

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **II.1 CAHAYA ALAMI**

Tinjauan pustaka dimulai dengan membahas faktor-faktor pencahayaan alami yang berpengaruh terhadap pencahayaan di ruang multifungsi ketika ruang tersebut menggunakan pencahayaan atas berupa *skylight* untuk memasukkan cahaya alami ke dalam ruangan dengan dimodifikasi oleh penggunaan *perforated metal* untuk meredupkan sinar matahari yang masuk agar tidak terlalu silau.

##### **II.1.1. Sifat-Sifat Cahaya Alami**

Cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan dapat dibedakan menjadi tiga<sup>6</sup>, yaitu:

1. Cahaya matahari langsung
2. Cahaya difus dari terang langit
3. Cahaya difus dari pantulan tanah atau bangunan lainnya

Pada kondisi iklim tropis, cahaya matahari langsung harus selalu dihindari karena membawa panas masuk ke dalam bangunan, caranya dapat melalui desain bentuk bangunan dan elemen pembayangan (*shading devices*) baik yang bergerak maupun yang tetap. Komponen pencahayaan yang dapat digunakan yaitu komponen 2 dan 3.

Banyak studi di area Asia Tenggara menunjukkan bahwa menggunakan strategi pencahayaan alami dapat mengurangi kebutuhan konsumsi energi sebesar 20% dan membantu untuk mengatasi masalah meningkatnya beban panas sensibel dari AC (*air conditioning*). Iklim tropis hanya memiliki dua musim (musim kemarau dan hujan) yang menyebabkan sebagian besar bangunan publik dengan

---

<sup>6</sup> Szokolay, Steven V., 2014, *Introduction to Architectural Science (Third Edition): The Basis of Sustainable Design*, New York: Routledge.

rentang atrium yang panjang dan bangunan domestik jarang memiliki pencahayaan atap karena dapat mengakibatkan ketidaknyamanan termal pada pengguna.

Kondisi lingkungan yang nyaman bagi semua pengguna bangunan harus diperhatikan dalam menyediakan pencahayaan alami pada bangunan di iklim tropis. Kroelinger (2005)<sup>7</sup> menunjukkan pada strategi pencahayaan alami harus dapat mengurangi dan mengontrol tingkat radiasi matahari, terutama dari pencahayaan samping dan atas, untuk mengatasi masalah penyebaran panas dengan cara menyediakan alat pembayang dan meletakkan atau menyesuaikan ukuran jendela agar mendapatkan sinar matahari tidak langsung dan juga mencegah paparan dari arah timur atau barat. Desain pencahayaan alami juga bertujuan untuk mengehui bagaimana mengontrol kualitas dan kuantitas pencahayaan alami secara umum dari berbagai sumber pada lokasi spesifik. Penelitian yang dilakukan Al-Obaidi (2013)<sup>8</sup> menunjukkan bahwa sangat mungkin untuk meletakkan pencahayaan alami dari atap secara merata dan tingkat terang yang seragam, yang diteliti pada negara beriklim tropis dengan melakukan beberapa modifikasi pada konstruksi atap, bukaan, dan plafon.

### **II.1.2 Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Pengukuran Pencahayaan Alami**

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pengukuran pencahayaan alami pada ruang multifungsi jika menggunakan *skylight* yang dimodifikasi dengan teknologi *perforated metal* untuk memasukkan cahaya alami ke dalamnya.

#### **a. Iluminasi atau tingkat penerangan**

Tingkat penerangan adalah jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan bidang kerja, dengan satuan Lux. Besarnya nilai iluminasi tergantung dari fungsi ruang tersebut

---

<sup>7</sup> Kroelinger D. 2005, "Daylight in Buildings", dalam *Informe Design*, VOL. 03 ISSUE 3, University of Minnesota, [http://www.informedesign.org/\\_news/mar\\_v03-p.pdf](http://www.informedesign.org/_news/mar_v03-p.pdf)

<sup>8</sup> Al-Obaidi, K.M., Ismail M., dan Abdul Rahman A.M., 2013, *An Innovative Roofing System for Tropical Building Interiors: Separating Heat from Useful Visible Light*, International Journal of Energy and Environment Volume 4, Issue 1, p.103-116.

dan tergantung pula pada jenis pekerjaan, durasi pekerjaan yang dilakukan, tingkat ketelitian, dan usia pengguna ruang.

*b. Daylight factor*

Iluminan yang diterima pada suatu titik di dalam ruangan, diperoleh dari langit atau diasumsikan sebagai distribusi luminasi yang dinyatakan dalam persentase iluminasi horisontal luar ruang terhadap belahan buni yang tidak terhalang pada kondisi langit yang sama.

*c. Reflectance factor*

Perbandingan antara *luminous flux* yang dipantulkan dari sebuah permukaan dengan yang di atasnya. Reflektansi tergantung pada bagaimana sebuah permukaan diterangi, khususnya arah dan distribusi dari kondisi cahaya tersebut.

*d. Difraksi cahaya*

Difraksi merupakan pembelokan cahaya di sekitar suatu penghalang atau suatu celah. Jika muka gelombang bidang tiba pada suatu celah sempit (lebarnya lebih kecil dari panjang gelombang), maka gelombang ini akan mengalami lenturan sehingga terjadi gelombang-gelombang setengah lingkaran yang melebar di belakang celah tersebut, peristiwa ini dikenal dengan difraksi. Difraksi merupakan fenomena gelombang lain yang bergantung pada panjangnya gelombang. Fenomena ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

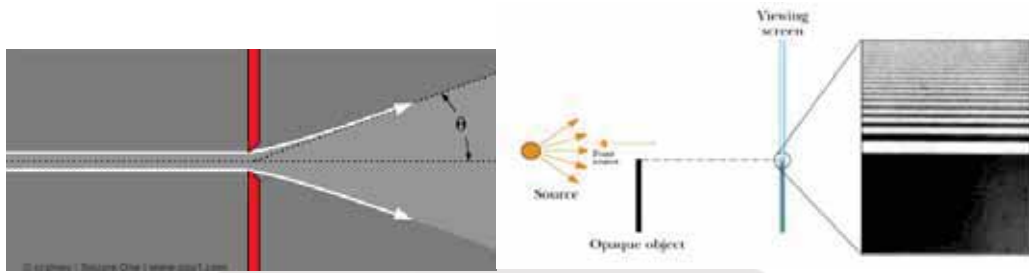
$$\sin \theta = \frac{l}{D}$$

Keterangan:

