

## BAB 4

### ANALISA ARSITEKTUR HIJAU SEBAGAI PENDEKATAN KONSEP PERENCANAAN DAN PERANCANGAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai prinsip arsitektur hijau yaitu bekerja dengan memperhatikan iklim atau pengontrolan iklim mikro didalam dan di sekitar bangunan. Prinsip ini meliputi tiga pokok pembahasan yaitu, pencahayaan alami , penghawaan dan pengontrolan kelembaban dan pemanfaatan energi matahari berupa, pengolahan sinar matahari menjadi energi listrik bagi kantor biro konsultan arsitektur.

#### 4.1. Pencahayaan Alami Biro Konsultan Arsitektur

##### 4.1.1. Pencahayaan Alami

###### A. Pencahayaan alami sebagai faktor desain

Arsitektur dan cahaya adalah dua hal yang tidak terpisahkan. Begitu pentingnya sehingga Le Corbusier mendefinisikan arsitektur sebagai “permainan arif”, benar dan agung, dari gatra-gatra (volume) di dalam cahaya. Tanpa cahaya sebuah karya arsitektur tidak akan berarti apa-apa karena tanpa mendapatkan cahaya yang baik sebuah karya arsitektur tidak akan tampil dengan baik (Le Corbusier, 1923).

Pencahayaan alami adalah elemen desain yang sering digunakan para arsitek sebagai faktor penentu desain dalam karya-karyanya. Kebutuhan yang beragam akan tingkat penerangan dari pencahayaan alami pada ruangan yang berbeda dijadikan sebagai dasar pembentukan bentuk bangunan secara umum seperti untuk tata ruang dan bentuk dasar bangunan.



Gambar 4.1. Pencahayaan pada ruang studio school of architecture, Ahmedabad  
Sumber: Balkrishna Doshi, 1988

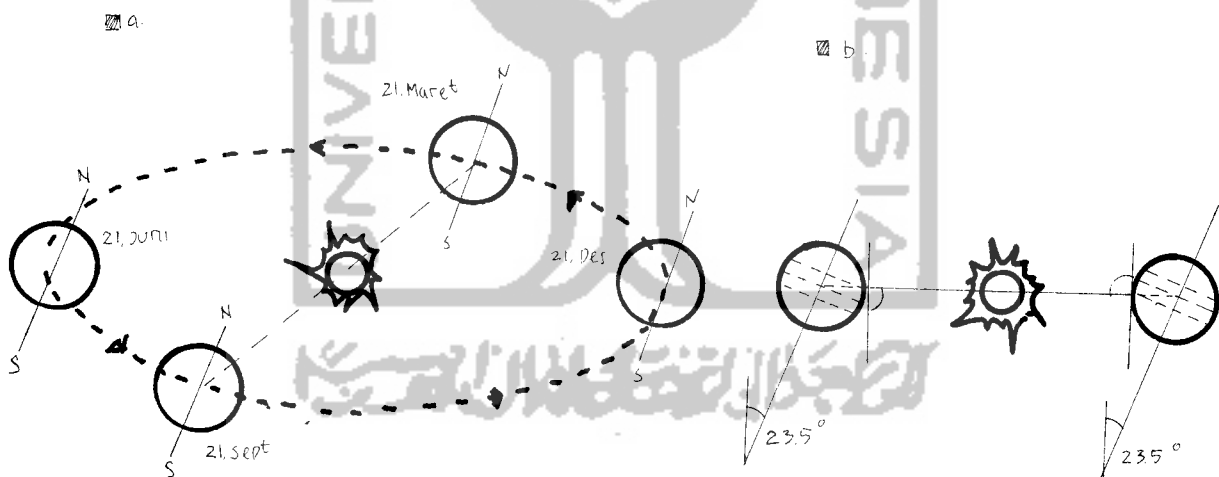
## B. Karakteristik Pencahayaan Alami

Untuk dapat memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber pencahayaan secara optimal maka perlu diketahui karakteristiknya, seperti kedudukan matahari terhadap site.

### 1. Kedudukan matahari terhadap site

Kedudukan matahari terhadap site akan mempengaruhi penerimaan cahaya siang hari oleh bangunan, terutama pada arah datang cahaya siang hari dan lamanya penyinaran. Sehingga bentuk dan orientasi bangunan haruslah memperhatikan hal tersebut agar dapat memanfaatkan cahaya siang hari secara optimal sebagai sumber cahaya.

Pertama, bergesernya kedudukan matahari terhadap bumi secara teratur setiap harinya menyebabkan arah datang cahaya siang hari yang diterima bangunan juga ikut berubah. Mengenai hal ini Evans (1980) menjelaskan bahwa bumi berputar pada sumbunya sendiri dengan kecepatan putarnya  $360^\circ$  selama 24 jam. Sementara itu bumi juga berputar mengelilingi matahari pada posisi miring sekitar  $23,5^\circ$  terhadap sumbu bumi dengan kecepatan putar  $360^\circ$  selama satu tahun. Kemiringan inilah yang menyebabkan seolah-olah matahari bergeser setiap bulannya bila dilihat dari bumi (gambar 4.2.).

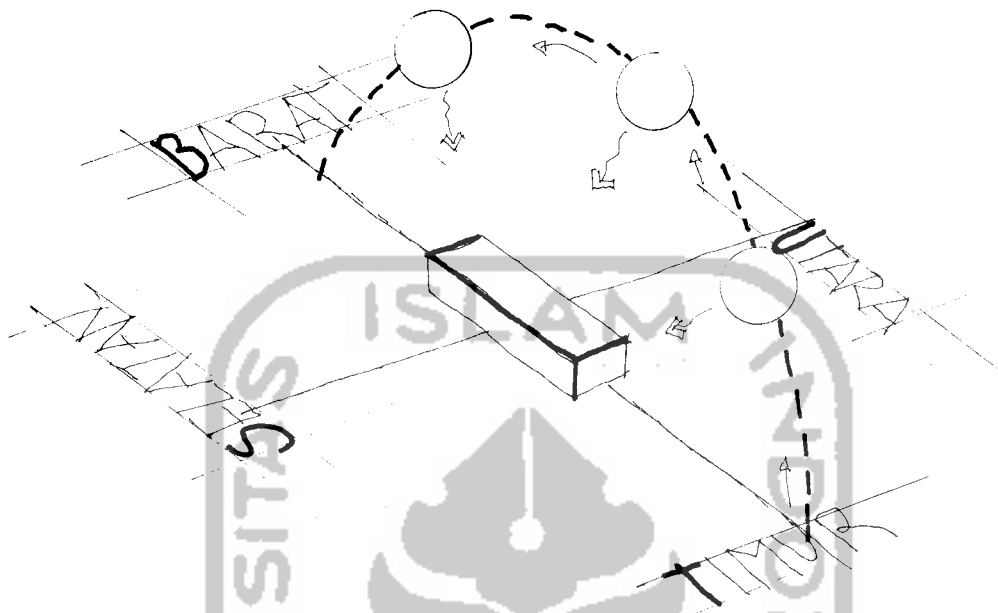


Gambar 4.2. Kedudukan bumi terhadap matahari (a) dan kemiringan bumi terhadap sumbunya (b)

Sumber: Evans, 1980



Kedua, pada daerah iklim panas lembab yang dekat dengan khatulistiwa ( $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$  LU/LS) seperti di Indonesia, matahari terbit dari timur, naik pada puncaknya kemudian tenggelam disebelah barat, sehingga intensitas radiasi tertinggi jatuh pada atap bagian barat dan penurunan radiasi sedikit rendah pada dinding bangunan pada sisi timur sehingga suhu menjadi rendah pada pagi hari.



Gambar 4.3. posisi bangunan terhadap kedudukan matahari  
Sumber: Evans, 1980

Untuk mengatasi penghindaran sinar matahari secara langsung, Evans(1980) menyarankan bentuk yang pipih memanjang pada arah barat-timur dengan bukaan pada arah utara-selatan.

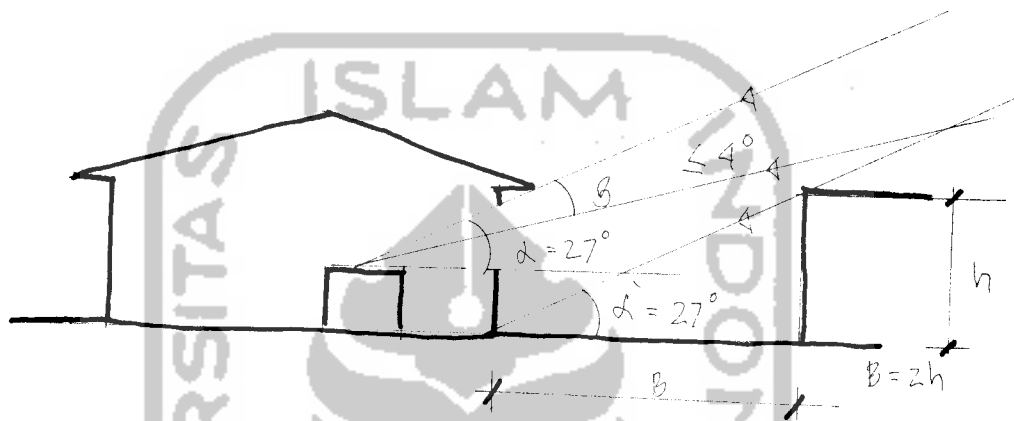
### C. Pengontrolan Pencahayaan Alami

Pengontrolan pencahayaan alami berarti upaya untuk mengatur seberapa banyak cahaya siang hari yang di perbolehkan masuk kedalam bangunan. Agar pembahasan lebih terfokus maka disusun dalam tiga tingkatan skala, yaitu kelompok bangunan, bangunan dan bagian bangunan.

#### 1. Kelompok bangunan

- a. Sudut penjarakan, cahaya siang hari dapat digunakan untuk membentuk dan mengatur jarak bangunan, guna menjamin masuknya cahaya siang terhadap jalan dan bangunan

- a. Sudut penjarakan, cahaya siang hari dapat digunakan untuk membentuk dan mengatur jarak bangunan, guna menjamin masuknya cahaya siang terhadap jalan dan bangunan yang bersebelahan. Jika penganturan jarak tidak diperhatikan saat merancang, bangunan yang bersebelahan akan menjadi gelap, tertutup bayangan bangunan penghalang. Menurut Neufert (1989) jarak yang baik untuk bangunan adalah 2 kali salah satu bangunan yang terdekat di sekitar site. Dengan begitu bangunan akan mendapat sinar dengan sudut  $27^\circ$  artinya  $4^\circ$  dari bidang kerja. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.4. Jarak antar bangunan yang ideal untuk memperhitungkan sinar masuk  
Sumber: Neufert, 1989

## 2. Bangunan

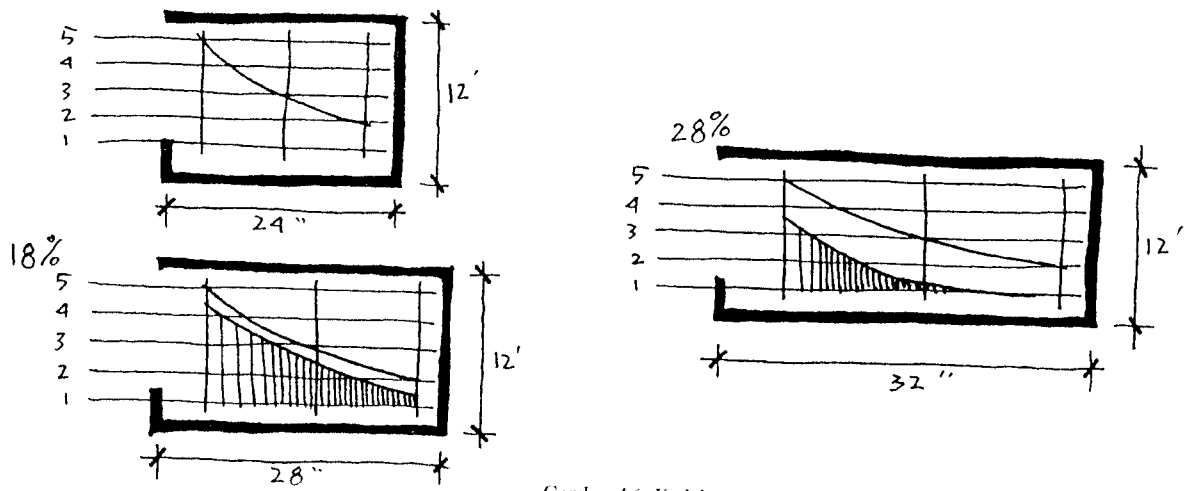
- a. Orientasi bangunan, bangunan dapat diorientasikan ke arah timur dan barat, untuk menghindari radiasi dan sinar matahari secara langsung (gambar 4.3.).
- b. Lebar bangunan, ruangan dapat diorganisasikan kedalam bangunan tipis agar tiap ruang memperoleh penerangan siang hari. Evans (1981) menyatakan bahwa banyaknya cahaya yang mencapai interior sebuah ruangan yang diterangi dari satu sisi adalah suatu fungsi dari jarak jendela, ketinggian jendela, ukuran jendela dan daya pantul dari permukaan ruangan. Sehingga lebar bangunan adalah suatu pertimbangan perancangan penting untuk menjamin ketersediaan cahaya siang hari bagi tiap ruangan dalam bangunan.

ruangan yang memberi dampak terhadap tingkat penerangan dan pengontrolan silau dan radiasi panas seperti penggunaan macam-macam perlubangan bagi bangunan.



