

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



BAB III

TINJAUAN KENYAMANAN TERMAL

Kenyamanan Thermal

Kenyamanan yang dirasakan oleh pengguna bangunan digolongkan menjadi dua yaitu kenyamanan psikologis dan kenyamanan fisik. Kenyamanan psikologis lebih cenderung kepada kesan pengguna bangunan terhadap suatu objek. Kenyamanan psikologis ini lebih bersifat personal (individu) sebab dipengaruhi oleh selera, kebiasaan, adat istiadat dan lain – lain, misalnya kelelahan yang dialami setiap orang berbeda dalam mencapai jarak tertentu, persepsi terhadap warna dan lain – lain. sehingga parameter pengukur kenyamanan ini kurang dapat diukur secara jelas sehingga lebih bersifat relatif, namun berarti kenyamanan psikologis ini tidak dapat diukur. Pengukuran yang diperoleh dari nilai rata – rata dapat dimanfaatkan seperti skala ergonomis, data kemampuan gerak pada usia tertentu, analisis perilaku dari pengguna bangunan dan lain – lain. Berbeda dengan kenyamanan psikologis, kenyamanan fisik yang terangkum dalam *spatial comfort* lebih dapat diukur karena memiliki parameter (batasan) kenyamanan yang lebih jelas, kenyamanan fisik ini terbagi menjadi :

- Kenyamanan pendengaran (*audio comfort*)
- Kenyamanan pengelihatan (*visual comfort*)
- Kenyamanan thermal (*thermal comfort*)

Dalam suatu desain arsitektur, kedua jenis kenyamanan ini saling mendukung dan sebaiknya tidak dipisahkan satu sama lain. Beberapa desain arsitektur menekan satu kenyamanan seperti kenyamanan audio visual pada ruang auditorium, atau kenyamanan gerak pada bandar udara dan lain – lain. Demikian juga pada desain kantor bupati ini, namun tidak seperti desain kantor bupati pada umumnya, kenyamanan visual dengan memanfaatkan *daylight* sebagai sumber penerangan dan udara sebagai penghawaan alami diharapkan memberikan arti yang berbeda dengan desain kantor bupati pada umumnya.

Desain kantor bupati ini diharapkan menjadi contoh bagaimana memanfaatkan kekayaan sumber daya alam ke dalam bangunan.

Perlu diingat bahwa sinar matahari dan angin adalah bagian dari *thermal comfort* yang tidak bisa dipisahkan dengan unsur pembentuk kenyamanan thermal yang lain seperti suhu, kelembapan, pakaian, dan aktivitas beserta elemen – elemen penyusunnya. Namun demikian pembahasan perancangan ini hanya dibatasi pada sinar matahari sebagai penerangan dan pemanfaatan angin sebagai penghawaan alamiah, sehingga faktor – faktor yang berkaitan dengan kenyamanan termal yang lain dianggap sudah memenuhi syarat untuk memperoleh tingkat kenyamanan termal seperti kelembapan relatif, material yang dipergunakan dan lain – lain sehingga tidak dimasukkan ke dalam tinjauan maupun analisis desain.

3.1. Sinar matahari

Penyelidikan kenyamanan terhadap sinar matahari kelak akan mencakup

1. Standar kenyamanan sinar matahari yang dimanfaatkan sebagai pencahayaan alamiah dalam bangunan
2. Penyelidikan terhadap sudut jatuh sinar matahari dalam site
3. Elemen arsitektur yang dapat diterapkan untuk melindungi, menyaring atau memasukkan sinar matahari ke dalam bangunan.

3.1.1. Standar kenyamanan sinar matahari yang dimanfaatkan sebagai pencahayaan alamiah dalam bangunan

Radiasi sinar matahari langsung pada siang hari yang jatuh ke dalam site tidak dimanfaatkan sebagai penerangan alami, yang dimanfaatkan adalah pantulan sinar matahari itu dari bola langit atau elemen di sekitar bangunan, sehingga intensitas kuat penerangan sinar sudah berkurang dan tidak menyakitkan.

Sinar matahari yang dimanfaatkan untuk pencahayaan ini kemudian dikenal sebagai *daylight*. Perhitungan kebutuhan daylight dalam ruangan adalah sbagai berikut .:

Faktor Cahaya Siang Hari (Daylight Factor – DF)

$$DF = E_i / E_0 \times 100\%$$

DF = Daylight Factor

E_i = Iluminasi pada suatu titik dalam ruangan

E_0 = Iluminasi di ruang luar oleh cahaya bola langit yang tidak terhalang

Luminasi langit terhadap sinar matahari pada kondisi langit di Indonesia adalah 10.000 lux.

