

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1. Pengertian Bangunan Hijau

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 8 Tahun 2010, bangunan ramah lingkungan (green building) adalah suatu bangunan yang menerapkan prinsip lingkungan dalam perancangan, pembangunan, pengoperasian, dan pengelolaannya dan aspek penting penanganan dampak perubahan iklim.

Menurut Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 38 Tahun 2012, bangunan gedung hijau adalah bangunan gedung yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan sumber daya efisien dari sejak perencanaan, pelaksanaan konstruksi, pemanfaatan, pemeliharaan, sampai dekonstruksi.

Menurut GBCI, bangunan hijau adalah bangunan baru yang direncanakan dan dilaksanakan atau bangunan sudah terbangun yang dioperasikan dengan memperhatikan faktor-faktor lingkungan/ekosistem dan memenuhi kinerja; bijak guna lahan, hemat air, hemat energi, hemat bahan kurangi limbah, kualitas udara dalam ruangan.

Dalam Greenship sebagai sistem rating yang telah disusun oleh GBCI terdapat enam kategori yang menjadi nilai suatu bangunan dapat dikatakan green building, yaitu :

1. Tepat Guna Lahan
2. Efisiensi dan Konservasi Energi
3. Konservasi Air
4. Sumber dan Siklus Material
5. Kualitas Udara dan Kenyamanan Udara Dalam Ruang
6. Manajemen Lingkungan Bangunan

Sehingga dapat disimpulkan bahan bangunan hijau adalah pembangunan yang berbasis pada keseimbangan alam untuk mendapatkan bangunan yang sehat dan nyaman sekaligus hemat energi dari perancangan, pembangunan dan penggunaan material yang berdampak terhadap lingkungan sangat minim. Dan dalam penelitian ini

penulis akan mengevaluasi gedung LPPT UGM pada poin dua yaitu Efisiensi dan Konservasi Energi.

2.2. Efisiensi dan Konservasi Energi

Menurut International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (1980), Konservasi merupakan manajemen pemanfaatan biosfer oleh manusia yang memberikan keuntungan besar dan dapat di perbaharui untuk generasi-generasi di masa yang akan datang (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 1980). Sedangkan energi diartikan sebagai tenaga atau daya kekuatan untuk berbuat sesuatu. Sehingga konservasi energi sendiri didefinisikan sebagai kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan jelas tanpa mengurangi penggunaan energi yang benar-benar diperlukan untuk menunjang pembangunan nasional. Penggunaan energi yang tepat sesuai kebutuhan akan menurunkan biaya energi yang dikeluarkan (hemat energi, hemat biaya).

Dalam Peraturan Pemerintah RI No. 70 Tahun 2009, konservasi energi adalah upadaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Ada banyak motivasi untuk meningkatkan efisiensi energi. Mengurangi penggunaan energi mengurangi biaya energi dan dapat menghasilkan penghematan biaya keuangan kepada konsumen, apabila penghematan energi mengimbangi biaya tambahan menerapkan teknologi hemat energi. Mengurangi penggunaan energi juga dipandang sebagai solusi untuk masalah mengurangi emisi karbon dioksida. Menurut Badan Energi Internasional, meningkatkan efisiensi energi di gedung-gedung, industri dan transportasi dapat mengurangi kebutuhan energi dunia pada tahun 2050 dengan sepertiga dan akan membantu mengendalikan emisi global gas rumah kaca.

Efisiensi energi dan energi terbarukan dikatakan pilar kembar kebijakan energi yang berkelanjutan dan merupakan prioritas tinggi dalam hirarki energi yang berkelanjutan. Di banyak negara efisiensi energi juga terlihat memiliki manfaat keamanan nasional karena bisa digunakan untuk mengurangi tingkat impor energi dari

luar negeri dan dapat memperlambat tingkat di mana sumber daya energi dalam negeri yang akan habis.

2.3. Selubung bangunan

Menurut Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012) Selubung bangunan terdiri dari komponen tak tembus cahaya (misalnya dinding) dan sistem fenestrasi atau komponen tembus cahaya (misalnya jendela) yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luar. Selubung bangunan memberikan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi dll. Selubung bangunan memiliki peran penting dalam mengurangi konsumsi energi untuk pendinginan dan pencahayaan. Pada bangunan gedung bertingkat menengah dan tinggi, luas dinding jauh lebih besar daripada luas atap. Oleh karena itu, perancangan selubung bangunan vertikal, terutama jendela, harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari masuknya panas ke dalam bangunan secara berlebihan.