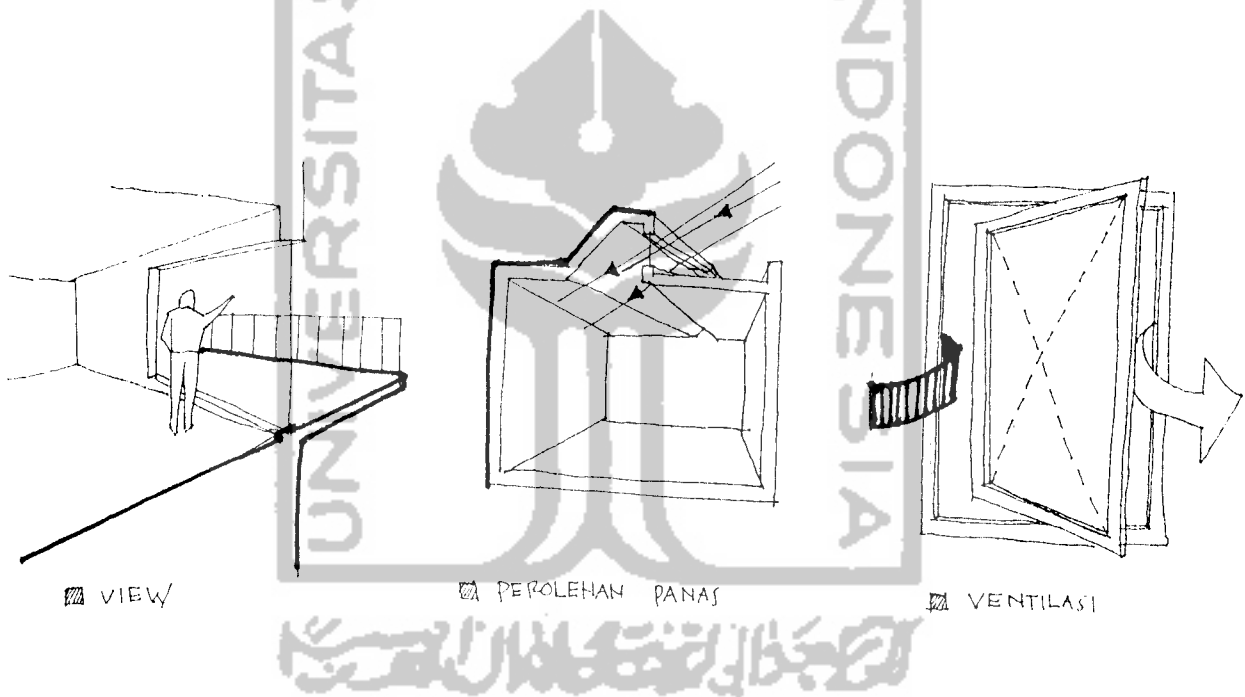
Gambar 4.5. Macam-macam perlubangan  
Sumber: Fuller, 1993.

- a. Ukuran ruangan, ukuran ruangan dan kedalaman ruangan akan mempengaruhi tingkat penerangan dan distribusi cahaya. Menurut Brown (1994) kedalaman ruang maksimum harus 2 sampai 2,5 kali ketinggian jendela guna menjaga tingkat penerangan minimum dan distribusi cahaya yang merata. Bila kedalaman ruang lebih besar dari 2,5 ketinggian jendela hal ini akan menyebabkan sebagian ruang akan menjadi gelap. Gambar 4.6. memperlihatkan kedalaman ruang dan pengurangan tingkat terang yang terjadi.



Gambar 4.6 Kedalaman ruang  
Sumber: Evans, 1994

- b. Fungsi, sebuah perlubangan dapat menghasilkan beberapa fungsi sekaligus, seperti ventilasi, perolehan panas matahari, penerangan dan pemandangan. Namun bila perlubangan hanya menghasilkan satu fungsi saja maka rancangannya tidak bisa berfungsi maksimal.

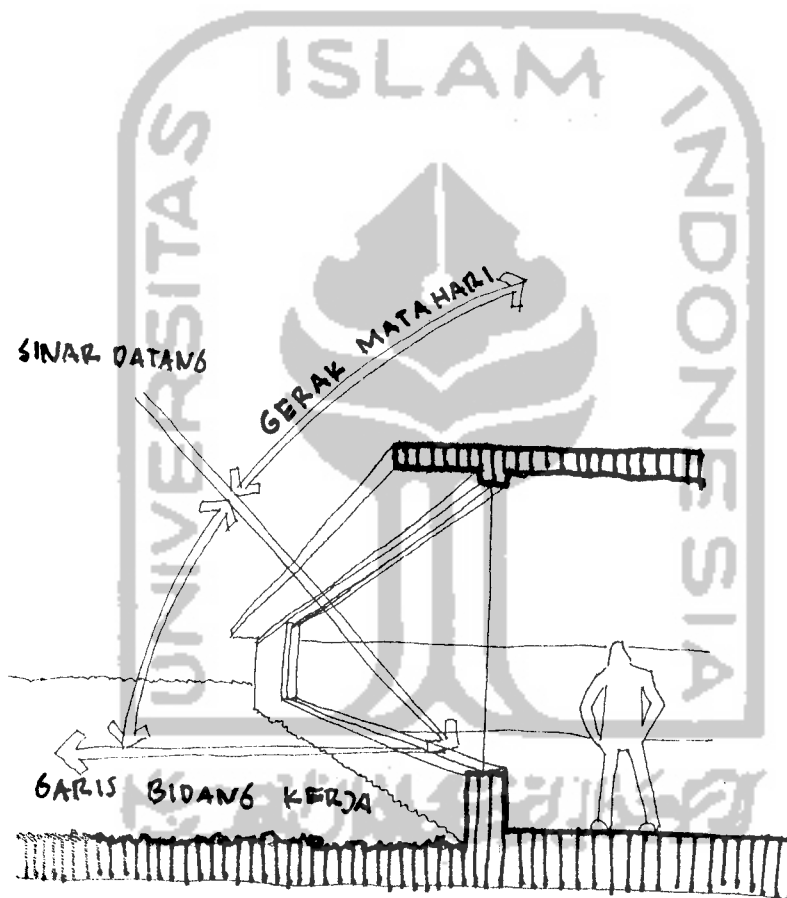


Gambar 4.7 Macam-macam fungsi perlubangan bangunan  
Sumber: Lipsmeier, 1994

- c. Jenis bukaan, di sini membahas tentang bukaan pada suatu ruangan. Untuk pembahasan ini mengemukakan tiga jenis yaitu bukaan yaitu bukaan vertikal, bukaan horizontal dan bukaan dimiringkan. Namun untuk mendapatkan variasi dari perancangan ini bisa saja ketiga bukaan ini digabungkan.

### 1) Bukaan vertikal

Cara yang paling umum untuk memasukan cahaya siang hari kedalam bangunan adalah dari samping bangunan melalui jendela. Cahaya siang hari yang diperoleh melalui jendela dapat berupa cahaya siang hari langsung maupun tidak langsung dari pantulan bangunan atau tanah di sekitar bangunan (gambar 4.8.). Selain itu tingkat penerangan yang diperoleh melalui jendela dipengaruhi oleh bentuk dan warna jendela, ukuran jendela dan ukuran ruang. Pencahayaan samping sangat dianjurkan pada kondisi bidang langit cerah.



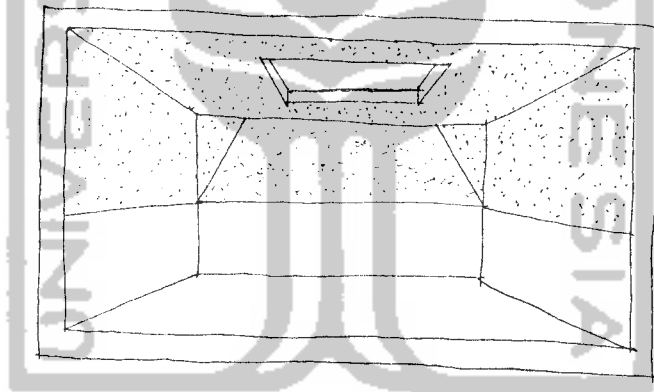
Gambar 4.8. bukaan vertikal  
Sumber: Egan, 1984

## 2) Bukaan Horizontal

Bukaan horizontal atau biasanya disebut dengan *skylight*, merupakan salah satu cara untuk memasukan cahaya matahari ke dalam ruang. Evans (1981) menyarankan agar memasukan cahaya siang hari dari tempat yang setinggi mungkin karena akan memberikan cahaya yang lembut dan akan menyebar jauh kedalam ruangan. Skylight sebagai komponen untuk memasukan sinar matahari dari bagian atas bangunan, memiliki kesempatan yang baik untuk memasukan sinar matahari dari tempat tinggi. Egan (1983) menyarankan penggunaan pencahayaan atas pada kondisi bidang langit berawan. Beberapa keuntungan pencahayaan horizontal, seperti : (1) tidak terhalang oleh pepohonan atau bangunan disekitarnya, (2) kemudahan dalam pengaturan ruang dan (3) pencahayaan yang dihasilkan lebih merata di dalam ruangan.

Dibawah ini contoh bukaan horizontal.

- Central Skylight



Gambar 4.9. Central Skylight  
Sumber : Egan, 1983

Yang perlu diketahui pada central skylight adalah pertama, jarak antar skylight tidak boleh lebih dari tinggi ruang  $H$  untuk skylight kecil dan  $2H$  untuk skylight lebar. Dan yang kedua, perlunya menghindari cahaya matahari langsung karena dapat menyebabkan efek silau.



### 3) Bukaannya yang dimiringkan

Bukaan yang dimiringkan merupakan bukaan yang menerima sinar matahari seperti yang dihasilkan oleh *skylight*. Lubang cahaya dengan permukaan miring ini merupakan piranti pencahayaan atas yang dapat menghaluskan perbandingan kecerlangan antara pandangan kelangit dan langit-langit. Salah satu arsitek yang menerapkan bukaan ini pada rancangan bangunan adalah Balkrishna Doshi (gambar 4.1.).

