memasukkan nilai faktor pembobotan dalam  $DF$  mulai dari 0 hingga 1. Nilai rentang dari 0 hingga 1 mewakili nilai 0-100%. Nilai estimasi faktor pembobotan menghasilkan analisis grafis dari nilai faktor pembobotan untuk  $DF$  dengan estetika asimetris.



Gambar 8. Grafik nilai factor bobot  $DF$  dan  $Ea$

Berdasarkan Gambar 8, untuk menemukan optimasi estimasi  $DF$  dan  $Ea$  ( $O_{de}$ ), diperoleh persamaan (18).

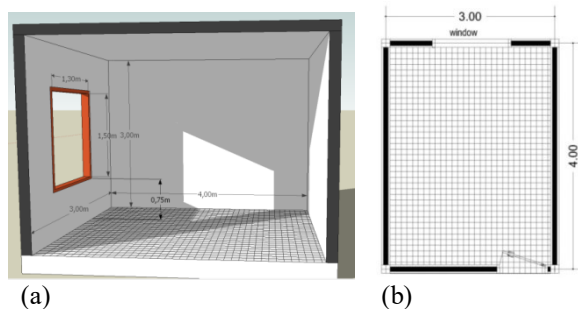


$$O_{de} = \max_x f(\alpha, x)_{De} \quad (18)$$

Dimana,  $\max_x$  adalah hasil maksimum faktor pembobotan dan  $f(\alpha, x)_{De}$  adalah fungsi faktor pembobotan  $DF$  dan  $Ea$ .

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Pada bagian ini, distribusi pencahayaan akan diuji terlebih dahulu pada salah satu bukaan jendela menggunakan Program *Matlab R2019A*. Langkah ini adalah untuk mendapatkan perkiraan distribusi  $DF$  berdasarkan  $SC$ . Menggunakan persamaan (17), skenario eksperimental dalam penelitian ini dilakukan dengan memodelkan ruangan sederhana yang memiliki luas ruangan 12 m<sup>2</sup> (3 m<sup>2</sup> x 4 m<sup>2</sup>) dan ketinggian 3 m. Kamar memiliki jendela yang berada pada posisi 0,75 m dari lantai dan memiliki dimensi jendela 1/6 dari luas lantai 1,3 mx 1,5 m (Gambar 9). Lebar jendela ke lantai objek penelitian ini diambil berdasarkan SNI 03-2396-2001. Menggeser posisi jendela di dinding secara horizontal untuk mengoptimalkan nilai faktor pembobotan  $DF$  dan  $Ea$ .



Gambar 9. (a) Ruang uji , (b) pembagian grid

Langkah pertama yang diambil dalam menyiapkan  $DF$  adalah membuat kisi di dalam ruangan. Kisi adalah titik referensi untuk menentukan nilai  $DF$  rata-rata yang berasal dari  $SC$ . Jarak setiap titik pada grid adalah 0,1 m (Gambar.9b.).

#### 3.1. Distribusi Daylight Factor

Dengan menggunakan Program *Matlab R2019A*, distribusi  $DF$  berdasarkan  $SC$  dapat diperkirakan. Berdasarkan posisi jendela yang ditunjukkan pada Gambar 10, titik referensi tersebar di seluruh ruangan. Nilai  $DF$  pada titik terdekat ke jendela secara bertahap menurun sampai titik referensi menjauh dari jendela ke arah sumbu y. Penurunan nilai  $DF$  juga bergeser ke samping ke arah sumbu x, nilai  $DF$  yang bergerak menjauh dari pusat jendela akan berkurang secara bertahap.