Selubung bangunan memiliki peran penting dalam menjawab masalah iklim dan penghematan energi, seperti radiasi matahari, hujan, kecepatan angin, tingginya kelembaban serta pemanfaatan potensi alam antara lain dengan memanfaatkan cahaya alami untuk penerangan ruang serta penghawaan alami baik melalui dinding maupun atap, serta memilih material yang memiliki perambatan panas relatif kecil. Faktor panas yang berasal dari luar bangunan akan masuk kedalam ruang melalui selubung bangunan, baik melalui dinding maupun atap yang merupakan beban pendingin yang harus dinetralisir oleh sistem pendingin (AC) dengan menggunakan energi.

Selubung bangunan untuk Indonesia (daerah tropis) mempunyai karakteristik tersendiri dan mempunyai SNI tahun 2011 berjudul Konservasi Energi Pada Selubung Bangunan. Dalam SNI tersebut terdapat beberapa kriteria khusus yaitu :

1. Standar SNI selubung bangunan tahun 2011 berlaku untuk komponen dinding (termasuk jendela) dan atap pada bangunan yang dikondisikan. Bangunan yang dikondisikan umumnya menggunakan Air Conditioning (AC/tata udara), oleh

karena itu semakin kecil perpindahan panas kedalam bangunan maka akan memperkecil beban pendingin sehingga akan menghemat energi.

2. Berdasarkan SNI tersebut ditetapkan perolehan panas radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi harga perpindahan panas menyeluruh (OTTV) yaitu 45 Watt/m². Meskipun untuk negara-negara ASEAN lain tahun 2003 menetapkan OTTV adalah 20 Watt/m²

2.4. Overall Thermal Transfer Value

Dalam SNI 03-6389-2000 Overall Thermal Transfer Value adalah angka yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk selubung bangunan yang dikondisikan. Selubung bangunan yang dimaksudkan adalah elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding luar dan jendela tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut. Standar nilai OTTV maksimum adalah 45 watt/m². Terdapat batasan dalam perhitungan OTTV yaitu, tidak terhitungnya perangkat peneduh internal, pengaruh bangunan terhadap refleksi matahari atau bayangan dari bangunan yang bedekatan, dan perolehan panas dari atap. Untuk menghitung OTTV dapat dengan kalkulator yang dapat ditemui dalam website <https://greenbuilding.jakarta.go.id> maupun dengan perhitungan manual. Berikut merupakan rumus perhitungan manual OTTV.

Nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, harus dihitung melalui persamaan :

$$OTTV = \alpha \cdot [(U_w \times (1 - WWR))] \times TDEK + (SC \times WWR \times SF) + U_f \times WWR \times \Delta T$$

Keterangan :

OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (watt/m²)

α = Absorbtansi radiasi matahari

U_w = Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m².K)

WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan

TDEK = Beda temperatur ekuivalen (K)

- SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi
 SF = Faktor radiasi matahari (W/m²)
 Uf = Transmittansi termal fenestrasi (W/m².K)
 ΔT = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5K)

Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$OTTV = \frac{(A_{o1} \times OTTV_1) + (A_{o2} \times OTTV_2) + \dots + (A_{oi} \times OTTV_i)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{oi}}$$

Keterangan :

A_o, = Luas dinding pada bagian dinding luar i (m²). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut

OTTV_i, = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai OTTV merupakan variabel yang berperan penting dan langsung didalam formulasi penghitungan besar nilai OTTV. Adapun variabel tersebut akan dijelaskan satu persatu sebagai berikut.

1. Absorbtansi Termal (α)

Nilai absorbtansi termal (α) untuk beberapa jenis permukaan dinding tak tembus cahaya dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 2.1. Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tak tembus cahaya

Bahan Dinding Luar	α
Beton Berat	0,91
Beton Merah	0,89
Beton Ringan	0,86
Kayu Permukaan Halus	0,78
Beton Ekspos	0,61

Ubin Putih	0,58
Bata Kuning Tua	0,56
Atap Putih	0,50
Seng Putih	0,26
Bata Gelazur Putih	0,25
Lembaran Alumunium yang dikilapkan	0,12

Sumber : SNI 03-6389-2000

Tabel 2.2. Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar

Cat Permukaan Dinding Luar	α
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu-abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam	0,90
Coklat tua	0,88
Abu-abu / biru tua	0,88
Biru / hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau	0,79
Hijau medium	0,59
Kuning Medium	0,58
Hijau / biru medium	0,57
Hijau muda	0,47
Putih semi kilap	0,30
Putih kilap	0,25
Perak	0,25
Pernis putih	0,21

