

**ANALISIS KECUKUPAN PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUANG PAMERAN
BANDUNG TECHNOPARK SESUAI STANDAR DOKUMEN IES-LM-83-12
SPATIAL DAYLIGHT AUTONOMY (SDA) DAN ANNUAL SUNLIGHT EXPOSURE
(ASE)**

***DAYLIGHT SUFFICIENT ANALYSIS ON BANDUNG TECHNOPARK EXHIBITION
ROOM ACCORDING TO IES-LM-83-12 STANDARD USING SPATIAL DAYLIGHT
AUTONOMY (SDA) AND ANNUAL SUNLIGHT EXPOSURE (ASE)***

Adam Zakiy¹, Dr. Ery Djunaedy, S.T., M.Sc. ², Dr. Eng. Asep Suhendi ³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,

izakiadam@gmail.com¹, ervdjunaedy@gmail.com², as.suhendi@gmail.com³

Abstrak

Dalam melakukan pengukuran kualitas pencahayaan alami, diperlukan metode yang sangat berbeda dari ketika melakukan pengukuran pada pencahayaan buatan / lampu. Pada pencahayaan buatan, satuan average illuminance merupakan nilai yang sangat berguna untuk dijadikan output kesimpulan, namun satuan tersebut menjadi kurang berarti apabila diimplementasikan pada pencahayaan alami. Karena nilai illuminance pada pencahayaan alami merupakan hal yang dinamis/berubah-ubah setiap waktu, maka performansi pencahayaan alami juga perlu didefinisikan sepanjang waktu. Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa variasi metode perhitungan pencahayaan alami sudah banyak diusulkan untuk mengatasi ketidakmampuan dalam menghitung performa pencahayaan alami yang dinamis, namun dari sekian banyak metode, Dokumen LM-83-12 dari IES (Illuminance Engineering Society) diakui sebagai metode perhitungan paling mutakhir. IES LM-83-12 dibuat untuk menciptakan deretan metrik yang mampu untuk mendeskripsikan apakah performa pencahayaan alami pada suatu ruangan dikatakan layak atau tidak melalui dua sub metode yaitu SDA (Spatial Daylight Autonomy) & ASE (Annual Sunlight Exposure). Secara sederhana, metode ini memadukan input penting seperti geometri bangunan, data langit, serta arah garis matahari yang akan disimulasikan menjadi sebuah nilai lux (illuminance) pada titik tertentu setiap jam selama 1 tahun penuh. Nilai illuminance yang didapat nantinya akan diolah menjadi sebuah kriteria preferensi yang memperhatikan dua aspek utama yaitu kecukupan & kenyamanan (visual comfort).

Kata Kunci: knalpot, transfer matriks, algoritma genetika, rugi transmisi, matlab.

Abstract

Assessing the dynamic qualities of a daylight space requires different methods of assessment than those that have been developed for a space that is electrically lighted. With electric lighting, average illuminance is a significant and useful metric. However, in a daylight space, average illuminance has less meaning. Because daylight illumination levels are dynamic, the performance of daylight needs to be considered over time. Over the last few decades a variety of new daylighting metrics have been proposed to overcome the inability of older metrics to assess these dynamic condition. However, from several method, IES-LM-83-12 is believed to be the most up-to-dated method. IES LM-83-12 was created to develop new suite of metrics that are able to describe whether the performance of Daylighting in a room is consider to be feasible or not through two sub-methods called SDA (Spatial Daylight Autonomy) & ASE (Annual Sunlight Exposure). Simply, this method integrate some important inputs such as weather data, solar path and building geometry which will be simulated into a lux value at a certain point on every hour for one year. The illuminance value obtained will then be processed into a preference criteria at two main aspect based on sufficiency & visual comfort.

Keywords: muffler, transfer matrix, genetic algorithm, transmission loss, matlab

1. Pendahuluan

Menurut survey Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Sektor bangunan memiliki potensi penghematan energi sekitar 10-30%. Potensi penghematan tersebut merupakan nilai yang tinggi mengingat pada tahun 2011 yang lalu, sekitar 30% pasokan energi Nasional dikonsumsi oleh sektor bangunan. Di Indonesia sendiri, banyak aspek diperhitungkan untuk memaksimalkan nilai efisiensi energi bangunan, salah satunya adalah pada aspek pencahayaan di gedung perkantoran.