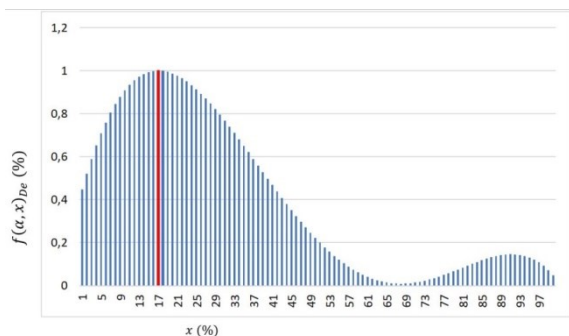
Sementara itu, nilai tertinggi diperoleh di titik referensi di tengah jendela. Dari hasil penelitian ini, nilai  $DF$  yang lebih rendah terletak di bagian yang jauh dari jendela, sedangkan rata-rata distribusi  $DF$  memiliki nilai tinggi jika terletak di tengah lebar dinding. Gambar 10 menyajikan distribusi  $DF$  di

salah satu titik di posisi jendela. Metode ini dapat digunakan untuk menyimulasikan distribusi  $DF$  dengan menggeser jendela ke dinding.

(a)

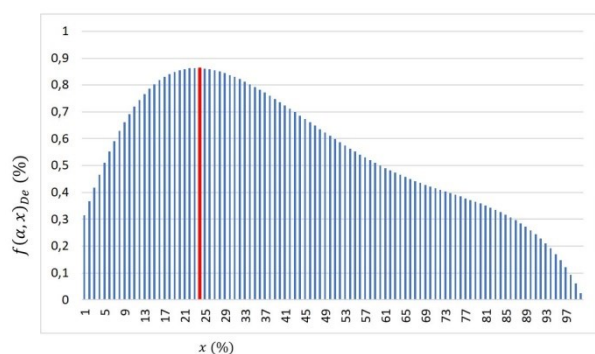
1.0	2.1	3.2	4.3	5.4	6.5	7.6	8.7	9.8	10.9	11.0	12.1	13.2	14.3	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	27.6	28.7	29.8	30.9	31.0	32.1	33.2	34.3	35.4	36.5	37.6	38.7	39.8	40.9	41.0	42.1	43.2	44.3	45.4	46.5	47.6	48.7	49.8	50.9	51.0	52.1	53.2	54.3	55.4	56.5	57.6	58.7	59.8	60.9	61.0	62.1	63.2	64.3	65.4	66.5	67.6	68.7	69.8	70.9	71.0	72.1	73.2	74.3	75.4	76.5	77.6	78.7	79.8	80.9	81.0	82.1	83.2	84.3	85.4	86.5	87.6	88.7	89.8	90.9	91.0	92.1	93.2	94.3	95.4	96.5	97.6	98.7	99.8	100.9	101.0	102.1	103.2	104.3	105.4	106.5	107.6	108.7	109.8	110.9	111.0	112.1	113.2	114.3	115.4	116.5	117.6	118.7	119.8	120.9	121.0	122.1	123.2	124.3	125.4	126.5	127.6	128.7	129.8	130.9	131.0	132.1	133.2	134.3	135.4	136.5	137.6	138.7	139.8	140.9	141.0	142.1	143.2	144.3	145.4	146.5	147.6	148.7	149.8	150.9	151.0	152.1	153.2	154.3	155.4	156.5	157.6	158.7	159.8	160.9	161.0	162.1	163.2	164.3	165.4	166.5	167.6	168.7	169.8	170.9	171.0	172.1	173.2	174.3	175.4	176.5	177.6	178.7	179.8	180.9	181.0	182.1	183.2	184.3	185.4	186.5	187.6	188.7	189.8	190.9	191.0	192.1	193.2	194.3	195.4	196.5	197.6	198.7	199.8	200.9	201.0	202.1	203.2	204.3	205.4	206.5	207.6	208.7	209.8	210.9	211.0	212.1	213.2	214.3	215.4	216.5	217.6	218.7	219.8	220.9	221.0	222.1	223.2	224.3	225.4	226.5	227.6	228.7	229.8	230.9	231.0	232.1	233.2	234.3	235.4	236.5	237.6	238.7	239.8	240.9	241.0	242.1	243.2	244.3	245.4	246.5	247.6	248.7	249.8	250.9	251.0	252.1	253.2	254.3	255.4	256.5	257.6	258.7	259.8	260.9	261.0	262.1	263.2	264.3	265.4	266.5	267.6	268.7	269.8	270.9	271.0	272.1	273.2	274.3	275.4	276.5	277.6	278.7	279.8	280.9	281.0	282.1	283.2	284.3	285.4	286.5	287.6	288.7	289.8	290.9	291.0	292.1	293.2	294.3	295.4	296.5	297.6	298.7	299.8	300.9	301.0	302.1	303.2	304.3	305.4	306.5	307.6	308.7	309.8	310.9	311.0	312.1	313.2	314.3	315.4	316.5	317.6	318.7	319.8	320.9	321.0	322.1	323.2	324.3	325.4	326.5	327.6	328.7	329.8	330.9	331.0	332.1	333.2	334.3	335.4	336.5	337.6	338.7	339.8	340.9	341.0	342.1	343.2	344.3	345.4	346.5	347.6	348.7	349.8	350.9	351.0	352.1	