Sumber : SNI 03-6389-2000

2. Beda temperatur ekuivalen (Equivalent Temperature Difference = TDEk) beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya. Beda temperatur ekuivalen (TDEk) dipengaruhi oleh :
- Tipe, massa dan densitas konstruksi
 - Intensitas radiasi dan lamanya penyinaran
 - Lokasi dan orientasi bangunan
 - Kondisi perancangan

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, nilai TDEk untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3. TDEk untuk dinding

Berat (kg/m ²)	TDEk
Kurang dari 125	15
126-195	12
Lebih dari 195	10

Sumber : SNI 03-6389-2000

3. Faktor radiasi matahari (Solar Factor = SF) laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. Faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Untuk bidang vertikal pada berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.4. Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) untuk berbagai orientasi

Orientasi	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	234	211

Sumber : SNI 03-6389-2000

Keterangan :

Rata-rata untuk seluruh orientasi SF = 147

- U = Utara
TL = Timur Laut
T = Timur
TG = Tenggara
S = Selatan
BD = Barat Daya
B = Barat
BL = Barat Laut

4. Fenestrasi

Bukaan pada selubung bangunan. Fenestrasi dapat berlaku sebagai hubungan fisik dan/atau visual ke bagian luar gedung, serta menjadi jalan masuk radiasi matahari. Fenestrasi dapat dibuat tetap atau dibuat dapat dibuka.

5. Koefisien peneduh (Shading Coefficient = SC)

Angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama. Elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut. Koefisien peneduh tiap sistem fenestrasi dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran sc kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi :

$$SC = SCK \times SCEf$$

Keterangan :

- SC = koefisien peneduh system fenestrasi
SCK = koefisien peneduh kaca
SCEf = koefisien peneduh efektif alat peneduh

Angka koefisien peneduh kaca didasarkan atas nilai yang dicantumkan oleh pabrik pembuatnya, yang ditentukan berdasarkan sudut datang 450 terhadap

garis normal. Berdasarkan data pabrik pembuat adalah $SCk = 0,5$. Pengaruh tirai dan atau korden di dalam bangunan gedung, khususnya untuk perhitungan OTTV, tidak termasuk yang diperhitungkan.

6. Luas permukaan selubung bangunan

Luas permukaan selubung bangunan terutama pada pemahaman WWR (Wall to Window Ratio) sangat berperan dalam penghitungan OTTV karena berkaitan dengan besarnya luas paparan radiasi panas yang diterima pada bangunan.

2.5. Pencahayaan Alami

Menurut Dora, P dan Nilasari (2011) Pencahayaan alami adalah pemanfaatan cahaya yang berasal dari benda penerang alam seperti matahari, bulan, dan bintang sebagai penerang ruang. Karena berasal dari alam, cahaya alami bersifat tidak menentu, tergantung pada iklim, musim, dan cuaca. Diantara seluruh sumber cahaya alami, matahari memiliki kuat sinar yang paling besar sehingga keberadaannya sangat bermanfaat dalam penerangan dalam ruang. Cahaya matahari yang digunakan untuk penerangan interior disebut dengan daylight.

Menurut SNI-03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada bangunan gedung, disebutkan bahwa Pencahayaan Alami Siang Hari dapat dikatakan baik apabila:

1. Pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat, terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan.

Menurut Atthaillah, dkk (2017) Tingkat pencahayaan alami untuk Indonesia yang berada pada garis Khatulistiwa adalah sebesar 10.000 lux yang telah disesuaikan dengan ketentuan perhitungan pencahayaan alami pada kondisi langit dalam SNI 03-2396 (2001). Untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini berasal dari keadaan langit yang merata terangnya (uniform luminance distribution).

Daylight factor merupakan rasio tingkat pencahayaan didalam ruangan dengan diluar ruangan (lapangan terbuka) dalam satuan persentase, sehingga faktor pencahayaan alami dapat di hitung melalui persamaan :

$$DF = E_{in} / E_{ext} \times 100\%$$

Keterangan :

DF = Daylight Factor (%)

E_{in} = Tingkat pencahayaan di dalam ruang (lux)

E_{ext} = Tingkat pencahayaan di luar ruangan (lux)

Dibawah ini merupakan table standar tingkat pencahayaan pada SNI 03-6575-2001 dan perhitungan daylight factor (DF)