$\theta$  = sudut difraksi dalam derajat

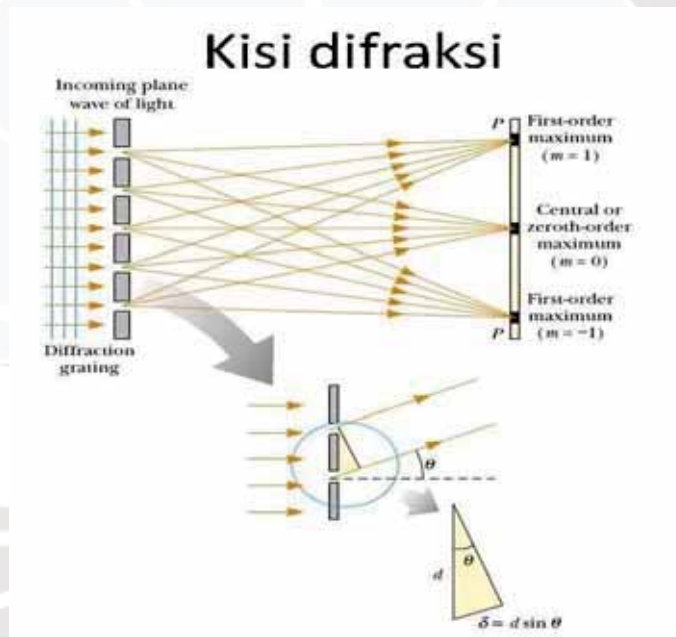
$l$  = panjang gelombang energi radiasi (m)

$D$  = diameter lubang atau celah (m)



**Gambar 6.** Pola cahaya yang terbentuk pada layar akibat cahaya dari suatu sumber yang melewati lubang kecil (titik) obyek buram (tidak tembus cahaya)  
**Sumber:** Materi Mata Kuliah “Tata Cahaya” Program Studi Teknik Arsitektur Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jika semakin banyak celah pada kisi yang memiliki lebar sama, maka semakin tajam pola difraksi dihasilkan pada layar.



**Gambar 7.** Pola cahaya yang terbentuk akibat cahaya dari suatu sumber melewati banyak lubang kecil obyek buram (tidak tembus cahaya)  
**Sumber:** Materi Mata Kuliah “Tata Cahaya” Program Studi Teknik Arsitektur Universitas Atma Jaya Yogyakarta

e. Silau

Silau (*glare*) merupakan suatu ukuran ketidaknyamanan pada pengguna yang disebabkan oleh kelebihan pencahayaan atau kontras dalam suatu area atau pandangan tertentu. Silau terjadi jika kecerahan dari suatu bagian dari interior jauh

melebihi kecerahan dari interior tersebut pada umumnya<sup>9</sup>. Sumber silau yang paling umum yaitu kecerahan yang berlebihan dari armatur dan jendela, baik yang terlihat langsung atau melalui pantulan.

Silau dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *disability glare* dan *discomfort glare*. *Disability glare* merupakan silau yang tidak menimbulkan ketidaknyamanan tetapi dapat mengurangi kemampuan melihat obyek. *Discomfort glare* merupakan silau yang menimbulkan ketidaknyamanan tetapi tidak mengurangi kemampuan melihat obyek. *Discomfort glare* terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu adanya luminasi dari sumber cahaya menuju titik pengamat, intensitas cahaya yang terlihat dari titik pengamatan (sudut ruang), posisi bagian sumber cahaya yang terlihat dari arah pandangan, dan luminasi rata-rata lingkungan (terang langit).

Secara umum, tingkat silau dapat dihitung dengan rumus perhitungan sebagai berikut<sup>10</sup>.

$$Glare = \sum_{i=1}^n \frac{L_{si}^{exp} \omega_{si}}{L_b^{exp} P_i^{exp}}$$

Keterangan:

$L_{si}^{exp}$  = luminan dari sumber silau

$\omega_{si}$  = ukuran besar sumber silau

$L_b^{exp}$  = luminan pada obyek

$P_i^{exp}$  = indeks posisi

Konsep dasar pengukuran tingkat silau sesuai dengan banyak kriteria ruang dan jenis pengukuran yang berbeda, sehingga menghasilkan banyak indikator silau yang berbeda. Pada program Evalglare, tingkat silau dibedakan menjadi lima jenis,

---

<sup>9</sup> SNI 03-6575-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung.

<sup>10</sup> Jakubiec, Alstan and Christoph Reinhart, 2010, *The Use of Glare Metrics in the Design of Daylit Spaces: Recommendations for Practice*, 9th International Radiance Workshop; September 20-21, Harvard Design School, p.6.

yaitu *Daylight Glare Probability*, *Daylight Glare Index*, *Unified Glare Rating*, *Visual Comfort Probability*, dan *CIE Glare Index*.

*Daylight Glare Index (DGI)*<sup>11</sup>

$$DGI = 10 \times \log_{10} 0.48 \sum_{i=1}^n \frac{L_{si}^{1.6} \omega_{pos.si}^{0.8}}{L_b + (0.07 \omega_{si}^{0.5} L_{si})}$$

Rentang nilai DGI yaitu lebih dari 31 (> 31) tidak tertahankan dan kurang dari 18 (< 18) hampir tidak terasa. DGI hanya dapat diaplikasikan dengan kondisi di mana sinar matahari langsung tidak masuk ke dalam ruang. Bagaimanapun juga DGI menyediakan data yang relatif mendekati ketika memprediksi ketidaknyamanan pada skenario terburuk.

*CIE Glare Index (CGI)*<sup>12</sup>

$$CGI = 8 \times \log_{10} 2 \frac{(1 + (\frac{E_d}{500}))}{E_d + E_i} \sum_{i=1}^n \frac{L_{si}^2 \omega_{si}}{P^2}$$

Rentang nilai CGI yaitu lebih dari 28 (> 28) tidak tertahankan dan kurang dari 13 (< 13) hampir tidak terasa. CGI memprediksi kondisi yang mirip dari ketidaknyamanan silau untuk kondisi pencahayaan alami difus sebagai skenario terburuk untuk perbandingan antar desain.

*Visual Comfort Probability (VCP)*<sup>13</sup>

$$VCP = 279 - 110 \left[ \log_{10} \sum_{i=1}^n \left( \frac{0.5 L_{si} (20.4 \omega_{si} + 1.52 \omega_{si}^{0.2} - 0.075)}{P \times E_{avg}^{0.44}} \right)^{(n^{-0.0914})} \right]$$

Rentang nilai VCP berupa presentasi pengguna yang diprediksi merasa nyaman di ruang tersebut. Di bawah kondisi sinar matahari, VCP memproduksi nilai yang sejajar dengan pengukuran lain. Karena dibentuk hanya untuk kondisi yang sangat

<sup>11</sup> Ibid, p.7

<sup>12</sup> Ibid, p.8

<sup>13</sup> Ibid, p.9.

spesifik, VCP tidak direkomendasikan untuk digunakan pada kondisi pencahayaan alami.

*CIE Unified Glare Rating (UGR)*<sup>14</sup>

$$CGI = 8 \times \log_{10} \sum_{i=1}^n \frac{L_{si}^2 \omega_{si}}{P^2}$$

Rentang nilai UGR yaitu lebih dari 28 (> 28) tidak tertahankan dan kurang dari 13 (< 13) hampir tidak terasa. Seperti DGI, UGR hanya berguna jika kondisi sinar matahari langsung tidak masuk ke dalam ruang.