Konsep DF valid untuk kondisi bola langit yang tecahayai secara merata (*overcast*) dan tidak ada sinar langsung matahari (pada desain dapat ditentukan arah bukaan dan waktu perhitungan).

DF akan terpengaruh oleh 3 tiga komponen yaitu komponen langit (*Sky Component – SC*), komponen pantulan permukaan luar *Externally Reflected Component – ERC*), dan komponen pantulan permukaan dalam ruangan (*Internally Reflected Component*).

$$DF = SC + ERC + IRC$$

SC adalah komponen cahaya bidang langit yang terlihat dari titik yang diukur. Oleh karena itu SC ditentukan oleh bidang jendela dan halangan diluar. ERC adalah komponen cahaya bidang permukaan penghalang di luar dari titik yang diukur dalam ruangan. Tingkat pantulan permukaan ini akan mempengaruhi ERC. IRC adalah komponen cahaya yang berasal dari pantulan pemukan dalam ruang.

Untuk menemukan nilai DF suatu titik di dalam ruangan kita dapat memakai busur cahaya siang hari (*daylight protactor*) no 2 seri 2 yang diterbitkan oleh *Building Research Station*, sebenarnya ada 2 seri busur. Seri 1 untuk langit dengan luminan (intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan, atau diteruskan oleh satu bidang untuk diterangi – satuan candela / m²), seri 2 untuk langit CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) yaitu langit dengan distribusi tidak merata.

Tabel pengukuran yang dipergunakan dalam perancangan daylight antara lain :

Tabel 3.2.a.

Faktor Perawatan (*Maintenance Factor – MF*)

Jenis Lokasi	Pekerjaan	Faktor Perawatan
Bersih	Bersih	0.9
Kotor	Bersih	0.8
Bersih	Kotor	0.7
Kotor	Kotor	0.6

Sumber : Prasasto Satwiko – Fisika Bangunan 1

Tabel 3.2.b.

Confersion Factor (CF)

Pantulan Rata - rata	CF
0,3	0,54
0,4	0,67
0,5	0,78
0,6	0,85

Sumber : Prasasto Satwiko – Fisika Bangunan 1

Tabel 3.2.c.
Glazing Factor (GF)

Jenis Kaca	GF
Kaca berkawat	0.95
Kaca baur atau pola	0.90-0.95
Kaca berpenyerap panas	0.60-0.75
Kaca serat tembus cahaya atau plastik akrilik	0.65-0.90

Sumber : Prasasto Satwiko – Fisika Bangunan 1

Tabel 3.2.d.
Dirt (D)

Lokasi	Vertikal	Miring	Horizontal
Bersih	0,9	0,8	0,7
Industrial	0,7	0,6	0,5
Sangat Kotor	,06	0,5	0,4

Sumber : Prasasto Satwiko – Fisika Bangunan 1

Berdasarkan jenis pekerjaannya kemudian kuat penerangan sinar matahari itu dibagi sesuai kebutuhannya yaitu :

Kebutuhan Iluminasi

No.	Kerja Visual	Iluminasi (lux)	Indeks Kesilauan
1.	Penglihatan biasa	100	28
2.	Kerja kasar dengan detil besar	200	25 - 28
3.	Kerja umum dengan detil wajar	400	25
4.	Kerja lumayan keras dengan detil kecil (studio gambar, menjahit)	600	19 – 22
5.	Kerja keras, lama, detil kecil (perakitan barang halus, menjahit dengan tangan)	900	16 – 22
6	Kerja keras, lama, detil sangat kecil (pemitongan batu mulia, tisik halus, mengukur benda – benda sangat kecil)	1300 – 2000	13 – 16