Tabel 2.5. Tingkat Pencahayaan dan Daylight Factor Ruang Lantai 1

Jenis Ruang	Tingkat Pencahayaan (lux)	Daylight Factor/DF (%)
Lab. Mat 6 (S)	500	5
Lab. Mat 5 (S)	500	5
Lab. Mat 4 (S)	500	5
Lab. Kalibrasi 1 (S)	500	5
Lab. Kalibrasi 2 (S)	500	5
Lab. Kalibrasi 3 (S)	500	5
Lab. Kalibrasi 4 (S)	500	5
Lab. Kalibrasi 5 (S)	500	5
Storage (S)	150	1.5
R. Teknisi (S)	350	3.5
R. Peneliti (S)	350	3.5
Lab. Mat 7 (S)	500	5
R. Preparasi (S)	350	3.5
R. Rapat (S)	300	3
Co Working Space	100	1
Lobby	100	1
R. Rapat (U)	300	3

R. Preparasi (U)	350	3.5
Lab. Mat 8 (U)	500	5
R. Peneliti (U)	350	3.5
R. Teknisi (U)	350	3.5
R. Sample (U)	350	3.5

Sumber : Analisis Penulis, 2019

Tabel 2.6. Tingkat Pencahayaan dan Daylight Factor Ruang Lantai 2

Jenis Ruang	Tingkat Pencahayaan (lux)	Daylight Factor/DF (%)
Lab. Chroma 4 (S)	500	5
Lab. Chroma 3 (S)	500	5
Lab. Chroma 2 (S)	500	5
Lab. Chroma 1 (S)	500	5
Storage (S)	150	1.5
R. Teknisi (S)	350	3.5
R. Peneliti (S)	350	3.5
R. Preparasi P (S)	350	3.5
R. Preparasi (S)	350	3.5
R. Rapat (S)	300	3
R. Kepala	350	3.5
R. Pengelola 1	350	3.5
R. Pengelola 2	350	3.5
R. Administrasi	350	3.5
R. Rapat 1	300	3
R. Rapat 2	300	3
Lobby	100	1
R. Rapat (U)	300	3
R. Preparasi (U)	350	3.5
Lab. Mat 14 (U)	500	5
R. Peneliti (U)	350	3.5

R. Teknisi (U)	350	3.5
Lab. 1 (U)	500	5
Lab. 2 (U)	500	5
Lab. 3 (U)	500	5
Lab. 4 (U)	500	5

Sumber : Analisis Penulis, 2019

Tabel 2.7. Tingkat Pencahayaan dan Daylight Factor Ruang Lantai 3

Jenis Ruang	Tingkat Pencahayaan (lux)	Daylight Factor/DF (%)
Lab. 1 (S)	500	5
Lab. 2 (S)	500	5
Lab. Chroma 4 (S)	500	5
R. Bahan Alam (S)	500	5
Storage (S)	150	1.5
R. Teknisi (S)	350	3.5
R. Peneliti (S)	350	3.5
R. Preparasi (S)	350	3.5
R. Rapat (S)	300	3
Pantry	250	2.5
R. Research Group 1	350	3.5
R. Pelatihan 1	350	3.5
R. Pelatihan 2	350	3.5
R. Pelatihan 3	350	3.5
R. Pelatihan 4	350	3.5
R. Research Group 2	350	3.5
R. Research Group 3	350	3.5
R. Research Group 4	350	3.5
R. Pelatihan 5	350	3.5
Lobby	100	1
R. Rapat (U)	300	3

R. Preparasi (U)	350	3.5
R. Peneliti (U)	350	3.5
R. Teknisi (U)	350	3.5
FTIR (U)	500	5
Lab. 3 (U)	500	5
Lab. 4 (U)	500	5
Lab. 5 (U)	500	5
R. Penelitian (U)	350	3.5

Sumber : Analisis Penulis, 2019

Tabel 2.8. Tingkat Pencahayaan dan Daylight Factor Ruang Lantai 4

Jenis Ruang	Tingkat Pencahayaan (lux)	Daylight Factor/DF (%)
R. Kultur 1 (S)	500	5
R. Kultur 2 (S)	500	5
Lab. 1 (S)	500	5
Lab. 2 (S)	500	5
Lab. 3 (S)	500	5
R. Teknisi (S)	350	3.5
R. Preparasi (S)	350	3.5
Storage 1	150	1.5
Storage 2	150	1.5
Lobby	100	1
R. Rapat (U)	300	3
R. Preparasi (U)	350	3.5
R. Penelitian (U)	350	3.5
R. Peneliti (U)	350	3.5
R. Teknisi (U)	350	3.5
Lab. 4 (U)	500	5
Lab. 5 (U)	500	5
Lab. 6 (U)	500	5