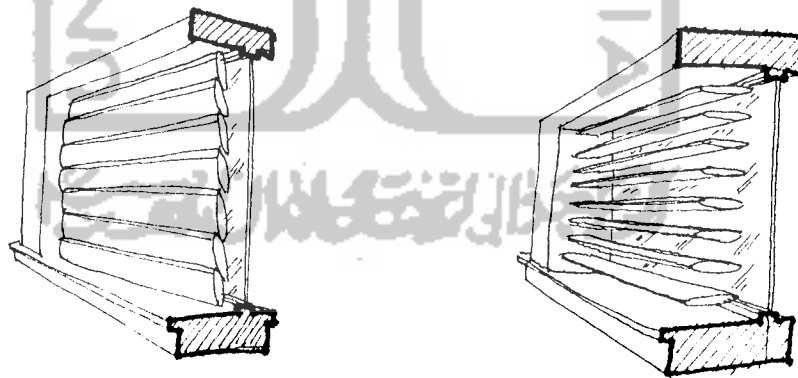
d. Kontrol silau dan radiasi panas, cahaya matahari tidak saja memberikan cahaya namun juga radiasi panas. Untuk itu perlu penyaringan agar hanya cahaya saja yang diperkenankan masuk ruangan, sementara radiasi panas sedapat mungkin dihindari, dengan berbagai penghalang, yaitu :

#### 1) Kain gordien

Kain gordien adalah lapisan yang sering dipakai karena nilai tambah yang dihasilkan pada ruangan, seperti keindahan, warna, tekstur dan kelembutan.

#### 2) Kerai

adalah lapisan yang mempunyai fleksibilitas yang tinggi. Ketika sinar matahari terlalu kuat maka dengan mudah kerai dapat ditutup demikian sebaliknya. Hanya saja kerai mempunyai tingkat pemeliharaan yang tinggi.



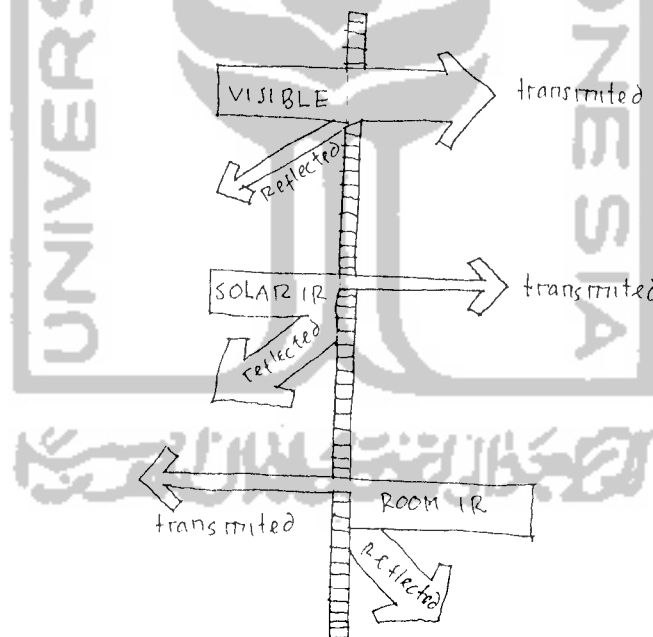
Gambar 4.10. Gambar kerai yang bisa ditutup dan dibuka dengan manual  
Sumber: Mangunwijaya, 1994

### 3) Kaca

Terdapat bermacam-macam kaca, namun secara umum kaca dapat dibedakan berdasarkan daya pantul, daya serap dan daya hantar atas tiga jenis spektrum radiasi, visible, solar IR (infra red) dan room IR menjadi tujuh (Moore, 1985) :

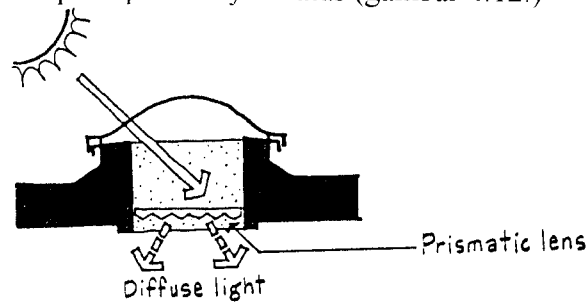
- (a) Clear glass
- (b) Gray / broze glass
- (c) "heat absorbing" green glass
- (d) Light reflecting film
- (e) Room IR reflecting film
- (f) Solar IR reflecting film
- (g) IR tranparent plastic

Masing-masing memberikan efek yang berbeda-beda terhadap 3 jenis spektrum radiasi. Dan dari ketujuh tipe kaca diatas yang paling baik manfaatnya dalam menghindari radiasi panas (solar IR) namun tetap meneruskan cahaya (visible) adalah tipe solar IR reflecting film (gambar 4.11.).



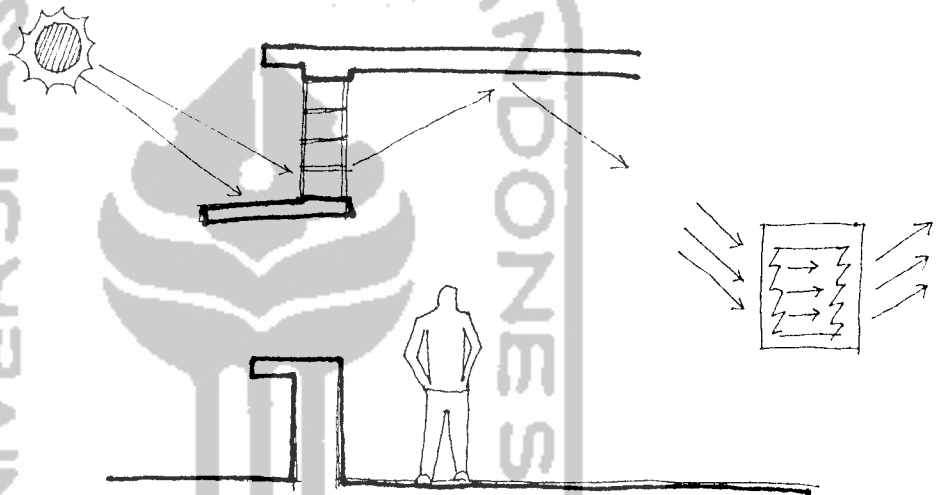
Gambar 4.11. Solar IR reflecting film  
Sumber: Moore, 1985

Selain digunakan untuk pengontrolan efek silau atau radiasi panas pada pencahayaan samping, kaca juga digunakan pada pencahayaan atas (gambar 4.12.)



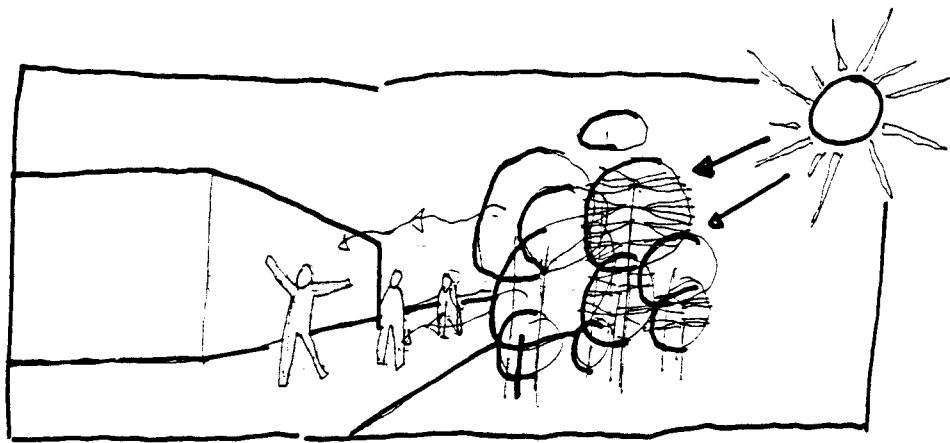
Gambar 4.12. Prismatic lens  
Sumber: Egan, 1983

Sementara terdapat pula jenis lain, yaitu glass block. Glass block ini dapat membelokkan arah cahaya dan biasanya dikombinasikan dengan overhang dan jendela (gambar 4.13.).

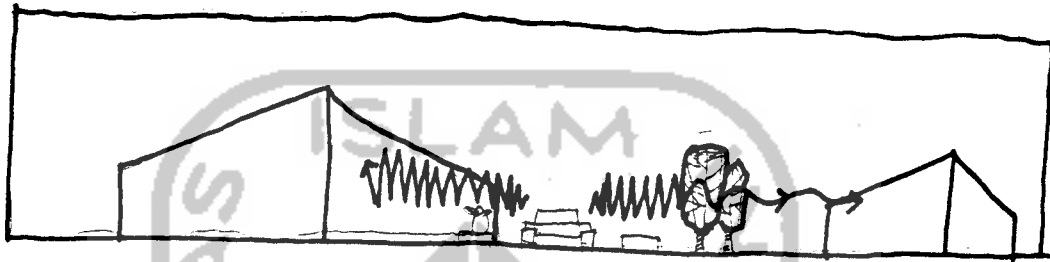


Gambar 4.13. Glass block  
Sumber: Egan, 1983

- 4) Pepohonan pepohonan dapat digunakan sebagai payung yang memberikan bayangan yang menghasilkan peralihan pandangan dari terang luar dengan terang dalam ruang (gambar 4.14.). Selain itu pepohonan juga bisa berfungsi sebagai peredam kebisingan yang ditimbulkan oleh faktor external seperti suara yang bearsal dari kendaraan pabrik. Kenyamanan penghuni di dalam bangunan akan terjaga jika dilakukan pengaturan pemilihan tanaman yang bisa meredam kebisingan tanaman di sekitar bangunan (gambar 4.15.)



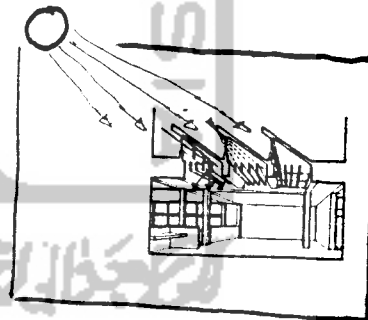
Gambar 4.14. Pepohonan sebagai kontrol silau  
Sumber: Evans, 1981



Gambar 4.15. Pengaruh tanaman terhadap peredaman kebisingan  
Sumber: Mangunwijaya, 1994

#### 5) Kisi-kisi

Kisi-kisi (louver) adalah komponen permanen yang banyak digunakan untuk mendeduhi kaca, mendistribusikan cahaya dengan merata, meningkatkan tingkat cahaya, dan mengurangi silau (gambar 4.16.).



Gambar 4.16. Perletakan dan jenis kisi-kisi  
Sumber: Hassan, 1983

#### 4.1.3. Pencahayaan Alami pada Kantor Biro Konsultan Arsitektur

Pencahayaan alami pada kantor biro konsultan arsitektur adalah sama dengan pencahayaan pada umumnya yaitu sebagai penerangan. Pada bagian ini akan membahas

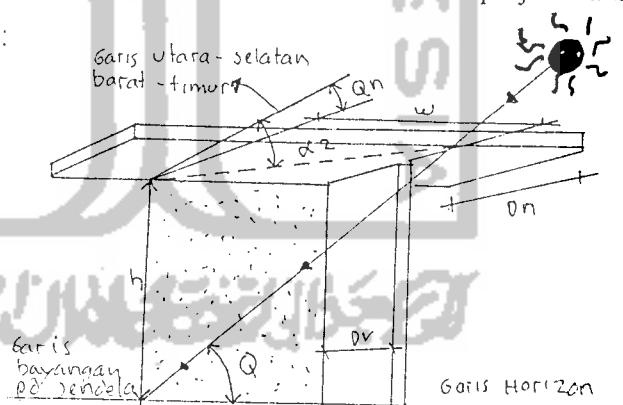
mengenai persyaratan pencahayaan pada ruang dan strategi perancangan pencahayaan alami pada ruang kantor biro konsultan arsitektur.