Pada gedung perkantoran, lampu biasa dipakai sebagai sumber utama pencahayaan ketika jam kerja. Namun di sebagian tempat, pencahayaan alami dari sinar matahari juga masih banyak digunakan. Pada dasarnya, pengukuran kualitas pencahayaan buatan/lampu lebih mudah dilakukan karena hanya memerlukan nilai Average Illuminance sebagai implikasi dari intensitas yang stabil, namun tidak demikian dengan pencahayaan alami karena intensitas cahaya yang dipancarkan berubah-ubah sepanjang waktu dan bergantung dengan musim serta beragam variable lain seperti garis matahari. Selain itu, pengukuran kualitas pencahayaan alami harus dilakukan dalam rentang waktu 1 tahun penuh atau untuk memperoleh hasil yang berarti. Istilah simulasi untuk perhitungan pencahayaan alami lumrah disebut dengan istilah Dynamic Daylight Simulation.

Dynamic Daylight Simulation merupakan sebutan untuk metode simulasi pencahayaan alami yang memperhitungkan banyak input/variabel dalam jangka waktu yang lama (umumnya 1 tahun). Metode ini tergolong baru karena sebelumnya hanya menjadi angan-angan saja untuk di implementasikan dalam satu dekade terakhir. Beruntungnya, sudah ada asosiasi yang memfokuskan diri dalam mengkaji metodologi yang digunakan untuk melakukan Dynamic Daylight Simulation melalui dokumen IES LM-83-12 yang telah ter-publish secara global. Asosiasi tersebut adalah IES atau Illuminance Engineering Society of North America yang berpusat di New York City.

LM-83-12 adalah sebuah dokumen cetak yang berisikan metodologi, parameter pengukuran serta metrik apa saja yang perlu untuk disimulasikan agar Dynamic Daylight Simulation dapat dilakukan dengan akurat. Terdapat dua metrik utama yang dijadikan parameter dalam dokumen LM-83-12, metrik tersebut adalah sDA yang fokus pada batas minimum kelayakan pencahayaan pada ruangan (lux) selama satu tahun, lalu ASE sebagai parameter batas maksimum visual discomfort untuk mengetahui tingkat kesilau-an ruangan selama satu tahun.

Secara garis besar, dokumen LM-83-12 hanya berfokus pada intisari dari metodologi serta parameter-parameter yang harus dipenuhi untuk mencapai kelayakan simulasi. Namun pada pengaplikasiannya, dokumen tersebut tidak mencakup proses yang lebih detail seperti rangkaian tools/software yang dipakai sampai berujung kesimpulan simulasi. Untuk itu, proses simulasi pencahayaan alami sesuai guidelines dokumen LM-83-12 menggunakan software Radiance, Command Prompt & R Studio menjadi latar belakang pada tugas akhir ini. Adapun lokasi yang digunakan untuk simulasi pencahayaan alami ini adalah Gedung Pameran Bandung Techno Park.

2. Dasar Teori

2.1 Pencahayaan

Daylighting atau yang biasa disebut daylit adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Berbeda dari artificial lighting, daylighting dianggap memiliki lebih banyak keuntungan dikarenakan beberapa hal. Daylit lebih hemat biaya karena tidak bergantung pada energi listrik, serta tidak memerlukan perawatan instalasi seperti pencahayaan buatan. Namun kelemahannya adalah, intensitas cahaya matahari yang masuk ke ruangan tidak dapat dikendalikan manusia. Akibatnya, intensitas cahaya acap kali tidak konsisten. Umumnya, pencahayaan alami diperoleh melalui pintu, jendela, atau berasal dari atap/skylight.

2.2 Kuat Penerangan

Daylighting atau yang biasa disebut daylit adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Berbeda dari artificial lighting, daylighting dianggap memiliki lebih banyak keuntungan dikarenakan beberapa hal. Daylit lebih hemat biaya karena tidak bergantung pada energi listrik, serta tidak memerlukan perawatan instalasi seperti pencahayaan buatan. Namun kelemahannya adalah, intensitas cahaya matahari yang masuk ke ruangan tidak dapat dikendalikan manusia. Akibatnya, intensitas cahaya acap kali tidak konsisten. Umumnya, pencahayaan alami diperoleh melalui pintu, jendela, atau berasal dari atap/skylight.