*Daylight Glare Probability (DGP)*<sup>15</sup>

$$DGP = 5.87 \times 10^{-5} E_v + 9.18 \times 10^{-5} \log_{10} \left( 1 + \sum_{i=1}^n \frac{L_{si}^2 \omega_{si}}{E_v^{1.87} P_t^2} \right)$$

Rentang nilai DGP yaitu lebih dari 0,45 (> 0,45) tidak tertahankan dan kurang dari 0,3 (< 0,3) hampir tidak terasa. Peneliti menemukan bahwa DGP merupakan alat ukur yang mempunyai hasil yang paling umum di bawah kondisi pencahayaan alami. DGP merespon prediksi untuk situasi pencahayaan alami termasuk dari sumber langsung dengan sudut yang banyak atau besar atau tidak beraturan. Untuk alasan ini, banyaknya tahap iterasi pada simulasi secara otomatis dapat dicapai dan memiliki sedikit kesempatan menghasilkan hasil error<sup>16</sup>.

Batas toleransi dari masing-masing jenis silau pada simulasi menggunakan program komputer dijabarkan sebagai berikut.

---

<sup>14</sup> Ibid, p.10.

<sup>15</sup> Ibid, p.11.

<sup>16</sup> Jakubiec, Alstan and Christoph Reinhart, 2010, *The Use of Glare Metrics in the Design of Daylit Spaces: Recommendations for Practice*, 9th International Radiance Workshop; September 20-21, Harvard Design School.

**Tabel 1. Batas Tingkat Kenyamanan Indeks Silau pada Simulasi Multi Arah**

Warna	Tingkat Indeks Silau					Keterangan
	DGP	DGI	UGR	CGI	VCP	
Hijau	< 0,35	< 18	< 13	< 13	80 – 100	Silau tidak terasa
Kuning	0,35 – 0,40	18 – 24	13 – 22	13 – 22	60 – 80	Silau dapat dirasakan
Oranye	0,4 – 0,45	24 – 31	22 – 28	22 – 28	40 – 60	Silau mengganggu
Merah	> 0,45	> 31	> 28	> 28	< 40	Silau tidak tertahankan

**Sumber: Jakubiec, Alstan and Christoph Reinhart, 2010, *The Use of Glare Metrics in the Design of Daylit Spaces: Recommendations for Practice*, 9th International Radiance Workshop; September 20-21, Harvard Design School, p.18.**



**Gambar 8. Contoh hasil simulasi yang menunjukkan batas kenyamanan tingkat indeks silau**  
**Sumber: Jakubiec, Alstan and Christoph Reinhart, 2010, *The Use of Glare Metrics in the Design of Daylit Spaces: Recommendations for Practice*, 9th International Radiance Workshop; September 20-21, Harvard Design School, p.17.**

Sesuai dengan perbandingan masing-masing indeks silau di atas, maka analisis tingkat silau pada pencahayaan alami dalam ruang paling tepat menggunakan indeks silau DGP. Selain itu beberapa penelitian seperti yang dilakukan David Appelfeld<sup>17</sup> juga menggunakan DGP berdasarkan beberapa evaluasi studi efek silau terhadap manusia.

### II.1.3. Pencahayaan Alami pada Ruang Multifungsi

#### II.1.3.1. Kualitas Pencahayaan Alami pada Ruang Multifungsi

<sup>17</sup> Appelfeld, David et al., 2012, *An Hourly-Based Performance Comparison of an Integrated Micro-Structural Perforated Shading Screen with Standard Shading Systems*, Energy and Buildings 2012.03.038.



Kualitas pencahayaan alami pada ruang multifungsi seperti *student center* menjadi baik dan optimal jika memenuhi beberapa standar dan parameter sebagai berikut.

a. Kualitas cahaya

Standar tingkat terang pencahayaan pada ruang multifungsi

**Tabel 2. Standar Tingkat Terang Cahaya pada *Student Center***

Nama ruang	Tingkat terang cahaya (lux)
Ruang olahraga umum	300
Area fitness	250-400
Ruang kolam renang multifungsi	300-500
Resepsionis dan kantor	300-500
Ruang sirkulasi	150
Area berganti pakaian	200-300
Ruang rekreasi dan area penonton	200-300

Sumber: Sustainable Energy Authority of Ireland, 2011, *Sports and Leisure: A Guide to Energy Efficient and Cost Effective Lighting*.

b. *Optimum glazing*

Estimasi penggunaan kaca yang dapat dilakukan agar pencahayaan optimal yaitu 20% untuk area kaca pada jendela yang menghadap utara dan sekitar 9% dari area lantai untuk penggunaan kaca sebagai pencahayaan dari atap<sup>18</sup>. Secara garis besar, area pencahayaan alami untuk menyediakan tingkat pencahayaan yang memadai jika dibandingkan dengan area lantai ruang berkisar antara 5% pada iklim tropis hingga di atas 10% pada daerah yang lebih selatan<sup>19</sup>.

c. Warna dan kontras

Warna permukaan yang direkomendasikan pada ruang multifungsi antara lain warna dinding di bawah ketinggian 3 meter disarankan menggunakan warna seragam dan kontras dengan warna bola atau kok yang berwarna putih, warna dinding di atas ketinggian 3 meter disarankan menggunakan warna yang lebih terang daripada warna dinding di bawahnya, warna lantai sebaiknya kontras dengan warna dinding, warna plafon sebaiknya tidak berbeda dengan warna cahaya dengan

<sup>18</sup> Gaia Group, 2009, *Daylighting in Sports Halls for Sportscotland*, Edinburgh, Scotland.

<sup>19</sup> Energy Design Resources, 2014, *Guidebook Volume II The High Performance Building Process: Skylighting Design Guidelines*, California.

nilai reflektan yang dapat mengurangi kontras dengan sumber iluminasi untuk mengurangi silau.

*d. Reflectance factor*

Nilai *reflectance factor* yang direkomendasikan untuk ruang multifungsi adalah sebagai berikut.

**Tabel 3. Rekomendasi Nilai *Reflectance Factors* untuk Ruang Olahraga**

Elemen ruang	<i>Reflectance Factors</i>
Dinding	0,3 – 0,5
Dinding <i>background</i> atau layar	0,2
Plafon	0,6 – 0,9
Lantai	0,2 – 0,4

**Sumber: Gaia Group, 2009, *Daylighting in Sports Halls for Sportscotland, Edinburgh, Scotland.***

II.1.3.2. Preseden Penggunaan Cahaya Alami pada Ruang Multifungsi

Penggunaan pencahayaan alami dalam bentuk *skylight* pada student center pernah diterapkan pada Holyrood Sports Centre, Glasgow<sup>20</sup>. Bangunan ini merupakan ruang multifungsi yang dapat digunakan sebagai lapangan olahraga atau kegiatan pertunjukkan siswa. Cahaya alami yang masuk ke dalam ruang ini diperoleh dari *skylight* yang didesain pada bagian tengah atap ruang dan bentuknya memanjang mengikuti sisi terpanjang ruang. Selain itu pada salah satu sisi dinding ruang diletakkan clerestory yang letaknya hampir mendekati bagian atas ruangan.