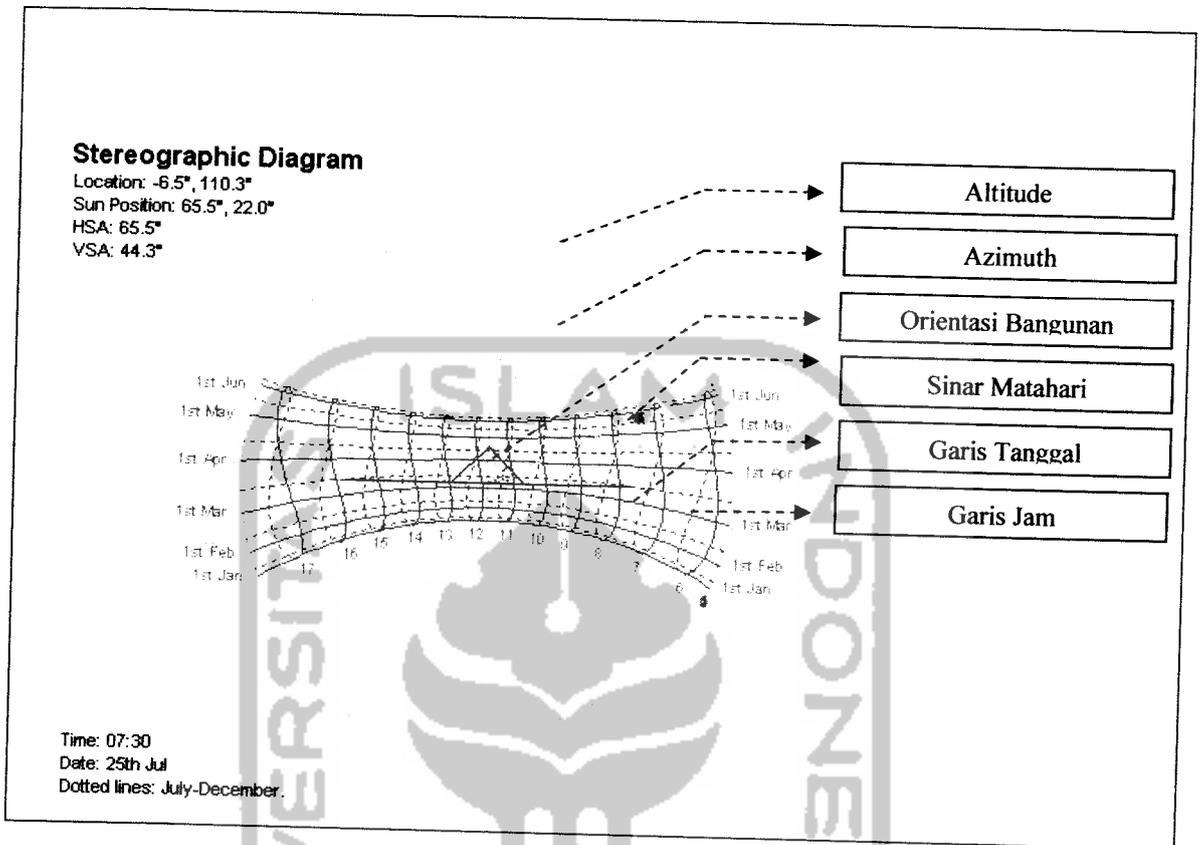
7.	Kerja luar biasa keras dengan detail sangat kecil (arloji dan pembuatan instrument)	2000 - 3000	10
----	---	-------------	----

Sumber : Prasasto Satwiko – Fisika Bangunan 1

3.1.2. Penyelidikan terhadap sudut jatuh sinar matahari dalam site

Sudut jatuh sinar matahari dapat diselidiki dengan bantuan program analisis sinar matahari ecotect, penggunaannya sama seperti menggunakan diagram matahari dan bayangan secara manual, dengan terlebih dahulu mengetahui posisi site terhadap garis Lintang dan Bujur, menentukan zona waktu terhadap *Greenwich* dan waktu penyinaran sinar matahari yaitu tanggal, bulan tahun dan jam. Letak site adalah di kabupaten Musi Rawas yaitu 2.8° Lintang Utara – 102.8° Bujur Timur. Dapat dilihat bahwa letak site berada pada sedikit di atas garis khatulistiwa, sedangkan matahari sendiri memiliki garis balik penyinaran yang berbalik setiap enam bulan sekali yaitu pada 22 Juni di garis balik Utara dan garis balik selatan pada 22 Desember. Analisis menggunakan software ini lebih mudah digunakan sebab lebih jelas dalam notasi dan dan lebih presisi dalam perhitungan. Selain itu dapat dilihat bahwa tidak perlu tiap bulan atau jam perlu dianalisis namun dapat dianalisis waktu – waktu kapan sudut jatuh sinar matahari terbesar atau kuat pancaran sinar yang terkuat sehingga dapat diolah atau dimanfaatkan ke dalam bangunan.