353.2	354.3	355.4	356.5	357.6	358.7	359.8	360.9	361.0	362.1	363.2	364.3	365.4	366.5	367.6	368.7	369.8	370.9	371.0	372.1	373.2	374.3	375.4	376.5	377.6	378.7	379.8	380.9	381.0	382.1	383.2	384.3	385.4	386.5	387.6	388.7	389.8	390.9	391.0	392.1	393.2	394.3	395.4	396.5	397.6	398.7	399.8	400.9	401.0	402.1	403.2	404.3	405.4	406.5	407.6	408.7	409.8	410.9	411.0	412.1	413.2	414.3	415.4	416.5	417.6	418.7	419.8	420.9	421.0	422.1	423.2	424.3	425.4	426.5	427.6	428.7	429.8	430.9	431.0	432.1	433.2	434.3	435.4	436.5	437.6	438.7	439.8	440.9	441.0	442.1	443.2	444.3	445.4	446.5	447.6	448.7	449.8	450.9	451.0	452.1	453.2	454.3	455.4	456.5	457.6	458.7	459.8	460.9	461.0	462.1	463.2	464.3	465.4	466.5	467.6	468.7	469.8	470.9	471.0	472.1	473.2	474.3	475.4	476.5	477.6	478.7	479.8	480.9	481.0	482.1	483.2	484.3	485.4	486.5	487.6	488.7	489.8	490.9	491.0	492.1	493.2	494.3	495.4	496.5	497.6	498.7	499.8	500.9	501.0	502.1	503.2	504.3	505.4	506.5	507.6	508.7	509.8	510.9	511.0	512.1	513.2	514.3	515.4	516.5	517.6	518.7	519.8	520.9	521.0	522.1	523.2	524.3	525.4	526.5	527.6	528.7	529.8	530.9	531.0	532.1	533.2	534.3	535.4	536.5	537.6	538.7	539.8	540.9	541.0	542.1	543.2	544.3	545.4	546.5	547.6	548.7	549.8	550.9	551.0	552.1	553.2	554.3	555.4	556.5	557.6	558.7	559.8	560.9	561.0	562.1	563.2	564.3	565.4	566.5	567.6	568.7	569.8	570.9	571.0	572.1	573.2	574.3	575.4	576.5	577.6	578.7	579.8	580.9	581.0	582.1	583.2	584.3	585.4	586.5	587.6	588.7	589.8	590.9	591.0	592.1	593.2	594.3	595.4	596.5	597.6	598.7	599.8	600.9	601.0	602.1	603.2	604.3	605.4	606.5	607.6	608.7	609.8	610.9	611.0	612.1	613.2	614.3	615.4	616.5	617.6	618.7	619.8	620.9	621.0	622.1	623.2	624.3	625.4	626.5	627.6	628.7	629.8	630.9	631.0	632.1	633.2	634.3	635.4	636.5	637.6	638.7	639.8	640.9	641.0	642.1	643.2	644.3	645.4	646.5	647.6	648.7	649.8	650.9	651.0	652.1	653.2	654.3	655.4	656.5	657.6	658.7	659.8	660.9	661.0	662.1	663.2	664.3	665.4	666.5	667.6	668.7	669.8	670.9	671.0	672.1	673.2	674.3	675.4	676.5	677.6	678.7	679.8	680.9	681.0	682.1	683.2	684.3	685.4	686.5	687.6	688.7	689.8	690.9	691.0	692.1	693.2	694.3	695.4	696.5	697.6	698.7	699.8	700.9	701.0	702.1	703.2	704.3	705.4	706.5	707.6	708.7	709.8	710.9	711.0	712.1	713.2	714.3	715.4	716.5	717.6	718.7	719.8	720.9	721.0	722.1	723.2	724.3	725.4	726.5	727.6	728.7	729.8	730.9	731.0	732.1	733.2	734.3	735.4	736.5	737.6	738.7	739.8	740.9	741.0	742.1	743.2	744.3	745.4	746.5	747.6	748.7	749.8	750.9	751.0	752.1	753.2	754.3	755.4	756.5	757.6	758.7	759.8	760.9	761.0	762.1	763.2	764.3	765.4	766.5	767.6	768.7	769.8	770.9	771.0	772.1	773.2	774.3	775.4	776.5	