#### A. Analisa perancangan pencahayaan alami pada ruang biro konsultan arsitektur.

Berdasarkan faktor-faktor penentu di atas seperti kualitas penerangan, pengontrolan radiasi matahari, dan silau terhadap cahaya matahari maka dilakukan analisa ; pertama, perhitungan lebar pembatas sinar yang bertujuan untuk membatasi sinar matahari yang tidak diperbolehkan masuk ruangan dengan alasan menghindari radiasi panas matahari dan juga akan menentukan orientasi bangunan ; kedua, perhitungan luas atau dimensi bukaan yang didalamnya mencakup syarat-syarat penerangan bagi suatu ruang.

##### 1. Perhitungan lebar pembatas sinar

Perhitungan lebar pembatas sinar ini merupakan aplikasi dari pengontrolan sinar matahari yang datang secara langsung. Tujuan dari analisis ini adalah membatasi sinar matahari yang tidak diperbolehkan masuk ruangan dengan alasan tertentu. Analisis ini mendapatkan lebar pembatas sinar (louver) dengan tinggi pembatas sinar. Baik yang horizontal maupun vertikal. Dengan diketahui lebar dan tinggi pembatas sinar masuk, akan mempengaruhi penampilan bangunan secara keseluruhan dan disamping itu guna perhitungan intensitas cahaya yang masuk serta menentukan orientasi bangunan diatas site. Untuk memperjelas analisis ini bisa dilihat dari gambar di bawah ini :



Gambar 4.17. Gambar penggunaan pembatas sinar matahari secara horizontal dan vertikal  
Sumber: Marsoyo, 1987

Perhitungan lebar pembatas sinar pada bangunan dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor :

- Kedudukan kota Yogyakarta terhadap garis lintang, kota Yogyakarta terletak pada garis  $7^{\circ} 47'$  LS (lampiran)

b. Jangka waktu yang tidak diperkenankan masuk, menurut Mangunwijaya (1980), sinar matahari tidak diperkenankan masuk ruangan antara pukul 09.00 sampai dengan 15.00.

c. Rumus-rumus yang menentukan lebar pembatas sinar horizontal dan vertikal

1) Lebar pembatas sinar horizontal

$$H = D_n \cdot \sec(T_z - T_n) \cdot \operatorname{Tg} Q$$

dimana :

$h$  = tinggi bayangan di bawah pembatas horizontal

$D_n$  = lebar pembatas horizontal

$T_z$  = azimuth

$T_n$  = sudut antara garis normal arah jendela dan garis utara-selatan atau barat timur

$Q$  = Tinggi matahari dari garis Horizon

Dari rumus ini akan didapatkan perbandingan  $h$  dan  $D_n$

2) Lebar pembatas sinar vertikal

$$W = D_v \cdot \operatorname{Tg} (T_z - T_n)$$

dimana :

$w$  = lebar bayangan pembatas sinar vertikal

$D_v$  = lebar pembatas sinar vertikal

$T_z$  = azimuth

$T_n$  = sudut antara garis normal arah jendela dan garis utara-selatan atau barat timur

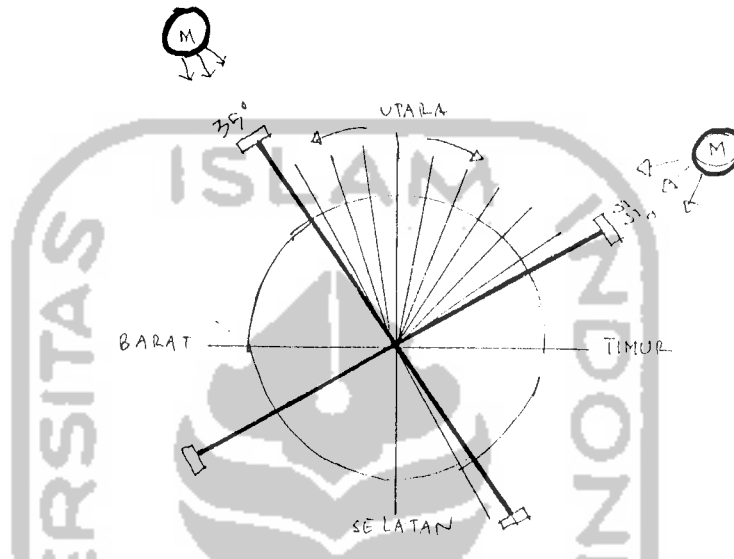
rumus ini menghasilkan perbandingan  $w$  dan  $D_v$

d. Langkah perhitungan :

Dari gambar solar chart untuk kedudukan di Bandung =  $7^\circ$  LS (lampiran) didapat kedudukan matahari dengan sudut altitude terendah pada pukul 09.00 yaitu pada tanggal 22 Juni, dengan sudut  $35^\circ$  dari garis horizon dan  $55^\circ$  dari titik Utara atau  $55^\circ$ UT (U=Utara, T=Timur). Untuk kedudukan matahari pada pukul 15.00, sudut

altitude terendah pada tanggal 22 Juni yaitu  $35^\circ$  dari garis horizon dan  $55^\circ$  pada titik Utara sama dengan jam 09.00.

Jadi kedudukan matahari pada pukul 09.00 dan pukul 15.00 adalah simetris terhadap titik Utara dan mempunyai sudut altitude yang sama. Maka dalam perhitungan selanjutnya dapat dipakai salah satu kedudukan matahari. Dalam perhitungan ini dipakai salah satu kedudukan matahari pada pukul 09.00 dengan alasan kegiatan dalam kantor semakin sibuk.



Gambar 4.18. Perletakan jendela  
Sumber: Marsoyo, 1987

Dilakukan perhitungan dengan beberapa perubahan kedudukan dan arah jendela yaitu jendela menghadap ke Utara ( $35^\circ\text{UB}$ ,  $30^\circ\text{UB}$ ,..... $50^\circ\text{UT}$ ,  $55^\circ\text{UT}$ ) dan ke Selatan. Sehingga didapatkan perbandingan  $h/D_n$  dan  $w/D_v$  untuk jendela yang menghadap ke Utara dan Selatan seperti dalam tabel (Lampiran).

Contoh perhitungan pembatas horizontal :

$$\begin{aligned}
 1) \quad & H = D_n \cdot \sec(T_z - T_n) \cdot \text{Tg } Q \\
 & \text{(Arah jendela menghadap } 35^\circ) \\
 & Q = 35^\circ \\
 & T_z = 55^\circ \\
 & T_n = -35^\circ \\
 & h = D_n \cdot \sec(T_z - T_n) \cdot \text{Tg } Q \\
 & h = D_n \cdot \sec 90^\circ \cdot \text{Tg } 35^\circ \\
 & h = D_n \cdot \infty \cdot 0,7002
 \end{aligned}$$

$$h/Dn = \infty$$

2) Arah jendela menghadap  $30^\circ$

$$Q=35^\circ$$

$$Tz=55^\circ$$

$$Tn= -30$$

$$h=Dn. \text{Sec} (Tz-Tn) \text{Tg} Q$$

$$h=Dn. \text{Sec} 85. \text{Tg} 35$$

$$h=Dn. 11,473. 0,7002$$

$$h/Dn=8,033$$

## 2. Pengaturan luas bukaan cahaya

Tujuan dari analisis ini adalah untuk menemukan sifat dan tingkat ketelitian kerja. Di dalam pembahasannya akan meliputi metoda yang digunakan, faktor-faktor yang menentukan perhitungan, langkah-langkah perhitungan, dan contoh perhitungan.

### a. Metoda yang digunakan

Metoda yang digunakan adalah

#### 1) Metoda Fruhling.

Yaitu metoda perhitungan yang didasarkan pada *Day Light Factor* / faktor cahaya siang hari ( $D_g$ ) dan nilai tingkat kerja ( $\eta$ ) dengan pembagian sifat kerja : kasar, cukup halus, halus dan halus sekali untuk mendapatkan luas lubang cahaya dari tingkat kerjanya.

#### 2) Metoda Meyer

Adalah suatu metoda perhitungan untuk mendapatkan kedalaman ruang, tinggi lubang, tinggi ruang / bangunan dan lebar lubang dengan pembagian sifat pekerjaan sangat halus, halus, sedang, kurang halus, kasar. Tingkat kerja untyuk pencahayaan alami didalam ruang tergantung pada cara masuknya cahaya ke dalam ruang.

### b. Faktor-faktor yang menentukan

- 1) Orientasi bangunan di atas site terhadap sinar matahari (lihat bagian 1. Kedudukan matahari terhadap site)
- 2) Faktor cahaya siang hari
- 3) Nilai kegunaan tingkat kerja



4) Faktor jendela

**c. Langkah-langkah perhitungan**

- 1) menentukan jenis pekerjaan / tingkat ketelitian kerja (lampiran)
- 2) menentukan kuat iluminasi suatu titik dalam ruang / E (lumen/m<sup>2</sup> atau lux) dan faktor cahaya alami (%) dengan tabel 4.2.

mencari faktor cahaya alami (%) dengan rumus

$$D = \frac{E}{E_a} \times 100 \%, \text{ } E_a = \text{kuat iluminasi di luar ruang.}$$

$E_a$

Kuat iluminasi di suatu titik diluar ruang di Indonesia sebesar 10.000 lux (faktor cahaya siang hari)

- 3) Mencari nilai kegunaan atau nilai tingkat kerja ( $\eta$ ), berdasarkan tabel 4.4.

Tinggi atau Dalamnya Ruang	Cara Penyelesaian Interior		
	Sangat Terang	Cukup terang	Gelap
Sangat tinggi / dalam	0,33	0,25	0,15
Sedang / cukup	0,36	0,29	0,20
Tidak tinggi / tidak dalam	0,40	0,33	0,25

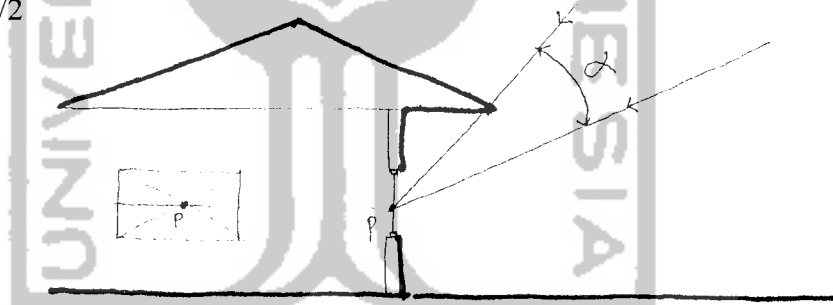
Tabel 4.1. nilai tingkat kerja

Sumber: Marsoyo, 1987

- 4) Mencari faktor jendela (f)

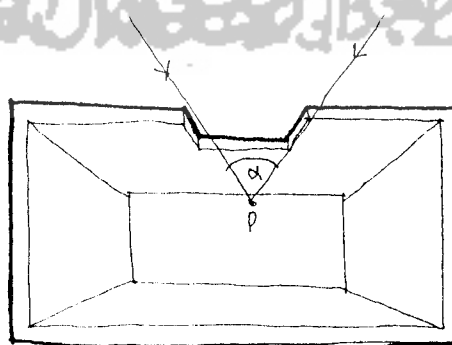
- (a) bila lubang berdiri vertikal atau tegak lurus terhadap lantai ruang :

$$f = \sin^2 \alpha / 2$$



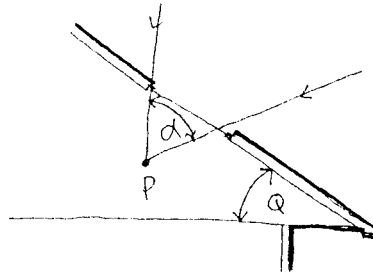
- (b) bila lubang terbuka horizontal :

$$f = \sin \alpha / 2$$



(c) Jika bukaan miring dengan sudut Q dari horizontal :

$$F = \sin \alpha / 2 \cos Q$$



5) Dari beberapa rumus diatas didapat perbandingan luas lantai bangunan dan luas lubang (tanpa penutup, misal kaca) dan cahaya dianggap datang dengan horizontal

$$Dg \cdot V_o = f \cdot \eta$$

$$V_o = \frac{ov}{or} = \frac{\text{Luas lantai bangunan}}{\text{Luas lubang}}$$

6) Membandingkan hasil diatas dengan tabel dibawah :