<sup>20</sup> Gaia Group, 2009, *Daylighting in Sports Halls for Sportscotland, Edinburgh, Scotland.*



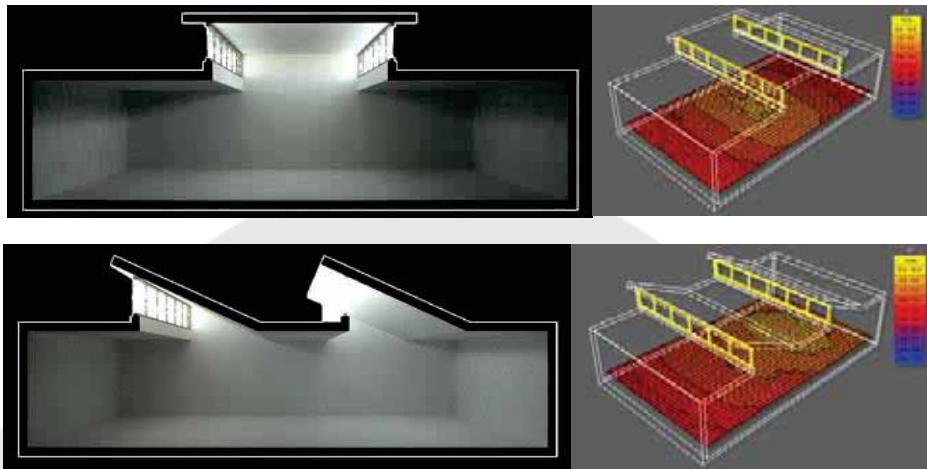
**Gambar 9. Contoh Desain Pencahayaan Alami pada Holyrood Sports Centre, Glasgow**  
**Sumber: Gaia Group, 2009, *Daylighting in Sports Halls for Sportscotland*, Edinburgh, Scotland.**

## II.2 SKYLIGHT

### II.2.1. Pengertian dan Fungsi *Skylight*

Pada pencahayaan alami, langkah desain yang paling sering digunakan adalah membuat bukaan di sisi samping ruang. Bukaan samping ini tidak hanya berfungsi sebagai pencahayaan, tetapi sekaligus juga sebagai penghawaan dan pemandangan (*view*). Namun, pada bangunan tingkat rendah, bukaan atas (*toplighting*) merupakan langkah yang paling efisien untuk memasukkan cahaya ke dalam ruangan karena pendistribusian cahaya dapat lebih merata ke seluruh ruangan dan penggunaan kaca dapat dikurangi. *Toplighting* memasukkan cahaya yang lebih banyak dan lebih efektif ke dalam bangunan dibandingkan *sidelighting*. Hal ini terjadi karena cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan melalui *toplighting* merupakan cahaya langsung sehingga ruangan menjadi lebih terang.





**Gambar 10. Contoh simulasi efek pencahayaan ruang dari beberapa jenis toplighting**  
**Sumber: Materi Mata Kuliah “Advanced Architectural Lighting Design” Magister Teknik**  
**Arsitektur Universitas Atma Jaya Yogyakarta**

Penetrasi cahaya langsung ke dalam ruang dapat memberikan pencahayaan alami yang sangat bagus, tetapi paparan radiasi matahari secara langsung perlu dihindari. Penggunaan *double glass (smart glass)* sebagai jalan masuknya cahaya dapat digunakan untuk mereduksi heat gain. Bentuk atap miring dapat membantu untuk mendistribusikan cahaya lebih dalam dan menyebarkannya secara difus.

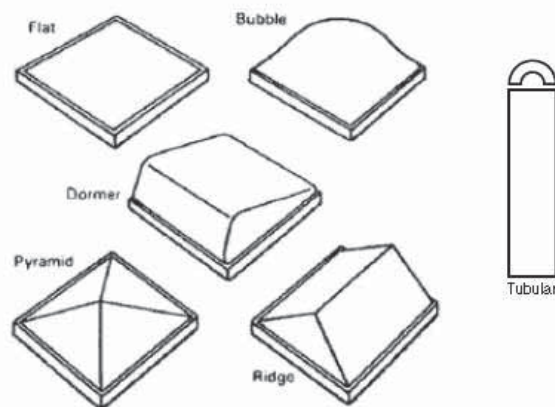
## **II.2.2. Macam dan Jenis *Skylight***

Beberapa bentuk *skylight* dapat diaplikasikan pada atap datar atau miring. Pemasangan area transparan dapat berupa kaca datar, kaca atau dua lapis *polymer/polycarbonate*, *polymer* berbentuk kubah, kaca satu lapis (bening atau berwarna), atau kaca difus satu lapis. *Skylight* dengan kaca dua lapis tersedia dalam beberapa konfigurasi serupa, dan dalam hal ini kaca yang digunakan terdiri dari beberapa pilhan lapisan optik dimana dapat dilakukan modifikasi transmisi dan daya pancar dari sinar matahari yang masuk. Rangka *skylight* dapat dibuat dari

aluminium, besi, kayu atau material komposit seperti aluminium lapis kayu atau uPVC<sup>21</sup>.

*Skylight* dapat dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan fungsi dan bentuknya. Terdapat tiga jenis *skylight* berdasarkan fungsinya, yaitu *ventilating skylight*, dapat dibuka agar udara dapat masuk, biasanya dipasang pada kamar mandi dan dapur, *fixed skylight*, tidak dapat dibuka, hanya sebagai pencahayaan alami, dan *tubular skylight*, ukurannya lebih kecil, biasanya dipasang pada koridor rumah dan ruang yang lebih kecil sebagai pencahayaan alami. *Skylight roof* yang akan dibahas pada penulisan kali ini merupakan tipe *fixed skylight*.

Berdasarkan bentuknya, *skylight* dapat dibagi menjadi sembilan tipe. Lima tipe diantaranya lebih sering dipasang pada rumah tinggal, yaitu *flat skylight*, *round skylight*, *polygon skylight*, *pyramid skylight*, dan *dome skylight*. Empat tipe lainnya lebih sering dipasang pada bangunan berukuran besar, yaitu *hip ridge skylight*, *ridge skylight*, *lean-to skylight*, dan *barrel vault skylight*.



**Gambar 11. Contoh Tipe Skylight**

**Sumber: Skylight Industry Association, 2009, *Industry Code of Practice: Design Considerations for the Performance of Skylights, Tubular Skylights and Roof Windows*, Australia, p.2.**

### **II.2.3. Posisi dan Peletakan Skylight**

<sup>21</sup> Skylight Industry Association, 2009, *Industry Code of Practice: Design Considerations for the Performance of Skylights, Tubular Skylights and Roof Windows*, Australia, p.3.

Berikut ini merupakan beberapa macam bentuk serta peletakkan *skylight* pada bangunan.

a. *Flat Skylight*

*Skylight* berbentuk datar merupakan jenis *skylight* yang banyak digunakan, terutama pada bangunan rumah tinggal. *Skylight* ini tidak hanya dapat dipakai pada bangunan beratap datar, tetapi juga dapat diterapkan pada bangunan beratap pelana.