777.6	778.7	779.8	780.9	781.0	782.1	783.2	784.3	785.4	786.5	787.6	788.7	789.8	790.9	791.0	792.1	793.2	794.3	795.4	796.5	797.6	798.7	799.8	800.9	801.0	802.1	803.2	804.3	805.4	806.5	807.6	808.7	809.8	810.9	811.0	812.1	813.2	814.3	815.4	816.5	817.6	818.7	819.8	820.9	821.0	822.1	823.2	824.3	825.4	826.5	827.6	828.7	829.8	830.9	831.0	832.1	833.2	834.3	835.4	836.5	837.6	838.7	839.8	840.9	841.0	842.1	843.2	844.3	845.4	846.5	847.6	848.7	849.8	850.9	851.0	852.1	853.2	854.3	855.4	856.5	857.6	858.7	859.8	860.9	861.0	862.1	863.2	864.3	865.4	866.5	867.6	868.7	869.8	870.9	871.0	872.1	873.2	874.3	875.4	876.5	877.6	878.7	879.8	880.9	881.0	882.1	883.2	884.3	885.4	886.5	887.6	888.7	889.8	890.9	891.0	892.1	893.2	894.3	895.4	896.5	897.6	898.7	899.8	900.9	901.0	902.1	903.2	904.3	905.4	906.5	907.6	908.7	909.8	910.9	911.0	912.1	913.2	914.3	915.4	916.5	917.6	918.7	919.8	920.9	921.0	922.1	923.2	924.3	925.4	926.5	927.6	928.7	929.8	930.9	931.0	932.1	933.2	934.3	935.4	936.5	937.6	938.7	939.8	940.9	941.0	942.1	943.2	944.3	945.4	946.5	947.6	948.7	949.8	950.9	951.0	952.1	953.2	954.3	955.4	956.5	957.6	958.7	959.8	960.9	961.0	962.1	963.2	964.3	965.4	966.5	967.6	968.7	969.8	970.9	971.0	972.1	973.2	974.3	975.4	976.5	977.6	978.7	979.8	980.9	981.0	982.1	983.2	984.3	985.4	986.5	987.6	988.7	989.8	990.9	991.0	992.1	993.2	994.3	995.4	996.5	997.6	998.7	999.8	1000.9	1001.0	1002.1	1003.2	1004.3	1005.4	1006.5	1007.6	1008.7	1009.8	1010.9	1011.0	1012.1	1013.2	1014.3	1015.4	1016.5	1017.6	1018.7	1019.8	1020.9	1021.0	1022.1	1023.2	1024.3	1025.4	1026.5	1027.6	1028.7	1029.8	1030.9	1031.0	1032.1	1033.2	1034.3	1035.4	1036.5	1037.6	1038.7	1039.8	1040.9	1041.0	1042.1	1043.2	1044.3	1045.4	1046.5	1047.6	1048.7	1049.8	1050.9	1051.0	1052.1	1053.2	1054.3	1055.4	1056.5	1057.6	1058.7	1059.8	1060.9	1061.0	1062.1	1063.2	1064.3	1065.4	1066.5	1067.6	1068.7	1069.8	1070.9	1071.0	1072.1	1073.2	1074.3	1075.4	1076.5	1077.6	1078.7	1079.8	1080.9	1081.0	1082.1	1083.2	1084.3	1085.4	1086.5	1087.6	1088.7	1089.8	1090.9	1091.0	1092.1	1093.2	1094.3	1095.4	1096.5	1097.6	1098.7	1099.8	1100.9	1101.0	1102.1	1103.2	1104.3	1105.4	1106.5	1107.6	1108.7	1109.8	1110.9	1111.0	1112.1	1113.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Hasil yang diperoleh pada Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai optimalisasi maksimum dari faktor pembobotan  $DF$  nol ( $\alpha = 0$ ) adalah 1% di mana posisi jendela (menuju pusat jendela) berada pada posisi maksimum 17% dari lebar dari area dinding jendela (ditunjukkan pada Gambar 11, garis merah adalah jendela yang paling optimal).