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{I \cdot \theta}{r^2} \quad (10)$$

Dimana semakin besar arus cahaya (luminous flux) Φ maka semakin besar kuat penerangan (illuminance) (E).

2.3 Kenyamanan Visual (Visual Comfort)

Kenyamanan visual (visual comfort) adalah keadaan pikiran manusia yang mengekspresikan keputusan terhadap pengelihatannya sekitar. Visual comfort dapat diciptakan dari berbagai macam keadaan, salah satunya adalah dari pencahayaan. Terdapat tiga parameter yang menentukan kenyamanan visual, yaitu Illuminance (E), Luminance (L) & Kualitas Warna

Agar pencahayaan alami dapat menciptakan sebuah kenyamanan visual, diperlukan standar dengan syarat dan ketentuan tertentu. Adapun syarat tersebut telah ditentukan berdasarkan ambang batas penilaian sesuai dokumen LM-83-12 yang menjadi acuan tugas akhir ini.

2.4 Dynamic Daylight Calculation

Menilai kualitas dinamis pencahayaan alami (daylighting) membutuhkan metode yang berbeda dari pencahayaan buatan (artificial lighting). Pada kalkulasi pencahayaan buatan, average illuminance merupakan nilai yang lebih berguna sebagai hasil simulasi, namun berbeda untuk pencahayaan alami. Pada pencahayaan alami, penilaian average illuminance memiliki arti yang kurang berharga karena nilai pada pencahayaan alami dapat dengan cepat berubah sesuai perubahan waktu.

Pada pencahayaan alami, ada banyak faktor yang tidak diperhitungkan di kalkulasi pencahayaan buatan seperti tingkat distribusi cahaya yang menurun sepanjang peningkatan jarak, variasi intensitas cahaya yang berbeda-beda dari sumber cahaya setiap jam dan sepanjang musim. Karena tingkat iluminasi pencahayaan alami memiliki sifat yang dinamis, maka dari itu nilai performansi daylight perlu dinilai setiap waktu.

IES LM-83-12 dibuat untuk menciptakan metode kalkulasi baru untuk memenuhi keperluan yang kurang relevan apabila dihitung menggunakan metode average illuminance versi artificial lighting

2.5 IES LM-83-12

IES LM-83-12 merupakan sekumpulan metode baru hasil pengembangan dari metode sebelumnya yang mampu mendeskripsikan beragam indikator penting dari performa pencahayaan. Metode ini dikembangkan untuk menggantikan metode sebelumnya yang dianggap belum bisa mengkaji keadaan pencahayaan ruangan yang dinamis. Hal ini dianggap sangat penting karena dalam mengkaji performa pencahayaan alami sangat berbeda dengan ketika mengkaji ruangan dengan pencahayaan buatan. Disaat pencahayaan buatan bertujuan untuk mencari illuminance average sebagai target pencahayaan, pada pencahayaan alami, illuminance average hampir tidak berarti. Salah satu alasannya adalah karena kondisi ruangan; sebagai contoh, lingkungan pencahayaan (sidelit environment) yang ada pada ruangan mempunyai distribusi pencahayaan yang tidak seragam karena hubungan geometri antara ruangan dan bukaan, serta shading dari objek ruangan. Biasanya terdapat tingkat pencahayaan yang tinggi dekat jendela yang berkurang seiring bertambahnya jarak. Alasan lain adalah sumber cahaya matahari, langit, dan awan dengan intensitas pencahayaan yang bervariasi dan posisi yang berbeda pada setiap jam per harinya untuk sepanjang tahun.

Terdapat dua indikator yang dikembangkan pada IES LM-83-12, yang mengharuskan lingkungan acuan dievaluasi selama periode satu tahun penuh menggunakan dua parameter performansi yang berbeda. Indikator pertama adalah Spatial Daylight Autonomy (sDA), dan indikator yang kedua adalah Annual Sunlight Exposure (ASE).