Macam Pekerjaan	ov / Vr	Hr / o	br / bv	Dg (%)
Sangat halus	5	0,4	0,5	3,5 %
Halus	8	0,3	0,43	1,5 %
Sedang	10	0,25	0,4	0,7 %
Kurang halus	14	0,2	0,35	0,5 %
Kasar	33	0,1	0,3	0,2 %

Tabel 4.2. Hubungan antara sifat kerja dan variabel – variabel sistem pencahayaan alami  
Sumber : Marsoyo, 1987

Catatan :

ov = luas lantai bangunan

or = luas lubang cahaya

hr = lubang cahaya

d = kedalaman ruang

br = lebar lubang cahaya

bv = lebar ruang

Dg = faktor cahaya alami

- Dengan tabel di atas dapat menemukan
- Kedalaman ruang (d) dari hr/d
- Tinggi lubang (hr) dari hr/d
- Tinggi ruang / bangunan (bv) dari br/bv
- Lebar lubang (br) dari br/bv

Sehingga hasil perkalian hr dan br didapat luas lubang

- 7) Luas lubang metode Fruhling dibandingkan dengan tabel Meyer yang berisi a. prosentase sinar hilang akibat kaca (lampiran), b. prosentase sinar yang hilang akibat pemantulan (lampiran), c. prosentase pencahayaan alami dalam bangunan akibat kotornya kaca (lampiran), d. prosentase sinar hilang akibat bentuk pembagian jendela (lampiran), lalu diambil luas lubang yang terbesar.
- 8) Dari prosentase diatas dijumlahkan

Diketahui jumlah sinar yang hilang dapat diketahui =  $(a+b+c+d)$

Jadi luas lubang yang dibutuhkan sebesar :

$100\% / [100 - (a+b+c+d)] \times$  luas lubang terbesar

Dari penjelasan di atas maka akan didapatkan luas lubang pencahayaan alami untuk berbagai sifat pekerjaan didalam biro konsultan arsitektur yang terdapat pada tabel (lampiran)

Pemilihan luas bukaan cahaya akan mempertimbangkan letak, fungsi, dan sifat kegiatan yang berlangsung. Untuk ruang studio gambar manual akan menggunakan pencahayaan dari atas, karena pencahayaan dari atas akan memberikan sinar baur yang merupakan sinar yang tidak memberikan bayangan yang kontras terhadap obyek yang di amati, dalam hal ini meja gambar.

#### **4.2. Penghawaan Alami pada Biro Konsultan Arsitektur**

Penghawaan alami ruangan yang kontinyu di daerah tropis sangat penting terutama untuk memperbaiki iklim ruangan. Udara yang bergerak akan menghasilkan penyegaran udara secara terus menerus di dalam ruang. Jika udara di dalam ruangan tidak bergerak, maka ruangan akan terasa panas. Penghawaan alami juga mempengaruhi terhadap kelembaban ruang. Jika suatu ruang bertambah lembab (karena tidak lancarnya penghawaan dan faktor manusia) maka dapat diatasi dengan penambahan kecepatan udara. Pada pembahasan penghawaan alami pada biro konsultan arsitektur ini dibagi menjadi tiga bagian ; pertama, penghawaan alami yang menjelaskan tentang pengertian, fungsi dan karakteristik penghawaan alami ; kedua, pengontrolan penghawaan alami yang menjelaskan tentang penghawaan silang, posisi lubang-lubang, ukuran lubang, jendela tabir, orientasi bangunan; ketiga, analisa piranti pengontrolan penghawaan alami.

#### **4.2.1. Penghawaan alami**

##### **A. Pengertian**

Penghawaan alami menurut Mangunwijaya (1994), adalah usaha mengalirkan hawa udara yang mudah menembus seluruh ruangan dan terus menerus agar hawa di dalam ruangan selalu diganti dengan hawa yang bersih dan sehat.

##### **B. Fungsi Penghawaan**

Fungsinya adalah mengalirkan udara ke dalam bangunan yang memberi pengaruh pada pergerakan udara, temperatur, dan kelembaban ruang di dalam bangunan. Penghawaan secara alamiah memerlukan perhatian khusus, karena berhubungan erat sekali dengan kenyamanan pengguna bangunan. Menurut Stephanus (1982) penghawaan itu memiliki tiga fungsi yang berlainan :

1. Penyediaan udara segar, dipengaruhi oleh macam penggunaan bangunan, banyaknya kegiatan, dan sifat kegiatan yang berlangsung didalam bangunan tersebut.
2. Pendinginan konvektif, yaitu pertukaran udara dalam ruang dengan udara luar yang segar dan memberikan pendinginan.
3. Pendinginan fisiologis, yaitu pergerakan udara melalui permukaan kulit untuk mempercepat pelepasan panas.

##### **C. Karakteristik Penghawaan Alami**

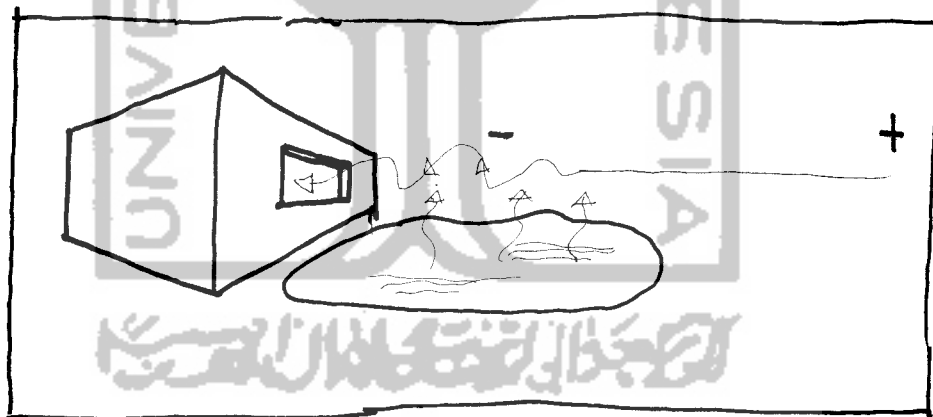
Untuk dapat memanfaatkan penghawaan alami secara maksimal maka perlu diketahui karakteristiknya seperti gerakan angin/udara dan keadaan eksternal.

1. Gerakan angin / udara, gaya termal jarang sekali cukup untuk membuat pergerakan udara yang memadai. Satu-satunya gaya yang dapat diandalkan ialah efek yang dinamis dari angin. Bila tujuannya adalah menciptakan pergerakan-pergerakan udara di dalam ruang, maka harus dicoba untuk mendesain dengan menerima sebanyak mungkin angin yang ada. Angin terjadi karena selisih-selisih tekanan, demikian pula arus udara melalui bangunan ialah hasil dari perbedaan tekanan antara kedua sisi. Udara, meskipun ringan, mempunyai masa (kira-kira  $1,2 \text{ Kg/m}^3$ ) dan pada waktu bergerak, mempunyai momentum, yang merupakan produk dari masanya dan kecepatannya (kgm/s). Ini merupakan kualitas vektoral, yang dapat

diubah dalam arahnya atau dalam besarnya hanya oleh gaya lain. Bila udara yang bergerak mengenai suatu rintangan seperti sebuah bangunan, maka hal ini akan memperlambat arus udara akan tetapi arus udara tersebut akan menimbulkan tekanan kepada permukaan rintangan itu. Proses ini mengakibatkan perlambatan masa udara, yang kemudian mengalihkan sisa arus ke atas dan ke sisi-sisi bangunan. Suatu lapisan terpisah terjadi antara udara yang terhambat dan bangunannya pada satu pihak dan lapisan arus udara dilain pihak. Pada lapisan pemisahan, karena gesekan, bagian atas dari udara yang terhambat digerakan kedepan, sehingga terjadi turbulence atau vortex.

Arus lapisan udara, disebabkan momentumnya, cenderung untuk membuat jalan lurus setelah ia dialihkan, sehingga ia berputar kepermukaan tanah, dan menguasai “penampung” yang ada. Dengan demikian suatu masa udara juga terbentuk di bawah angin, akan tetapi dengan tekanan yang berkurang.

Selain itu untuk menggerakkan angin bisa juga dengan memanfaatkan penggunaan pohon atau air. Ini memberi pengaruh terhadap pergerakan angin diakibatkan perbedaan tekanan udara sehingga angin akan bergerak (gambar 4.19.).



Gambar 4.19. Perbedaan tekanan udara yang ditimbulkan oleh air dan pohon yang menimbulkan pergerakan angin.  
Sumber: Mangunwijaya, 1994

#### 4.2.2. Pengontrolan Penghawaan alami

Pada bagian ini akan membahas elemen-elemen yang menentukan pengontrolan penghawaan alami didalam dan diluar bangunan. Seperti, penghawaan silang (cross-

ventilation), Posisi lubang-lubang, ukuran lubang-lubang, jendela tabir (canopies) atau louvre dan orientasi bangunan (Stephanus, 1982).

### **A. Penghawaan silang**

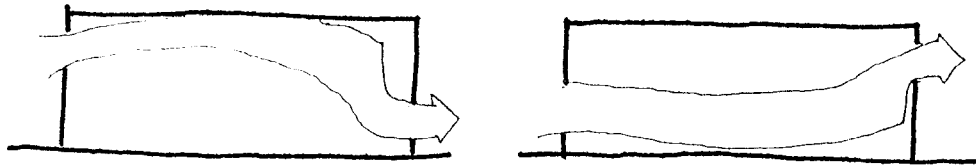
Di daerah tropis penghawaan alami secara kontinyu di dalam ruang berfungsi terutama untuk memperbaiki iklim ruangan.

Gerakan udara di dalam bangunan dapat dihasilkan dengan memanfaatkan angin atau melalui kontras antara bidang fasad yang terkena dan yang tidak terkena cahaya. Kedua gaya ini bisa saling mendukung atau bertentangan, tergantung pada orientasi bangunan dan pengaturan lobang-lobang udara dan jendela. Suatu saat, derajat efektifitas tergantung pada perbedaan tekanan antara kedua sisi bangunan dan pada saat lain tergantung perbedaan temperatur. Karena itu untuk mendapatkan ventilasi silang, lobang-lobang harus dibuat pada sisi-sisi bangunan yang berlawanan.

Syarat untuk ventilasi silang yang baik adalah angin mencapai bangunan dengan arah yang menguntungkan. Di sini pengaturan tekanan dan lapisan pada fasade dan di sekitar bangunan merupakan dasar untuk perubahan.

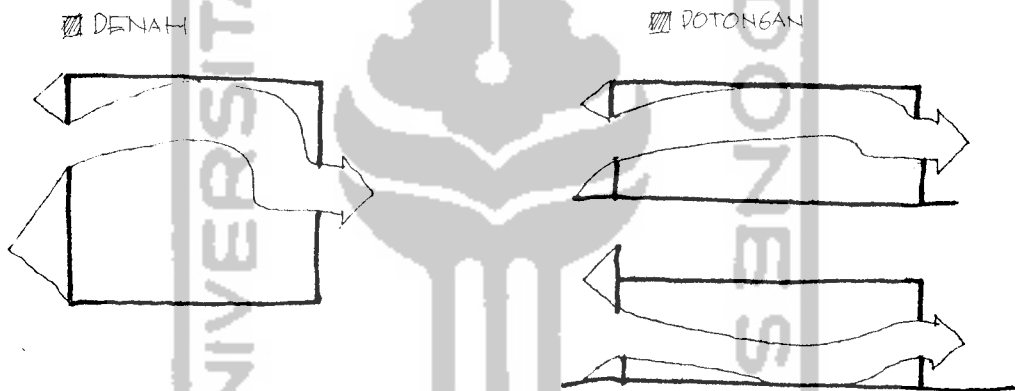
### **B. Posisi lubang-lubang**

Pergerakan udara harus diarahkan kepermukaan tubuh supaya menjadi efektif. Didalam bangunan pergerakan udara harus diusahakan melalui ruang-ruang yang paling banyak dipergunakan oleh penghuninya : yaitu melalui ruang hidup ( the living zone) dengan ketinggian sampai 2 m. Gambar 4.26. menunjukkan, jika lubang pada sisi masuk berada pada tingkat yang tinggi, tanpa mengatur posisi lubang keluar (outlet) maka arus udara akan mengalir dekat langit-langit dan tidak melalui ruang hidup itu.