Gambar 12. Contoh bentuk dan penggunaan flat *skylight*

Sumber: <http://www.doubledinstallations.co.uk/image/newwinpic.png> dan [http://www.glasshouseusa.com/system/application/img/project\\_image\\_image\\_file\\_18\\_1343241756.jpg](http://www.glasshouseusa.com/system/application/img/project_image_image_file_18_1343241756.jpg), diakses tanggal 2 Februari 2015

b. *Round Skylight*

*Skylight* berbentuk bulat ini merupakan versi sederhana dari atap kubah. Oleh karena itu, *skylight* ini masih cocok digunakan pada bangunan rumah tinggal karena strukturnya masih sederhana.



Gambar 13. Contoh bentuk dan penggunaan round *skylight*

Sumber:

[http://i01.i.aliimg.com/photo/v0/1951692977/PVC\\_round\\_shape\\_window\\_pvc\\_roof\\_skylight.jpg\\_220x220.jpg](http://i01.i.aliimg.com/photo/v0/1951692977/PVC_round_shape_window_pvc_roof_skylight.jpg_220x220.jpg) dan [http://www.sunproject.com/images/gallery/skylights/lg/1\\_4-skylight-round.jpg](http://www.sunproject.com/images/gallery/skylights/lg/1_4-skylight-round.jpg), diakses tanggal 2 Februari 2015

c. *Pyramid Skylight*

*Skylight* berbentuk piramid dapat diterapkan pada area yang tidak hanya membutuhkan naungan yang besar tetapi juga menginginkan pencahayaan secara alami, seperti pada atrium, teras dalam, lorong, dan tempat perlindungan dari cuaca lainnya.



**Gambar 14. Contoh bentuk dan penggunaan pyramid skylight**  
 Sumber: <http://roof-maker.co.uk/wp-content/uploads/wppa/1.jpg> dan  
[http://www.solarinnovations.com/wp-content/uploads/2010/12/pyramid\\_skylights1.gif](http://www.solarinnovations.com/wp-content/uploads/2010/12/pyramid_skylights1.gif),  
 diakses tanggal 2 Februari 2015

*d. Polygon Skylight*

*Skylight* berbentuk poligon ini mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan *skylight* berbentuk piramid. Perbedaannya hanya terletak pada jumlah rusuk yang membentuknya.



**Gambar 15. Contoh bentuk dan penggunaan polygon skylight**  
 Sumber: [http://www.skylites.com/upload/Structures/SCAN\\_017.jpg](http://www.skylites.com/upload/Structures/SCAN_017.jpg) dan  
[http://www.ribaproductselector.com/ImageHandler.ashx?image=/docs/3/13633/external/ima  
 ges/Xtralite-PitchedPolygon.jpg](http://www.ribaproductselector.com/ImageHandler.ashx?image=/docs/3/13633/external/images/Xtralite-PitchedPolygon.jpg), diakses tanggal 2 Februari 2015

*e. Dome Skylight*

*Dome skylight* berbentuk setengah bola atau lebih dikenal dengan atap kubah. Biasa diterapkan pada bangunan masjid, tetapi tak menutup kemungkinan apabila diterapkan pada bangunan publik atau rumah tinggal.

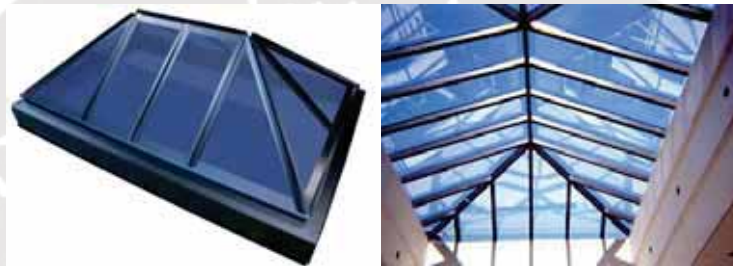


**Gambar 16. Contoh bentuk dan penggunaan dome skylight**  
 Sumber: [http://sky-  
 techglazing.com/photogallery/custom%20photos%20&%20details/MTO%20DOME%20OU  
 TSIDE.jpg](http://sky-techglazing.com/photogallery/custom%20photos%20&%20details/MTO%20DOME%20OUTSIDE.jpg) dan <http://blog.commercials skylightrepair.com/wp->

content/uploads/2013/04/weber-interior-skylight-672x372.jpg, diakses tanggal 2 Februari 2015

f. *Hip Ridge Skylight*

*Skylight* berbentuk prisma ini menawarkan efek yang sama dengan *skylight* berbentuk piramida dalam bukaan persegi. Biasanya diterapkan pada bangunan beratap datar.



Gambar 17. Contoh bentuk dan penggunaan hip ridge skylight

Sumber: <http://www.savantmetals.com/Products%20Images/Skylights/Ridge-Skylight--sm.gif> dan <http://www.lane-aire.com/images/hipridge4.jpg>, diakses tanggal 2 Februari 2015

g. *Ridge Skylight*

*Skylight* berbentuk pelana ini dirancang untuk dapat dengan mudah diterapkan pada atap bangunan dimana pencahayaan alami dan estetis dikombinasikan untuk membuat *skylight* ini menjadi bagian dari atapnya. *Skylight* ini dipasang tepat pada puncak bubungan atap.



Gambar 18. Contoh bentuk dan penggunaan ridge skylight

Sumber: <http://www.thewindowanddoorshoppe.com/wp-content/uploads/2013/07/Ridge-Skylight-12.jpg> dan <http://www.aiaindustries.com/images/headers/ridge-skylights.jpg>, diakses tanggal 2 Februari 2015

h. *Lean-to Skylight*

*Skylight* berbentuk miring ini merupakan teknik yang memungkinkan arsitek untuk memasang *skylight* pada tempat yang landai atau di sebelah luar keliling bangunan. Cocok diterapkan pada bangunan yang sangat membutuhkan cahaya matahari di dalamnya, seperti rumah kaca.





**Gambar 19.** Contoh bentuk dan penggunaan lean-to-skylight

Sumber: <http://www.livingdaylight.co.uk/images/RCHDSN3-Fixed-Laylight.jpg> dan <http://ralphshomeimprovements.com/wp-content/uploads/2011/09/Skylight-Tam-Lean-To-fixed-basement.jpg>, diakses tanggal 2 Februari 2015

i. *Barrel Vault Skylight*

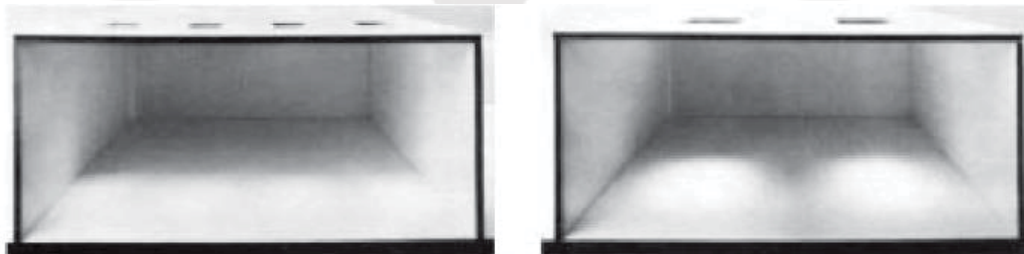
*Skylight* ini berbentuk kubah yang memanjang seperti tong panjang yang dipotong setengah secara melintang. Biasanya diterapkan pada area yang terlalu besar bagi atap kubah.