2.5.1 SPATIAL DAYLIGHT AUTONOMY (SDA)

Spatial Daylight Autonomy (sDA), sebuah indikator yang mengkaji apakah ruang referensi mendapatkan cukup pencahayaan % dari total rentang waktu aktivitas efektif pada umumnya (8AM-6PM). Indikator sDA dikatakan terpenuhi apabila 55% dari total luas bidang referensi memenuhi kriteria sDA300,50% .

Spatial Daylight Autonomy300/50% (sDA300/50%) di rekomendasikan sebagai indikator yang terbaik pada analisis ini. Indikator ini menggunakan ambang batas iluminasi 300 lux pada permukaan horisontal yang pertama-tama akan dinilai jumlah jam per tahun dari masing-masing titik analisis yang memenuhi nilai ambang batas tersebut atau lebih hanya dengan penggunaan sinar matahari. Kondisi sinar matahari diambil berdasarkan data Typical Meteorological Year (TMY), dengan periode analisis dari 8AM sampai 6PM waktu lokal (10 jam per hari), yang selanjutnya akan dituliskan sebagai periode analisis.

Terdapat dua kriteria performansi pada analisis ini sesuai dengan kualifikasi standar performansi yaitu: “Preferred (diutamakan)” dan “Nominally Accepted (diterima secara nominal)”

Agar area analisis dapat dikatakan “Preferred” atau baik secara pencahayaan alami, sDA300/50% harus memenuhi atau melebihi 75% dari luas total area analisis. Agar area analisis dapat dikatakan “Nominally Accepted” atau cukup secara pencahayaan alami, sDA300/50% harus memenuhi atau melebihi 55% dari luas total area analisis.

2.5.2 ANNUAL SUNLIGHT EXPOSURE (ASE)

Annual Sunlight Exposure (ASE) menjelaskan tentang seberapa besar ruang yang menerima terlalu banyak sinar matahari langsung, yang tentu saja dapat menyebabkan ketidaknyamanan pengelihat (visual discomfort) atau meningkatnya beban pendinginan (cooling load). Lebih spesifik lagi, ASE mengukur persentase area lantai (floor area) yang mendapatkan 1000 lux setidaknya 250 jam waktu aktivitas efektif pada umumnya (8AM-6PM) dalam satu tahun penuh. Apabila persentase luas area yang memenuhi kriteria ASE1000,50% mencapai 10%, maka dapat dipastikan akan muncul visual discomfort dari penghuni ruangan. Kedua indikator diatas dianggap penting untuk di evaluasi bersama karena Spatial Daylight Autonomy tidak memiliki batas maksimal untuk tingkat pencahayaan. Maka, ruang yang menerima terlalu banyak sinar matahari langsung juga dianggap memenuhi kriteria. ASE berfungsi sebagai indikator penyeimbang apabila sinar matahari berpotensi menjadi masalah. Singkatnya, tujuan metode ini adalah untuk memaksimalkan nilai sDA dengan tetap memperhatikan indikator dari ASE.

Ambang batas analisis ASE ditentukan dari persentase sensor area yang terpapar lebih dari 1000 lux pencahayaan langsung dalam lebih dari 250 Jam/Tahun atau Annual Sunlight Exposure1000/250h (ASE1000/250h). Dalam perhitungan analisis ASE, jumlah bukaan dan metode yang digunakan harus disamakan dengan pengoperasian analisis sDA.