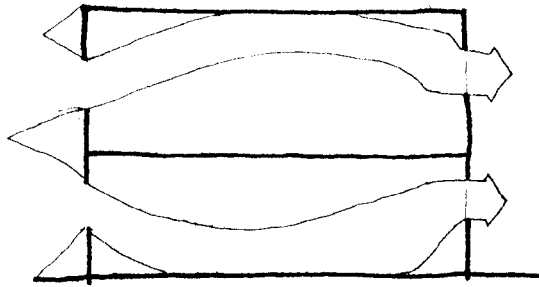
Gambar 4.20. Posisi lubang-lubang dan ketinggian lubang  
Sumber: Stephanus, 1982

Besarnya relatif tekanan build-up di depan luasan yang padat daripada tampak bangunan (yang tergantung juga pada besar dan posisi lubang) pada kenyataannya akan menentukan arah arus udara dalam ruang dan hal ini tidak tergantung pada posisi lubang keluarnya. gambar 4.21. menerangkan bahwa semakin besar permukaan padat semakin besar tekanan build-up dan hal ini menyebabkan dorongan arus udara ke arah yang berlawanan, yaitu baik pada denah maupun pada penampang.



Gambar 4.21. Pengaruh besarnya permukaan padat terhadap tekanan build-up  
Sumber: Stephanus, 1982

Sebagai akibatnya ialah, bahwa di dalam bangunan dua lantai, aliran udara pada lantai bawah dapat memuaskan (gambar 4.22) sedangkan pada tingkat atas arus udara terarahkan ke langit-langit. Salah satu cara memperbaiki kekurangan tersebut ialah dengan membesarkan tembok diatas atap (parapet wall). Penghawaan silang yang baik harus memenuhi syarat bahwa angin harus mendekati bangunan dari arah yang paling menguntungkan.



Gambar 4.22. Pengaruh pembesaran tembok di atas atap  
 Sumber: Stephanus, 1982

### C. Ukuran lubang

Dengan luas tampak (elevation area) tertentu, maka kecepatan yang terbesar akan dicapai melalui lubang masuk (inlet) yang kecil dengan lubang keluar (outlet) besar (Gambar 4.23 ). Hal ini sebagian disebabkan oleh karena gaya total yang bekerja pada luas kecil, yang mendesak udara melalui lubang dengan tekanan yang besar dan sebagian disebabkan oleh “venturi effect”, yaitu : di dalam “cerobong” (cerobong imajiner yang menghubungkan lubang kecil dengan lubang besar) perluasan selisih dari dorongan udara selanjutnya mempercepat partikel-partikelnya



Gambar 4.23. Perbedaan bukaan memberi efek yang berbeda terhadap aliran udara  
 Sumber: Stephanus, 1982

Pengaturan semacam itu dapat bermanfaat, bila udara hendak dialirkan (dipusatkan) kebagian ruangan tertentu. Jika lubang masuk besar, maka kecepatan udara yang melaluinya akan kecil, tetapi jumlah seluruhnya aliran udara (volume udara yang melalui dalam unit



waktu) akan menjadi lebih besar. Bila arah angin tidak konstan atau jika arus udara dikehendaki melalui seluruh lubang, maka lubang yang besar akan lebih baik.

Pengaturan yang paling baik adalah lubang-lubang yang penuh pada kedua belah dinding dengan jendela-jendela yang dapat disesuaikan atau alat penutup yang dapat membantu mengalirkan arus udara ke arah yang diperlukan, dengan mengikuti perubahan angin.

#### **D. Jendela tabir (canopies), louvre**

Unsur-unsur seperti jendela-jendela takbir, louvres yang mengontrol lubang-lubang, dapat juga mempengaruhi pola aliran udara yang melalui ruang dalam. Perhatikan gambar 4. a,b,c.

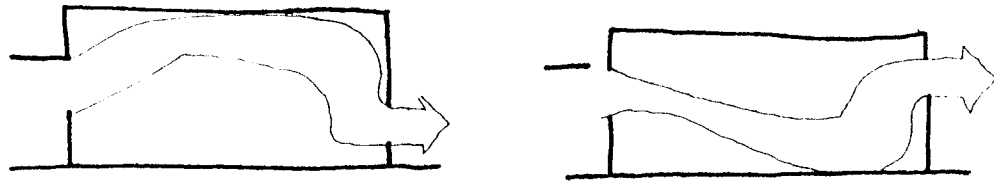
Jendela, tabir, dan louvres dan alat-alat lain yang mengontrol lubang-lubang, juga mempengaruhi pola aliran udara. Jendela dapat mengarahkan aliran udara ke atas. Hanya daun jendela yang dapat dibalik dapat mengalirkan arus udara ke bawah melalui *living zone* (gambar 4.24.a.).



Gambar 4.24.a. Effect of sashes  
Sumber: Stephanus, 1982

Tabir (luifel) dapat menghilangkan efek tekanan built-nya di atas jendela, maka tekanan di bawah jendela akan mengarahkan arus udara ke atas. Suatu lubang antara tampak

bangunan dan luifel dapat menimbulkan tekanan bawah, yang mengarah ke *living zone* (gambar 4.24.b.).



Gambar 4.24.b. Effect of canopies

Sumber: Stephanus, 1982

Louvres dan alat pembayangan (shading devices) dapat juga menjadi masalah. Posisi daun-daunnya yang miring naik sedikit masih mengalirkan arus udara ke daerah *living zone* (naik sampai  $20^\circ$  dari horizontal) (gambar 4.24.c.).



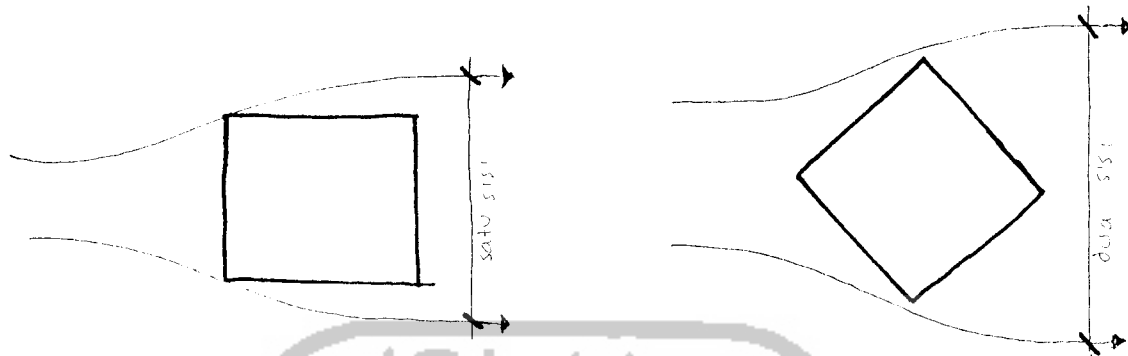
Gambar 4.24.c. Effect of louvers

Sumber: Stephanus, 1982

### E. Orientasi bangunan

Tekanan yang terbesar pada sisi arah angin (winward side) terjadi jika tampak tegak lurus terhadap arah angin, jadi kiranya jelas bahwa kecepatan udara yang terbesar dalam ruang akan terwujud dengan cara demikian. Suatu arah angin  $45^\circ$  seyogyanya mengurangi tekanan dengan 50%.

Dengan demikian perlu dipertimbangkan dalam menempatkan bukaan untuk menentukan arah angin yang lazim atau sering terjadi. Gambar 4.25. menunjukkan secara garis besar aliran udara pada sudut arah 45° terhadap denah persegi suatu bangunan.



Gambar 4.25. Pengaruh orientasi bangunan terhadap tekanan udara  
Sumber: Stephanus, 1982

Di dalam hal yang kedua kecepatan yang lebih besar terjadi melalui tampak-tampak pada arah angin, maka bayangan angin akan lebih luas, tekanan negatif akan lebih besar dan hasilnya ialah aliran udara yang bertambah.

Sering terjadi bahwa orientasi optimum dari matahari dan orientasi terhadap angin saling berlawanan arah. Di daerah-daerah equatorial termasuk Indonesia orientasi utara selatan lebih dikehendaki untuk menghindari matahari, namun lebih sering arah angin condong ke timur atau kebarat.

#### 4.2.3. Analisa piranti pengontrolan penghawaan alami

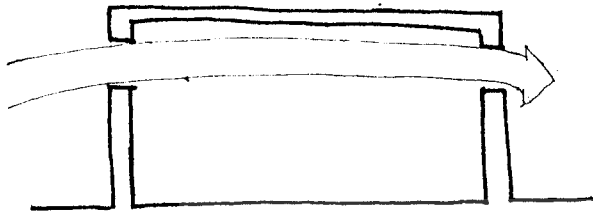
Analisa piranti pengontrolan penghawaan alami ini membahas piranti pengontrolan penghawaan alami yang telah dibahas sebelumnya dengan mengambil beberapa pemilihan desain yang baik yang akan dijadikan pertimbangan dalam perencanaan dan perancangan biro konsultan arsitektur nantinya. Analisa meliputi penghawaan silang, posisi lubang-lubang, ukuran lubang-lubang, jendela tabir (canopies), louvre, dan aliran udara sekiter bangunan.

##### A. Penghawaan silang (cross ventilation)

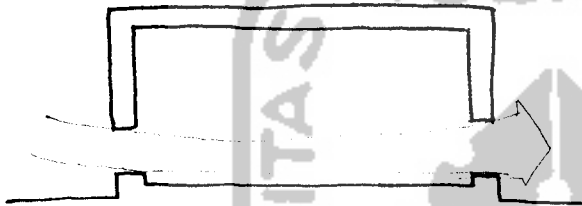
Seperti yang telah dibahas sebelumnya penghawaan silang merupakan yang terbaik bagi penghawaan alami di dalam bangunan atau ruang. Bangunan atau ruang yang hanya memiliki bukaan pada satu sisi saja atau tidak mempunyai lubang keluar (outlet) akan

menimbulkan pemampatan udara yang bergerak sehingga memberikan pengaruh terhadap suhu didalam ruang dan tingkat kelembaban menjadi jenuh.

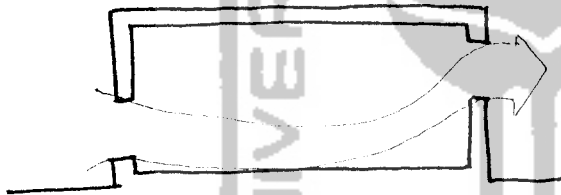
Berdasarkan pembahasan penghawaan silang sebelumnya maka didapat analisa penghawaan silang sebagai berikut .



1. Jalan masuk dan jalan keluar yang tinggi tidak menghasilkan pergerakan yang baik pada level badan



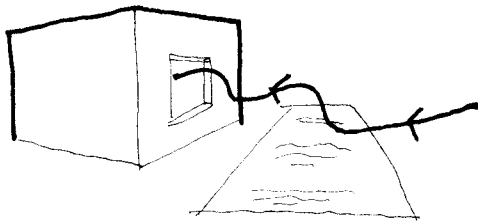
2. Jalan masuk dan jalan keluar yang rendah memberikan pola angin setinggi badan (body level)



3. Jalan masuk udara jika ditambah dengan bukaan pada bidang atas maka akan memberikan penghawaan yang lebih baik



4. Jalan masuk udara pada bagian atas dan jalan keluar udara pada bagian bawah memberikan pola angin yang bergerak dominan dibagian langit-langit bangunan.