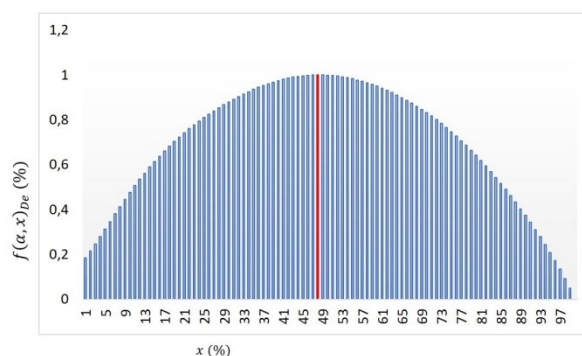
Gambar 11. Optimisasi maksimum dengan nilai factor pembobotan ( $\alpha = 0$ ).

Ketika faktor pembobotan  $DF$  diisi dengan nilai  $\alpha = 0,5$ , ini menunjukkan bahwa parameter yang mempengaruhi optimasi adalah jarak yang diperkirakan dan jarak distribusi rata-rata. Hasil yang diperoleh pada Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai optimalisasi faktor pembobotan  $\alpha = 0,5$  adalah 0,86%, di mana posisi jendela maksimum (menuju pusat jendela) adalah 23% dari lebar area dinding seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12, dan garis merah adalah posisi jendela yang paling optimal.



Gambar 12. Optimisasi maksimum dengan Nilai factor pembobotan ( $\alpha = 0,5$ ).

Ketika faktor bobot  $DF$  adalah satu ( $\alpha = 1$ ), estimasi jarak distribusi rata-rata dan jarak estetika tidak memengaruhi proses optimisasi. Hasil yang diperoleh Gambar 13 menunjukkan bahwa nilai optimalisasi maksimum dari faktor pembobotan  $\alpha$  adalah 1 di mana posisi jendela (menuju pusat jendela) berada pada posisi maksimum pada jarak 48% dari lebar dinding jendela area (ditunjukkan pada Gambar 13, garis merah adalah posisi jendela yang paling optimal).



Gambar 13. Optimisasi maksimum dengan Nilai factor pembobotan ( $\alpha = 1$ ).

#### 4. KESIMPULAN

Makalah ini membahas berbagai faktor dan komposisi spasial estetika berdasarkan teori fit representasional. Jendela sebagai elemen arsitektur secara signifikan mempengaruhi area dinding pada fasad bangunan. Penelitian ini merupakan langkah awal untuk membuktikan penyatuan dua variabel yang berbeda dalam arsitektur dengan mencari pemodelan fungsi matematika dari hubungan antara dua variabel. Pendekatan fitting dengan polinomial dalam grafik adalah langkah untuk mendapatkan persamaan matematika.