**Gambar 20.** Contoh bentuk dan penggunaan barrel vault skylight

Sumber: [http://www.royalite-mfg.com/assets/skylights/skylight-gallery/barrel-vault-skylight/barrel-vault-skylight\\_4.jpg](http://www.royalite-mfg.com/assets/skylights/skylight-gallery/barrel-vault-skylight/barrel-vault-skylight_4.jpg) dan <http://www.pakistansafetyglass.com.pk/psg/images/projects/Skylights/barrel-vault-big.jpg>, diakses tanggal 2 Februari 2015

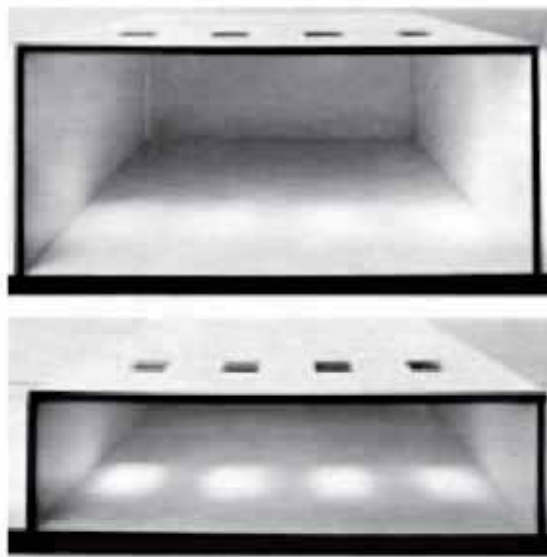
Jarak antar *skylight* dapat berpengaruh pada keseragaman distribusi cahaya alami yang masuk dalam ruang.



**Gambar 21.** Efek Pencahayaan akibat jarak antar skylight

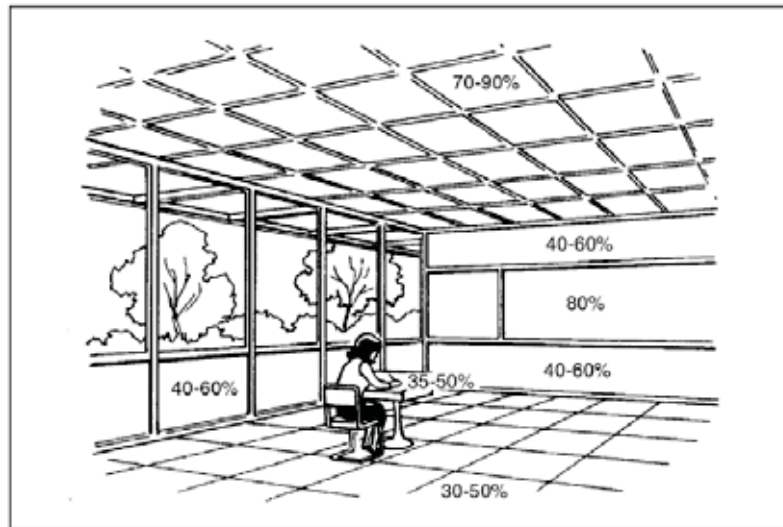
Sumber: Energy Design Resources, 2014, *Guidebook Volume II The High Performance Building Process: Skylighting Design Guidelines*, California, p.14.

Pada jarak yang sama antar *skylight*, posisi langit-langit yang lebih tinggi akan menghasilkan tingkat iluminasi yang lebih merata pada area kerja (gambar atas). Langit-langit yang lebih rendah menunjukkan area yang lebih gelap di antara area-area terang di bawah *skylight* (gambar bawah).



**Gambar 22. Efek Distribusi Cahaya akibat perbedaan ketinggian langit-langit**  
Sumber: Energy Design Resources, 2014, *Guidebook Volume II The High Performance Building Process: Skylighting Design Guidelines, California*, p.22.

Permukaan utama ruang sebaiknya berwarna putih atau sangat terang untuk memantulkan cahaya sebanyak mungkin. Warna-warna yang lebih gelap dapat digunakan pada permukaan yang lebih kecil di mana distribusi cahaya tidak terlalu diutamakan.



**Gambar 23. Persentase Reflektansi Permukaan Ruang**  
 Sumber: Energy Design Resources, 2014, *Guidebook Volume II The High Performance Building Process: Skylighting Design Guidelines*, California, p.22.

#### II.2.4. Keuntungan dan Kendala dalam Penggunaan *Skylight* di Iklim Tropis

Beberapa keuntungan dan kendala dalam penggunaan skylight di iklim tropis antara lain sebagai berikut. Jendela pada bagian atas bangunan, seperti *clerestory* atau pencahayaan atap dapat mengurangi resiko adanya gangguan dari pengguna maupun benda. Pencahayaan atap dapat mendistribusikan cahaya matahari secara lebih luas. Baik *clerestory* maupun *skylight* berpotensi menjadi sumber silau. Pencahayaan atap berpotensi silau lebih kecil daripada jendela samping. Maka kedua jenis pencahayaan ini sebaiknya diletakkan jauh dari area permainan pada ruang yang digunakan untuk olahraga.

### II.3 *PERFORATED METAL* UNTUK PENCAHAYAAN ALAMI

Penggunaan *perforated metal* di dalam desain pencahayaan alami telah banyak diaplikasikan, baik itu sebagai pembayang, elemen fasad, *sun screen*, dan lain-lain. Namun baru sedikit penelitian yang dilakukan untuk meneliti seberapa efektifnya digunakan sebagai elemen desain pencahayaan alami, misalnya pada

penelitian yang dilakukan oleh David Appelfeld<sup>22</sup> (2012) telah meneliti *perforated metal* sebagai *sun shading*.

### II.3.1. Pengertian dan Fungsi *Perforated metal*

Secara umum, lembaran *perforated metal* dapat digunakan untuk berbagai macam fungsi, di antaranya sebagai pembatas ruang dengan AC dan penghalang atau sekat antar ruang, pembayang atau pelindung dari sinar matahari, atau panel tembus pandang pada dinding atau plafon, mereduksi suara dan bising, sebagai pelapis fasad, alat filter sistem, alat pendingin atau pemanas, elemen mesin, tempat duduk publik, dan lain-lain.



**Gambar 24.** Contoh aplikasi *perforated metal* sebagai elemen plafon ruang  
Sumber: *Perforated metal Made to Measure – Individual and Fast*, SCHAFER *Perforated metal Catalogue 2014*.