3. Pembahasan

3.1. Proses Simulasi Tahunan

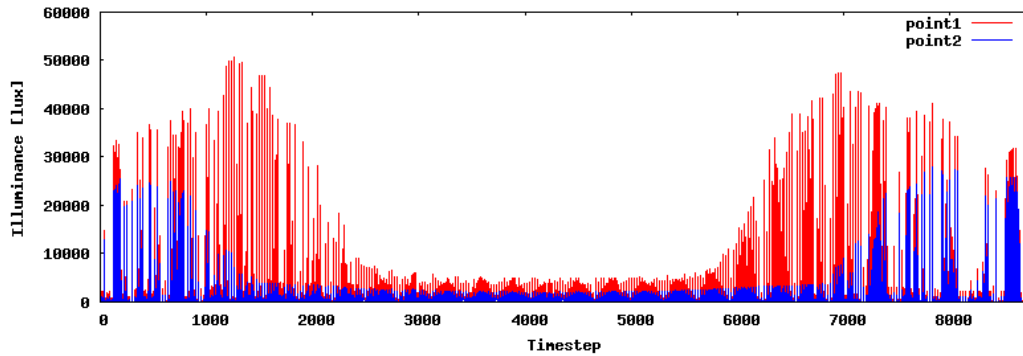
Melalui command dctimestep, nilai illuminance dan rendering tahunan dapat disimulasikan sebagai berikut

```
$ dctimestep results/photocells.vmx data/singleclear.xml \
  results/south.dmx skies/12_21_15.skv | \
  rcalc -e '$1=179*($1*0.265+$2*0.670+$3*0.065)' > results/illum_122115_clear.dat
```

```
$ dctimestep results/photocells.vmx data/venetian0.xml \
  results/south.dmx skies/12_21_15.skv | \
  rcalc -e '$1=179*($1*0.265+$2*0.670+$3*0.065)' > results/illum_122115_vb0.dat
```

```
$ dctimestep results/photocells.vmx data/venetian45.xml \
  results/south.dmx skies/12_21_15.skv | \
  rcalc -e '$1=179*($1*0.265+$2*0.670+$3*0.065)' > results/illum_122115_vb45.dat
```

Nilai kontribusi cuaca kota Bandung juga patut diperhitungkan. Oleh karena itu dibutuhkan konversi nilai EPW ke WEA, dan dihasilkan data sebagai berikut sebagai nilai akhir dari lux ruangan yang diuji.



Gambar 3.1 Hasil simulasi tahunan menggunakan radiance

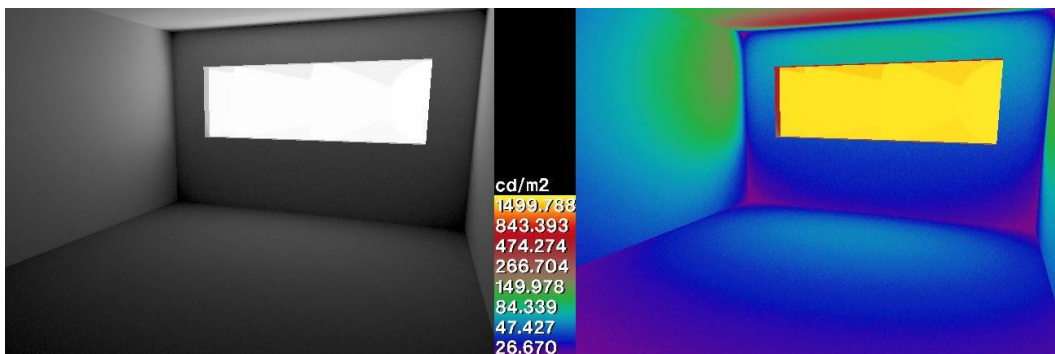
Dengan menggunakan command dctimestep, rendering yang dihasilkan adalah sebagai berikut

```

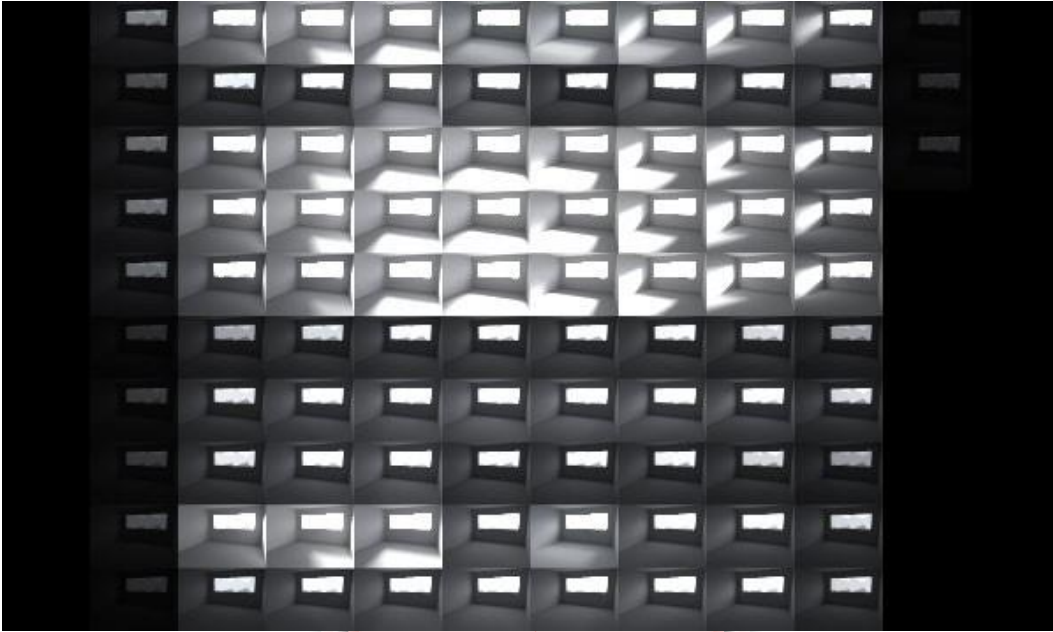
$ dctimestep images/vmx/window_%03d.hdr data/singleclear.xml \
  results/south.dmx skies/12_21_15.skv > images/122115_clear.hdr
$ pcond images/122115_clear.hdr | \
  pcompos -a 2 - 'falsecolor -s 2000 -log 2 -i images/122115_clear.hdr' | \
  ra_tiff -z - images/122115_clear.tif

$ dctimestep images/vmx/window_%03d.hdr data/venetian0.xml \
  results/south.dmx skies/12_21_15.skv > images/122115_vb0.hdr
$ pcond images/122115_vb0.hdr | \
  pcompos -a 2 - 'falsecolor -s 2000 -log 2 -i images/122115_vb0.hdr' | \
  ra_tiff -z - images/122115_vb0.tif

$ dctimestep images/vmx/window_%03d.hdr data/venetian45.xml \
  results/south.dmx skies/12_21_15.skv > images/122115_vb45.hdr
$ pcond images/122115_vb45.hdr | \
  pcompos -a 2 - 'falsecolor -s 2000 -log 2 -i images/122115_vb45.hdr' | \
  ra_tiff -z - images/122115_vb45.tif
    
```