Tahap normalisasi dilakukan pada salah satu variabel untuk menemukan hubungan antara *Daylight Factor* ( $DF$ ) dan *Estetika Asimetris* ( $Ea$ ) berdasarkan grafik kecocokan representasional. Proses pencarian menggunakan nilai faktor bobot. Dari nilai pembobotan, kami mendapatkan hasil optimasi hasil. Skor tertinggi adalah nilai optimal. Nilai faktor pembobotan ( $\alpha$ ) diberikan 100% sebagai batas pembobotan kedua variabel ketika faktor bobot  $DF$  diberi nilai  $0 < \alpha < 1$ , nilai optimisasi 0,8 - 0,9%. Fungsi  $DF$  dan  $Ea$  mempengaruhi posisi jendela. Untuk ketiga sampel posisi jendela terhadap nilai faktor pembobotan, ketika  $\alpha = 0$  maka itu hanya mempengaruhi posisi jendela fungsi estetika asimetris ( $Ea$ ) dengan nilai optimisasi maksimum = 1. Ketika  $\alpha = 1$  maka itu hanya mempengaruhi fungsi  $DF$  dari posisi jendela dengan nilai optimisasi maksimum = 1. Ketika  $\alpha = 0,5$  dengan nilai optimisasi maksimum = 0,86%, maka kondisi ini mempengaruhi optimisasi untuk dua kriteria fungsi estetika asimetris ( $Ea$ ) dan fungsi  $DF$ . Jika arsitek menginginkan optimisasi pencahayaan alami tetapi juga mempertimbangkan komposisi bukaan jendela berdasarkan estetika asimetris maka jendela dengan  $\alpha = 0,5$  dimana posisi jendela berada 23% (menuju pusat jendela) dari lebar bidang dinding yang memenuhi kriteria tersebut.

Optimalisasi menggunakan nilai faktor bobot ( $\alpha$ ) dapat digunakan oleh arsitek untuk menentukan kuantisasi dari dua variabel di atas, apakah itu berfokus pada distribusi faktor siang hari atau estetika asimetri, bahkan keduanya. Pendekatan kuantisasi dalam tulisan ini diharapkan dapat



berkontribusi pada teori arsitektur mengenai komposisi spasial, terutama elemen arsitektur, yaitu bidang bukaan, dengan menyediakan aspek fungsional pencahayaan alami dan efisiensi energi untuk meminimalkan pencahayaan buatan. Pendekatan kuantitatif ini juga dapat menjadi referensi untuk penelitian di masa depan untuk perhitungan arsitektur fungsional yang terkait dengan *DF* dan jendela sebagai fasad bangunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACOSTA, IGNACIO ET AL. 2015. "Analysis of the Accuracy of the Sky Component Calculation in Daylighting Simulation Programs." *Solar Energy* 119: 54–67.
- . 2018. "Energy Efficiency and Lighting Design in Courtyards and Atriums: A Predictive Method for Daylight Factors." *Applied Energy* 211(February): 1216–28.
- ALMSSAD, ASAAD, AND AMJAD ALMUSAED. 2014. "Efficient Daylighting Approach by Means of Light-Shelf Device Adequate for Habitat Program in Aarhus City." *International Journal of Smart Grid and Clean Energy* 3(4): 441–53.  
<http://www.ijsgce.com/uploadfile/2014/1105/20141105112714969.pdf>.
- ARVIND KRISHAN, NICK BAKER, SIMON YANNAS, Szokolay S.V. 2001. *Climate Responsive Architecture; A Design Handbook for Energy Efficient Building*. New Delhi: Tata McGrawHill Publishing Co.Ltd.
- BADAN SNI 2001. 2001. Sni 03-6575-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung . ed. BSN. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- BELLIA, LAURA, AND FRANCESCA FRAGLIASSO. 2015. Evaluation of Daylight Availability for Energy Savings. *Journal of Daylighting* 2: 12–20.
- Brotas, Luisa, and Mike Wilson. 2008. "The Average Total Daylight Factor." *Light and Engineering* 16(2): 52–57.
- CODE, NATIONAL ELECTRIC, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, International Electrotechnical Commission, and Australian Standard. 2001. "Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung .Sni 03-6575-2001: 1–32.
- DÍAZ-VILARIÑO, L., S. LAGÜELA, J. ARMESTO, AND P. ARIAS. 2014. Indoor Daylight Simulation Performed on Automatically Generated As-Built 3D Models. *Energy and Buildings* 68(PARTA): 54–62.
- GAGO, E. J., T. MUNEER, M. KNEZ, AND H. KÖSTER. 2015. "Natural Light Controls and Guides in Buildings. Energy Saving for Electrical Lighting, Reduction of Cooling Load." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 1–13.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.002>.
- GARDNER, JONATHAN SAMMARTINO. 2011. *Aesthetics of Spatial Composition: Facing, Position, and Context, and the Theory of Representational Fit*. In A Dissertation Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy in University of California, Berkeley, Berkeley, 91.
- HAŞİM ALTAN, AND JITKA MOHELNIKOVA. 2015. Windows Influence on Room Daylighting in Residential Buildings. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 9(3): 291–99.
- JAMALUDIN ADI, AINURZAMAN ET AL. 2015. "The Dynamics of Daylighting at a Residential College Buildings with the Internal Courtyard Arrangement." *International Journal of Architectural Research Jamaludin et al. Archnet-IJAR International Journal of Architectural Research* 9(3): 148–65.
- KENSEK, KAREN, AND JY SUK. 2011. "Daylight Factor (Overcast Sky) versus Daylight Availability (Clear Sky) in Computer-Based Daylighting Simulations." *Journal of Creative Sustainable Architecture & Built*. 1: 3–14.  
<http://www.sersc.org/journals/CSABE/vol1/2.pdf>.
- KOUSALYADEVI, G, AND G LAVANYA. 2019. "Optimal Investigation of Daylighting and Energy Efficiency in Industrial Building Using Energy- Efficient Velux Daylighting Simulation." *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 18(4): 271–84.  
<https://doi.org/10.1080/13467581.2019.1618860>.
- LI, DANNY H.W. ET AL. 2017. "A Review of Calculating Procedures on Daylight Factor Based Metrics under Various CIE Standard Skies and Obstructed Environments." *Building and Environment* 112: 29–44.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.019>.
- MAHDAVI, ABDOLHAMID, S P RAO, AND NILA INANGDA. 2013. "Parametric Studies on Window-To-Wall Ratio for Day Lighting Optimisation in High-Rise Office Buildings in Kuala Lumpur , Malaysia." *Journal of design and Built Environment* 12(June): 1–8.
- MANGIONE, ALESSANDRO ET AL. 2018. "On the Validity of Daylight Factor for Evaluating the Energy Performance of Building." *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2018 (February): 1–4*.
- MARDALJEVIC, J., AND J. CHRISTOFFERSEN. 2017. "Climate Connectivity" in the Daylight