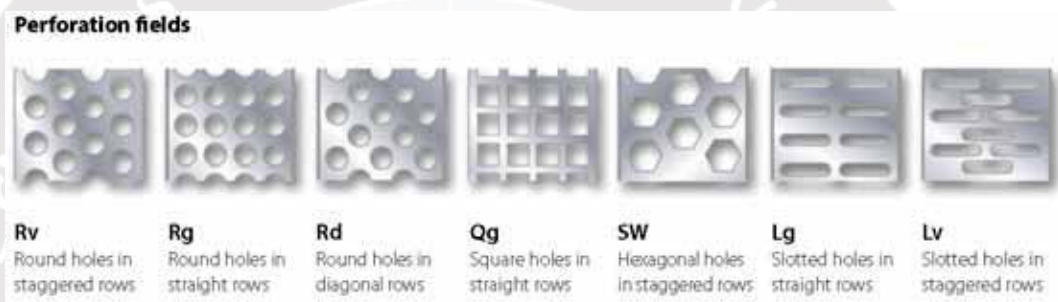


**Gambar 25.** Contoh aplikasi *perforated metal* sebagai elemen pembayang atau pelindung dari sinar matahari  
Sumber: *Perforated metal Made to Measure – Individual and Fast*, SCHAFER *Perforated metal Catalogue 2014*.

<sup>22</sup> Appelfeld, David et al., 2012, *An Hourly-Based Performance Comparison of an Integrated Micro-Structural Perforated Shading Screen with Standard Shading Systems*, Energy and Buildings 2012.03.038.

*Perforated metal* dapat dibedakan dalam beberapa macam jenis berdasarkan spesifikasinya, antara lain:

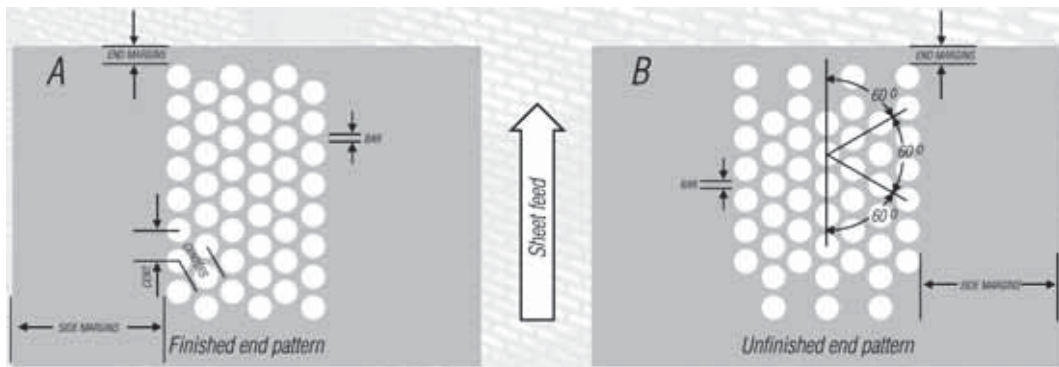
- Material: material yang tersedia biasanya berupa carbon steel, pre-galvanized steel, aluminium, dan stainless steel. Material ini dapat dibedakan berdasarkan ukuran atau ketebalannya.
- Bentuk lubang: bundar, persegi, persegi panjang, segilima, dan bentuk alur.



**Gambar 26. Bentuk lubang perforasi pada *perforated metal***

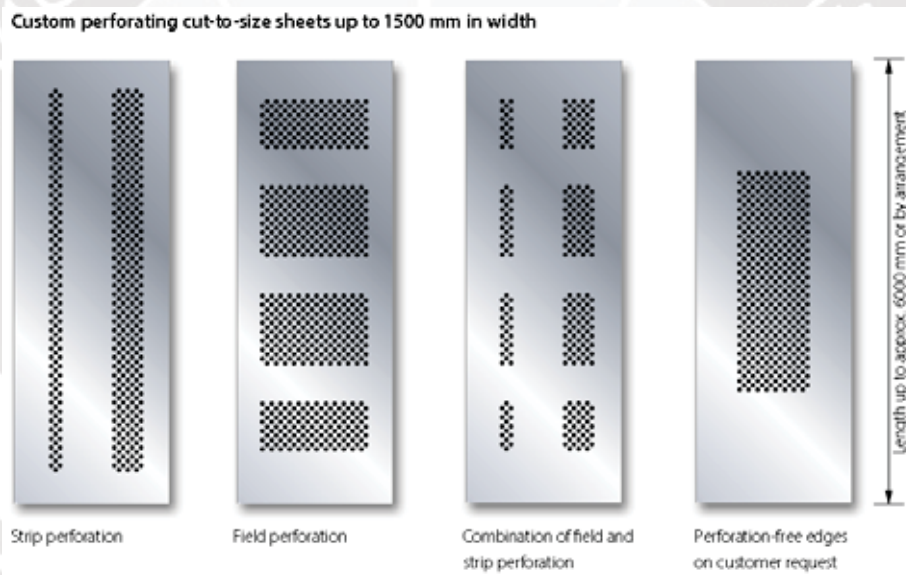
**Sumber: *Perforated metal Made to Measure – Individual and Fast, SCHAFER Perforated metal Catalogue 2014.***

- Pola lubang-lubang perforasi: *staggered* (distribusi perforasi dalam pola segitiga membentuk sudut  $45^\circ$  atau  $60^\circ$  ketika tiga lubang berdekatan disatukan dalam satu garis lurus) atau garis lurus; untuk bentuk alur, *side staggered* (distribusi perforasi dimana sisi dari pola perforated dapat membentuk segitiga) atau *end staggered* (distribusi perforasi dimana tepi dari pola perforated dapat membentuk segitiga).
- Margin: *end margins* (area yang tidak perforated ada pada bagian tepi atau sisi yang pendek dari lembaran) atau *side margins* (area yang tidak perforated ada pada bagian samping atau sisi yang panjang dari lembaran).



Gambar 27. Margin pada *perforated metal*

Sumber: *Perforated metal Made to Measure – Individual and Fast*, SCHAFER *Perforated metal Catalogue 2014*.



Gambar 28. Pola Perforasi pada *perforated metal*

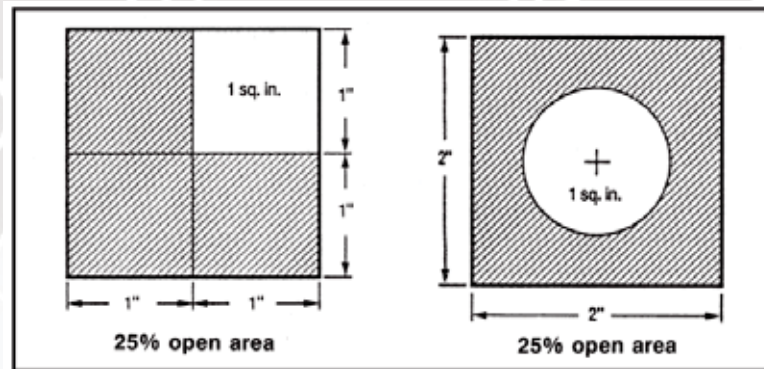
Sumber: *Perforated metal Made to Measure – Individual and Fast*, SCHAFER *Perforated metal Catalogue 2014*.