R. Penyimpanan (U)	350	3.5
Lab. 7 (U)	500	5
Lab. 8 (U)	500	5
Lab. 9 (U)	500	5

Sumber : Analisis Penulis, 2019

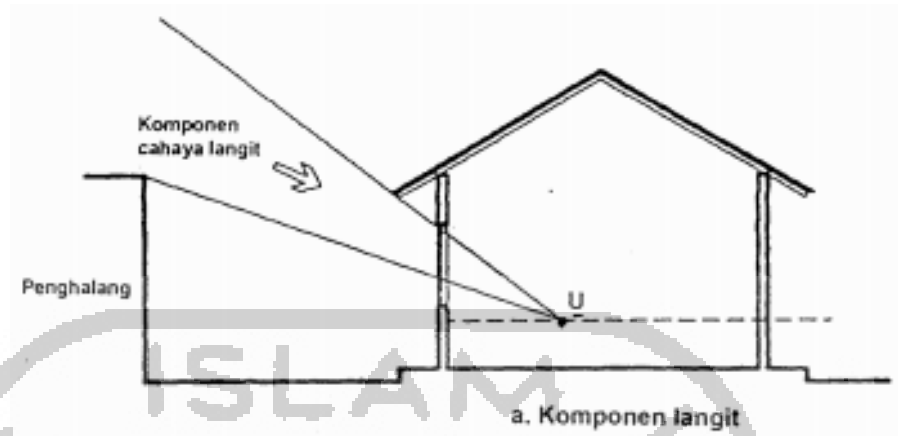
2. Distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.

Menurut SNI-03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada bangunan gedung, disebutkan Tingkat Pencahayaan Alami dalam ruang. Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh :

1. Hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya
2. Ukuran dan posisi lubang cahaya
3. Distribusi terang langit
4. Bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur

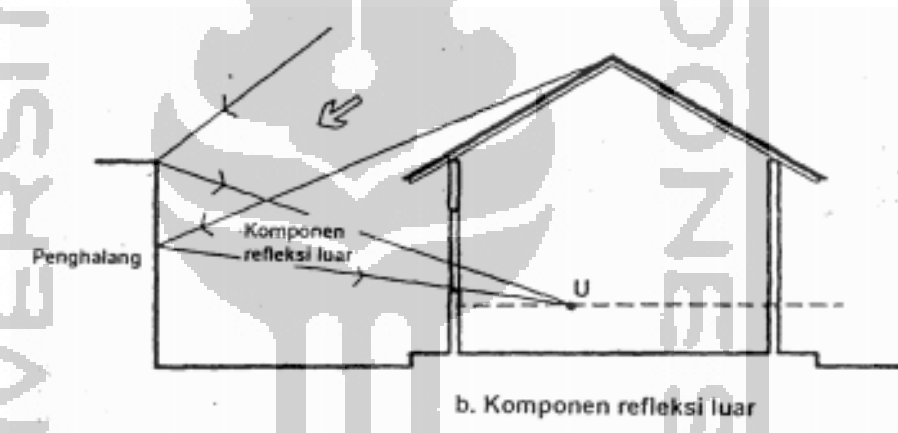
Menurut SNI-03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada bangunan gedung, disebutkan Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari. Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut :

1. Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi :
 - a. Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.



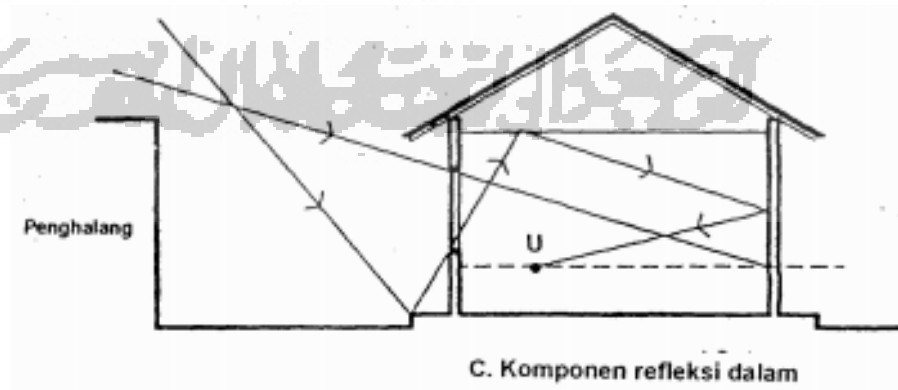
Gambar 2.1. Komponen cahaya langit yang sampai pada komponen langit

Sumber : SNI-03-2396-2001



Gambar 2.2. Komponen cahaya langit yang sampai pada komponen refleksi luar

Sumber : SNI-03-2396-2001



Gambar 2.3. Komponen cahaya langit yang sampai pada komponen refleksi dalam

Sumber : SNI-03-2396-2001

- b. Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - frl) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan
- c. Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam frd) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dan cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit (lihat gambar diatas)