- Factor Basis of Building Standards.” *Building and Environment* 113(August 2016): 200–209.
- MAZLOOMI, MEHRDAD. 2010. “Horizontal Distribution of Daylight Factor with Reference to Window Wall Ratio in Pendentive Dome Buildings in Tropics , Case of Kuala Lumpur.” *World Applied Sciences Journal* 10(10): 1247–54.
- MCMANUS, I.C. 2005. “Symmetry and Asymmetry in Aesthetics and the Arts.” *European Review* 13(2): 157–80.
- N. SESHADRI, T. 1960. 51 *Proceedings of The Indian Academy of Sciences-mathematical Sciences - Proc Indian Acad Sci-Math Sci* Equations of Sky Components with a “C.I.E. Standard Overcast Sky.”
- NOVÁKOVÁ, PETRA, AND FRANTIŠEK VAJKAY. 2019. “Factors Influencing The Value Of Daylight Factor.” *MATEC Web Of Conferences* 279: 03009.
- RIZAL, YOSE, IMAM ROBANDI, AND EKO MULYANTO Yuniarno. 2016. “Daylight Factor Estimation Based on Data Sampling Using Distance Weighting.” *Energy Procedia* 100(September): 54–64.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.153>.
- SAMMARTINO, JONATHAN, AND STEPHEN E. PALMER. 2012. “Aesthetic Issues in Spatial Composition: Effects of Vertical Position and Perspective on Framing Single Objects.” *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 38(4): 865–79.  
<http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/a0027736>.
- Y.AZMY,NEVEEN, AND RANIA E. ASHMAWY. 2018. “Effect of the Window Position in the Building Envelope on Energy Consumption.” *International Journal of Engineering & Technology* 7(3): 1861.
- ZHANG, WEILONG, LIN LU, AND XINGYU XU. 2019. “Thermal and Daylighting Performance of Glass Window Using a Newly Developed Transparent Heat Insulated Coating.” *Energy Procedia* 158: 1080–85.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.262>.