5. Penggunaan kolam sebagai penggerak udara akibat perbedaan tekanan udara merupakan salah satu cara mengontrol udara yang akan masuk kedalam bangunan

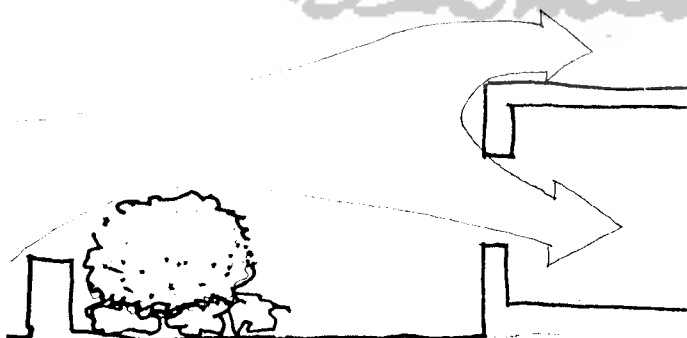
### B. Posisi lubang-lubang

Posisi lubang bukaan mempengaruhi pengaliran udara di dalam ruang. Memberikan efek tertentu sesuai dengan yang diinginkan. Seperti pada gambar 4.26. Perletakan jendela pada bangunan lantai satu dan bangunan lantai dua, memberikan efek yang berlainan



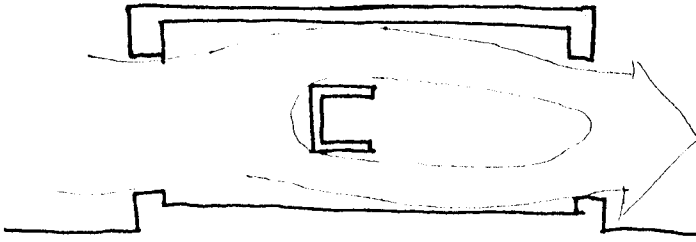
Gambar 4.26. Perletakan bukaan pada bangunan  
Sumber: Lippmeier, 1994

Analisa pada bagian penghawaan silang juga menjelaskan pentingnya mengatur penghalang yang akan mempengaruhi gerakan udara didalam ruang.

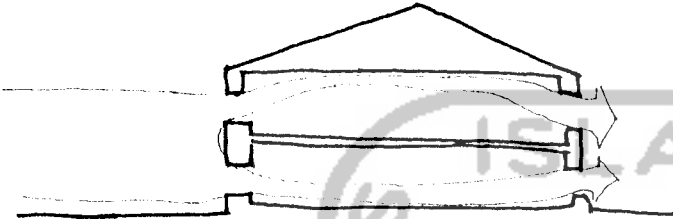


1. Semak dan penghalang luar dapat mengurangi aliran udara.

2. Partisi dalam dan pemisahan ruangan dapat menciptakan daerah besar yang tenang tanpa aliran udara.

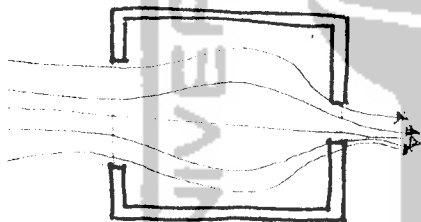


3. Aliran udara berbeda pada lantai yang tidak sama tinggi



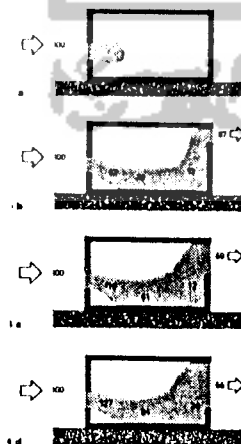
### C. Ukuran lubang-lubang

Pengaturan ukuran lubang memberikan efek yang berbeda tiap perencanaan seperti yang terlihat pada analisa dibawah ini.



Gambar 4.27. Menjelaskan bahwa kecepatan aliran udara yang keluar menjadi lebih besar bila melalui lobang keluar udara yang lebih kecil.

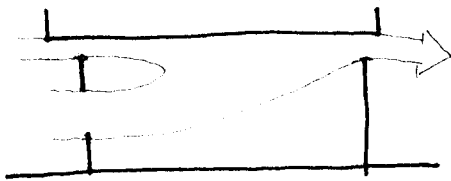
Sumber : Lippsmeier, 1994



Gambar 4.28. Menjelaskan bahwa ukuran lobang keluar terhadap lobang masuk sangat menentukan kecepatan angin didepan bangunan. Angka 100 didalam bangunan adalah persentasinya

Sumber : Lippsmeier, 1994

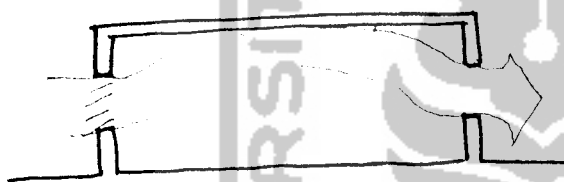
Dari pembahasan ini disimpulkan bahwa pengaturan ukuran yang paling baik ialah lubang-lubang yang penuh pada belah dinding dengan jendela-jendela yang dapat disesuaikan dan menggunakan alat yang mengatur arah angin, atau dengan ukuran yang berbeda dengan penempatan tertentu.



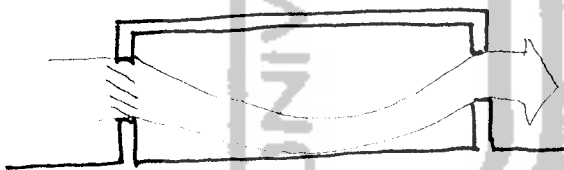
Gambar 4.29. Distribusi aliran udara yang lebih baik dengan ukuran dan penempatan lubang yang berbeda.

### C. Jendela tabir (canopies), louvre

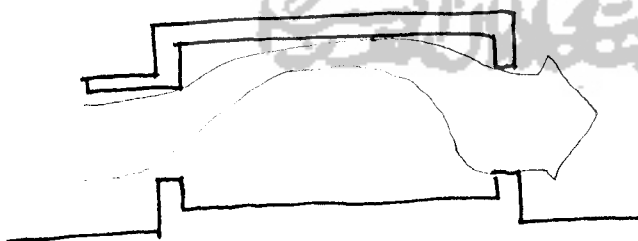
Berdasarkan pembahasan sebelumnya penggunaan alat-alat pembantu akan memberikan efek tertentu pada pergerakan udara didalam ruang.



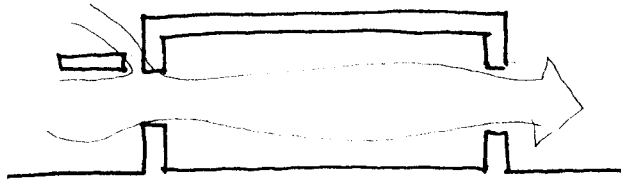
1. Louvre dapat membelokan arah pergerakan udara ke langit-langit.



2. ....atau ke bawah ke arah lantai.



3. canopies sebagai penang menghasilkan aliran udara keatas yang kurang baik.



4. ....hal itu dapat diperbaiki dengan adanya celah pada canopies itu.

#### **D. Orientasi bangunan**

Dari pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa kedudukan bangunan terhadap arah angin memberikan efek yang berbeda. Pergerakan angin selalu berubah setiap saat, cara yang terbaik untuk mengatasi perubahan gerakan tersebut ialah dengan memakai satu arah angin yang lazim atau biasanya terjadi pada suatu site. Dari pembahasan sebelumnya mengenai orientasi bangunan terhadap angin menjelaskan bahwa arah angin yang lazim terjadi selalu berlawanan arah dengan sumbu timur barat lintas matahari yaitu arah utara selatan.

#### **4.3. Hemat Energi**

Salah satu cara untuk menerapkan prinsip ini kedalam bangunan adalah dengan menerapkan aplikasi sistem fotovoltaik, untuk menghasilkan energi yang diperlukan bangunan dengan memanfaatkan sinar matahari. Dengan menggunakan sistem ini, bangunan bisa menghemat pengeluaran biaya untuk pemakaian energi tiap hari, minggu, bulan, maupun tahun. Namun tidak semua kebutuhan energi akan dipenuhi oleh sistem fotovoltaik ini. Untuk selanjutnyaakan selalu ditinjau ulang kebutuhan energi yang mampu dipenuhi oleh sistem ini.

##### **4.3.1. Kaca Pintar / Fotovoltaik**

Sinar matahari merupakan sumber energi berpotensi yang berlimpah ruah. Sinarnya menyirami bumi dalam bentuk energi sekitar  $900 - 1000 \text{ W/m}^2$ , atau  $290 - 315 \text{ Btu/hr-ft}^2$  pada siang hari (Harris, Miller, Thomas, 1985). Jika diumpamakan maka energi surya yang dipancarkan kebumi sebesar 8300 kali lebih besar, dibandingkan dengan kebutuhan energi dunia setiap tahunnya. Indonesia mempunyai limpahan energi surya ini hampir 12 jam per hari sepanjang tahunnya (Eka Sediadi Rasyad, 1996). Dengan demikian maka pemanfaatan energi

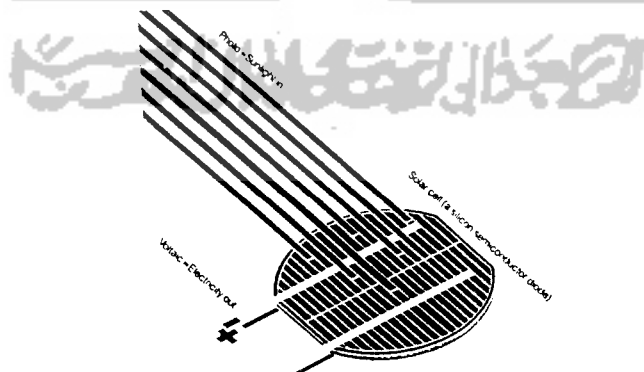
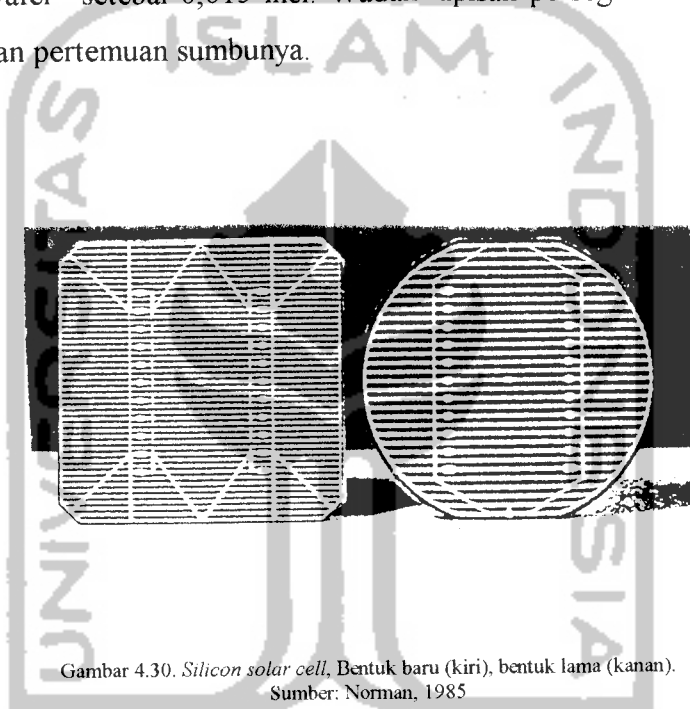


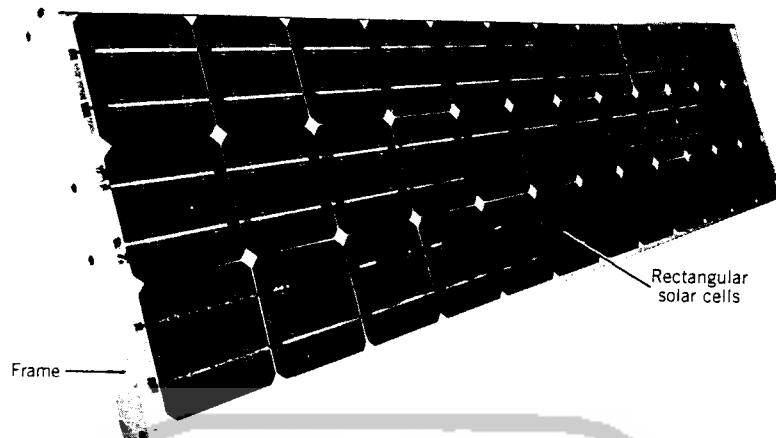
ini sangat mungkin diterapkan di negara yang memiliki sinar matahari yang lebih panjang masa edarnya disiang hari, seperti negar-negara tropis.