Gambar 3.2 Hasil simulasi false color pada aplikasi radiance



Gambar 3.4 Cuplikan dari 10 Hari pertama bulan Januari

4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi tahunan pencahayaan alami pada ruangan yang diuji menggunakan metode sesuai dokumen LM-83-12, di dapat data sebagai berikut.

Pada ruangan objek pengujian, didapati bahwa nilai SDA (Spatial Daylight Autonomy) adalah 54,3% sDA300 lux, 50% dan nilai ASE (Annual Sunlight Exposure) adalah 10,1% ASE1000 lux, 250 hours. Karena nilai sDA memenuhi target minimum, sedangkan ASE diatas target maksimum, maka dapat dikatakan ruang uji belum layak sesuai preferred threshold dari dokumen LM-83-12

5. Referensi

- Karyono, TH (2011), *Bangunan Hemat Energi: Strategi Penghematan Energi Bangunan Di Kawasan Sub Tropis Dan Tropis Basah*
- [2] Rumi, Jalaludin, 2010. *Tenaga Surya Sebagai Peluang Energi Terbarukan Indonesia*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] *Illuminating Engineering Society of North America*. https://www.ies.org/about/what_is_iesna.cfm. Diakses pada 22 Maret 2017
- [4] *Illuminating Engineering Society of North America*, 2012. *Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure*.
- [5] Wikipedia. Ensiklopedia. Bebas. https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas_tumpak#File_Ekstensi_Batch_File_pada_DOS . Diakses pada 10 Juli 2019
- [6] W. M. C. Lam, *Perception and Lighting As Formgivers for Architecture*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1977.
- [7] P. Manurung, *Pencahayaan Alami dalam Arsitektur*, 1 ed. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta, 2012.
- [8] N. L. Latifa, *Fisika Bangunan 1*, 1 ed. Jakarta Timur: Gria Kreasi (Penebar Swadaya Grup), 2015.
- [9] SNI 03-2396-2001, "Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung," Tata cara Peranc. Sist. Vent. dan pengkondisian Udar. pada bangunan gedung, hal. 1–55, 2001.