### II.3.2. Keuntungan dan Kendala Penggunaan *Perforated metal*

Penggunaan *perforated metal* sebagai desain pencahayaan alami dapat memberi keuntungan antara lain dapat mereduksi sinar matahari yang masuk ke dalam ruang, massa material cenderung ringan, bentuk, besar dan proporsi *perforated metal* mudah disesuaikan menurut kebutuhan. Namun beberapa kendala yang terjadi dengan pemanfaatan *perforated metal* jika digunakan sebagai sun shading pada jendela, dapat menghalangi *view* ke luar ruang.

### II.3.3. Perhitungan Persentasi Ruang Terbuka pada *Perforated metal*

Persentasi ruang terbuka pada *perforated metal* merupakan perbandingan antara area void dan area masif yang disusun membentuk lembar *perforated*. Gambaran mengenai persentasi ruang terbuka pada *perforated metal* dapat ditunjukkan melalui gambaran sebagai berikut.



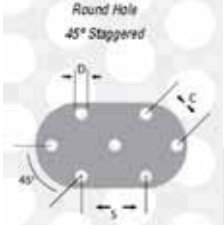
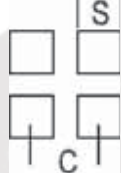
Gambar 29. Persentasi ruang terbuka pada *perforated metal*

Sumber: Technical Group, J&L Fiber Services, 2007, "A Basic Guide to Open Area for Screen Plate/Cylinder Selection" dalam *Optima Technical Buletin* Volume VI Number 3.

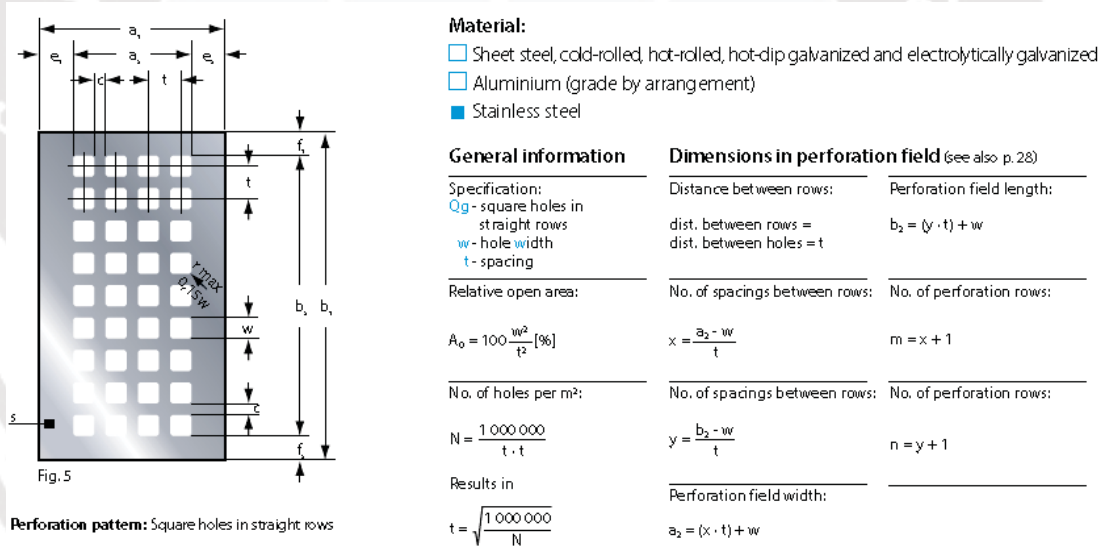
Persentasi ruang terbuka *perforated metal* dapat dihitung melalui rumus perhitungan yang dibedakan berdasarkan bentuk dan susunan lubang perforasi sebagai berikut.

Tabel 4. Rumus perhitungan persentasi ruang terbuka pada *perforated metal*

Pola perforasi	Rumus perhitungan persentasi ruang terbuka
<p>Round Hole 60° Staggered</p>	$\frac{D^2 \times 90.69}{C^2} = \%$
<p>Round Hole Rectangular Distribution</p>	$\frac{D^2 \times 78.54}{C^2} = \%$

Pola perforasi	Rumus perhitungan persentasi ruang terbuka
	$\frac{D^2 \times 157.08}{S^2} = \%$
	$\frac{S^2 \times 100}{C^2} = \%$

Sumber: *Perforated metal Made to Measure – Individual and Fast*, SCHAFER *Perforated metal Catalogue 2014*.



Gambar 30. Contoh Spesifikasi *Perforated Metal*

Sumber: *Perforated metal Made to Measure – Individual and Fast*, SCHAFER *Perforated metal Catalogue 2014*.

### II.3.4. Pelepasan Radiasi Panas Matahari melalui *Perforated metal*

Material *perforated metal* yang bersifat konduktor dapat meneruskan masuknya panas matahari dari bukaan transparan (jendela atau *skylight*) ke dalam ruang. Tetapi jika diletakkan sebagai penghalang sinar matahari, *perforated metal* ini juga dapat menahan panas matahari agar dapat tertahan di dalam ruang antara *perforated metal* dan bukaan. Sebagai *shading*, *perforated metal* dapat mengurangi



beban pendinginan sebesar 20-30% dibandingkan jika menggunakan jendela tanpa menggunakan *shading* (David Appelfeld, 2012).

Pada studi kasus Student Center UAJY pelepasan radiasi panas dari sinar matahari melalui *perforated metal* dapat diabaikan karena tinggi ruang yang relatif tinggi yaitu sekitar 9 meter. Karena sifat udara panas yang lebih ringan daripada udara dingin, fenomena yang dapat terjadi yaitu panas dari *skylight* yang masuk ke dalam ruang akan ditahan oleh *perforated metal* di bawahnya sehingga pengguna ruang tidak akan mengalami dampak dari panas matahari yang masuk melalui *skylight*.

### **II.3.5. Preseden Penggunaan *Perforated metal* dalam Desain Pencahayaan Alami**

*Perforated metal* sudah banyak diterapkan pada desain pencahayaan alami. *Perforated metal* dalam desain pencahayaan alami biasanya diletakkan sebagai elemen pembayang, plafon, dan dinding. Fungsi utamanya yaitu sebagai mengurangi silau dan tingkat terang sinar matahari yang masuk ke dalam ruang. Selain itu *perforated metal* pada desain pencahayaan juga digunakan untuk menimbulkan efek pencahayaan khusus seperti gambar di bawah ini.



**Gambar 31. Contoh aplikasi *perforated metal* pada desain pencahayaan alami dalam ruang**  
**Sumber: <http://www.10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/files/2012/11/008.jpg>,  
<http://www.dezeen.com/2011/12/22/housing-hatert-by-24h-architecture/>,  
<http://flodeau.com/2012/03/studio-guilherme-torres-studio-gt-sp/>, dan  
<http://www.archdaily.com/139376/it-incubators-symbiosis-designs-ltd/01-it-incubators/>,  
diakses tanggal 10 September 2014**