Dalam pemanfaatannya, energi surya harus dikumpulkan, agar dapat dirasakan kekuatannya. Dalam pemanfaatannya energi ini dialihkan menjadi energi panas atau energi listrik dengan bantuan sel surya atau sistem fotovoltaiik.

#### A. Komponen sistem fotovotaik

Komponen yang utama dari sistem ini adalah *solar cell*. Sel surya ini terdiri dari wadah berbentuk lingkaran dengan diameter 4 inci, *single-crystal silicon solar cell* seberat 6 gr, dan silikon “wafer” setebal 0,015 inci. Wadah lapisan persegi atau *wafer* memiliki pola kotak-kotak dengan pertemuan sumbunya.



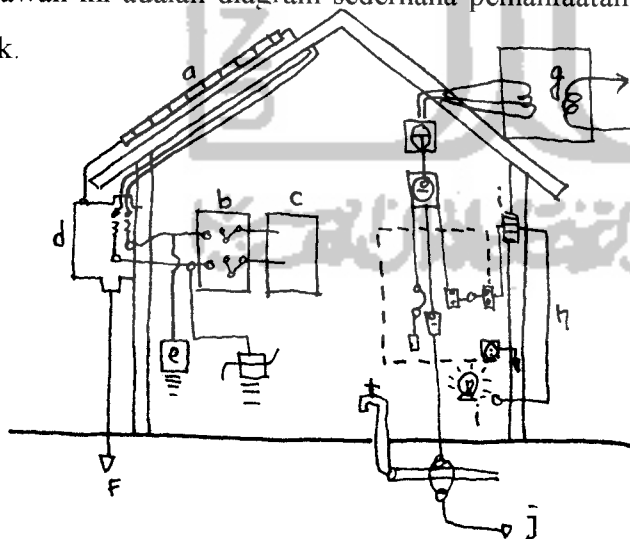


Gambar 4.32. Rangkaian solar sel dalam wadahnya yang saling berhubungan.  
Sumber: Norman, 1985

Sedangkan komponen yang harus disediakan untuk merubah energi adalah :

1. Panel surya(kumpulan sel surya, yang merupakan bidang tangkap energi)
2. *DC-to-AC Covertion*, pengubah energi listrik dari gelombang searah menjadi gelombang bolak-balik.
3. Baterai, penyimpan energi
4. Perlengkapan

Di bawah ini adalah diagram sederhana pemanfaatan cahaya matahari sebgai sumber energi listrik.



Keterangan :

- a. sel fotovoltaik
- b. direct switch
- c. pengubah listrik dc-ac
- d. fusep disconnect switch
- e. surg protection
- f. ground
- g. listrik umum / bila perlu
- h. beban pemakai
- i. load
- j. pipa penghubung ground nctral

Gambar 4.34. Diagram sistem fotovoltaik  
Sumber: Buresl, 1983

## B. Tipe-tipe sistem fotovoltaik

Tipe-tipe sistem fotovoltaik dibagi menjadi dua :

1. *Stand-alone system*, Penyediaan energi hanya berasal dari modul fotovoltaik.
2. *Combination* atau *hybrid system*, bisa digabung dengan pembangkit energi yang lain seperti, generator disel, generator angin, atau generator hidroelektrik.

Pasar dari sistem fotovoltaik ini terdiri dari lima bagian : *commercial, low power remote (industrial), water pumping, home electrification* dan *central power stations (utility level)*. Pembahasan yang akan diambil adalah *home electrification/home electric system* yang masih relevan dengan bangunan kantor.

### 4.3.2. Analisa Sistem Hemat energi

Pemilihan Home electric System didasarkan pada kebutuhan energi listrik bangunan kantor yang bisa dipenuhi oleh sistem ini. Ini bisa dilihat pada rincian pemakaian energi pada tabel 4.6.

Di dalam *home electric system* dibagi menjadi 4 bagian menurut klasifikasinya, yaitu (Harris, Miller, Thomas, 1985) :

1. Stand-alone dc systems, untuk rumah tinggal tipikal yang tidak membutuhkan energi besar. Seperti energi sebesar 220 watt, 6 buah baterai 12-v dan cukup untuk menggunakan lampu, radio, dan lain-lain.
2. Stand alone ac systems, untuk rumah tinggal mandiri dan besar, yang membutuhkan, energi sebesar 700 watt, 24 buah baterai 12-v, dan energi 3 kW-per hari. Cukup untuk televisi, tape, AC, dan lain-lain.
3. Hybrid (Kombinasi sistem), menggabungkannya dengan disel, energi angin, atau air.
4. Grid-connected systems, menggunakan sistem grid dalam skal besar untuk mensuplai tenaga dari matahari.

Lighting	Wattage (Average)	Household	Household	Household	Heating/Air Conditioning
AC incandescent	60, 75, 100	Refrigerator	Varies	Electric dryer	Portable heater
AC fluorescent	20, 40, 60	16 cu. ft. manual defrost)		3000 watt hrs/load*	1,50
DC incandescent	25, 50	3000 watt hrs/day*		Dishwasher	Electric blanket
		Refrigerator 16 cu. ft.	Varies	1000 watt hrs/load*	750 watt hrs/night*
Entertainment		(16 cu. ft. frost-free)		Gas dryer	Electric water heater
Color TV (AC)	200	5000 watt hrs/day*		Blender	13,000 watt hrs/day*
9" Color TV (DC)	35	Electric range	12,000	Vacuum	Furnace blower 1/8 hp
		2000 watt hrs/day*		Iron	
Tools		Toaster	1,100	Clock	Pumps
Electric drill 1/4"	350	Microwave	1,400	Hair dryer	Pool pump 3/4 hp
Power saw	1,300	Washing machine	500	Electric shaver	500 watt hrs/day*
Table saw 10"	1,800	300 watt hrs/load*		Sewing machine	Water pump 1/2 hp
					Circulation pump 1/25 hp

Tabel 4.3. Konsumsi dari berbagai pemakaian  
Sumber: Norman, 1985

Permukaan bangunan merupakan salah satu tempat untuk menerapkan fotovoltaiik. Selain berfungsi untuk memberikan energi bagi bangunan, dengan menempatkan fotovoltaiik pada permukaan bangunan akan menambah estetika bangunan, karena warna yang dipantulkan permukaan fotovoltaiik tidak selalu gelap tapi juga bisa berwarna terang.

Modul fotovoltaiik dapat mentransformasikan energi surya secara maksimal bila sinar surya jatuh tepat pada modul. Di daerah yang relatif dekat dengan ekuator, bidang bangunan yang menghadap timur dan barat. Besar energi listrik yang diperoleh dari modul fotovoltaiik berbanding lurus dengan besar radiasi yang diterima bidang fotovoltaiik. Bidang horizontal dan vertikal yang menghadap kebarat akan mendapatkan radiasi yang lebih besar dari bidang-bidang yang lainnya.

Rumus untuk menghitung luasan sistem fotovoltaiik :

$$AA = \frac{LE}{SE \times ME \times (TC \times PF \times PCE)}$$

Dimana :

AA : Luas sel fotovoltaiik (silikon) yang dibutuhkan

LE : Total keperluan energi dalam sehari

SE : Energi matahari (rata-rata) yang dipancarkan dalam satu hari pada lokasi

ME, TC, PF & PCE : modul efisiensi (sifat Fisik, kimiawi silikon), koreksi efisiensi karena suhu, prosentase luas sel yang aktif, efisiensi peralatan (battery, storage, power condition)

Total kebutuhan energi dapat dihitung dari tabel yang berisi spesifikasi kebutuhan lampu (jumlah dan dayanya), pemakai dalam satu hari (jam/hari) dan total daya yang dibutuhkan (jumlah lampu x daya lampu x jam/hari)

#### **4.4. Kesimpulan**

Kesimpulan dari bab ini dibagi menjadi tiga bagian. Yang pertama kesimpulan pencahayaan alami pada biro konsultan arsitektur, yang kedua penghawaan alami pada biro konsultan arsitektur, dan yang ketiga hemat energi.

##### **A. Pencahayaan alami pada biro konsultan Arsitektur**

1. Posisi bangunan terhadap sinar matahari akan memberi pengaruh pada pengontrolan sinar matahari yang masuk sebab posisi bangunan tertentu akan menentukan banyaknya sinar matahari yang akan dimasukkan ke dalam bangunan
2. Bukaan bangunan dengan arah barat timur akan mendapatkan radiasi sinar matahari yang lebih besar dari pada arah utara selatan.
3. Posisi bangunan terhadap pergerakan matahari juga mempengaruhi penampilan bangunan. Ini disebabkan oleh lebar pembatas sinar horizontal vertikal, dan luas bukaan jendela.
4. Pengaturan luas lubang jendela dipengaruhi oleh luas ruang, tingkat ketelitian kerja, kebutuhan intensitas cahaya, dan pengaruh faktor yang mengurangi pemasukan sinar matahari kedalam ruangan.
5. Pengaturan lubang jendela dari kebutuhan intensitas pencahayaan alami dapat dilakukan melalui penyelesaian jendela vertikal, horizontal maupun yang membuat sudut. Ini juga mempengaruhi penyelesaian efek silau dan baur di dalam ruangan.

##### **B. Penghawaan alami pada biro konsultan arsitektur**

1. Penghawaan alami untuk suatu bangunan dipengaruhi oleh jenis penghawaan yang diterapkan, posisi lubang-lubang, ukuran lubang-lubang, pemilihan bentuk lubang

(memakai tabir, kanopi, louvre dan lain-lain), orientasi bangunan terhadap arah angin, dan aliran udara sekitar bangunan.

2. Arah pergerakan angin yang lazim menjadi pertimbangan orientasi bangunan, yaitu arah utara selatan.
3. Jenis penghawaan yang dipilih adalah penghawaan silang, karena akan memberikan pengaruh pada suhu udara di dalam ruang, mengurangi tingkat kelembaban dan pengaliran udara secara lancar.
4. Penggunaan elemen air dan tanaman sebagai sarana penggerak udara akan menjadi pertimbangan desain nantinya.
5. Analisa-analisa piranti penghawaan alami pada biro konsultan arsitektur menjadi pertimbangan desain nantinya.

### **C. Hemat energi**

1. Pemanfaatan sinar matahari menjadi energi listrik dengan menerapkan sistem fotovoltaik.
2. Tingkat kebutuhan energi bangunan dalam satu hari akan menentukan perancangan luas bidang kerja fotovoltaik.
3. Pemenuhan kebutuhan energi bangunan akan dipertimbangkan dengan penggabungan dua sumber energi yaitu dari luar (PLN) dan dari sinar matahari (fotovoltaik).