Gambar 3.2.a.
Diagram Matahari



A. Perlindungan Yang Menyatu Dengan Struktur Bangunan

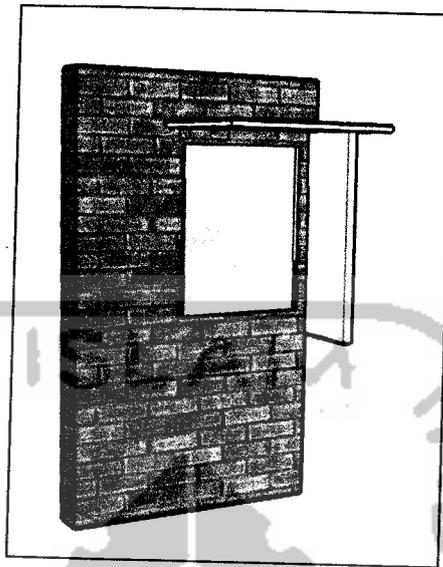
a. Shading

Adalah pelindung sinar matahari yang diletakkan horizontal pada fasade bangunan. Shading berguna untuk melindungi jatuhnya sinar matahari vertikal ke permukaan bangunan (jendela).

b. Sirip

Adalah pelindung sinar matahari yang diletakkan vertikal pada fasade bangunan. Sirip berguna untuk menangkal sudut jatuh horizontal sinar matahari ke permukaan bangunan.

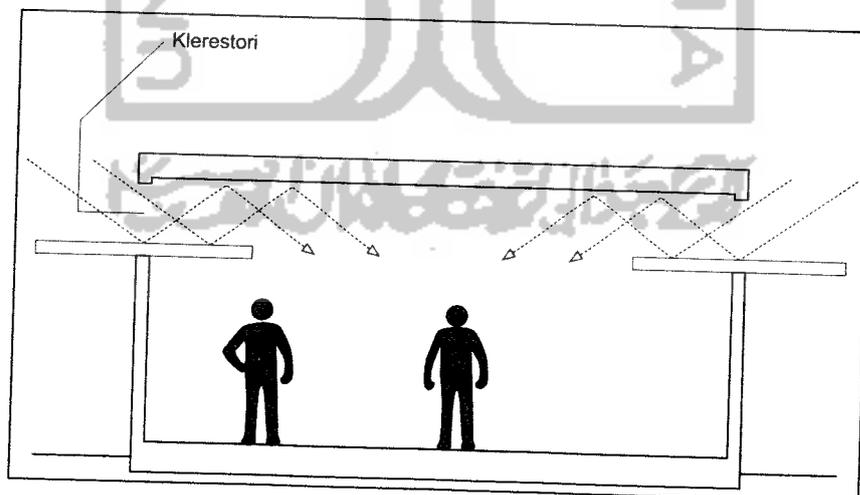
Gambar 3.2.b.
Sirip dan Shading



c. Klerestori

Lubang atau rongga pada bangunan yang mengijinkan sinar atau udara untuk tidak secara langsung masuk ke dalam bangunan.

Gambar 3.2.c.
Klerestori

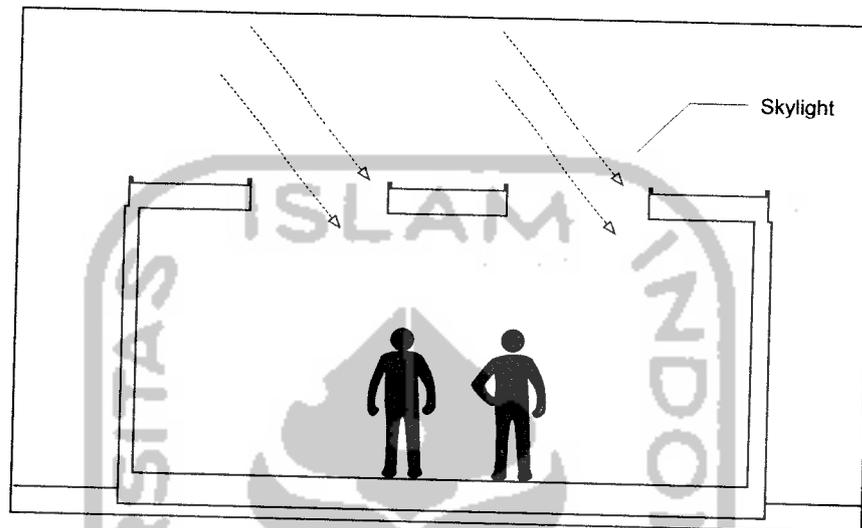


d. Skylight

Lubang atau rongga pada atap yang mengijinkan cahaya dan atau udara masuk ke dalam bangunan.

Gambar 3.2.d.

Skylight



B. Perlindungan yang Terpisah Dengan Struktur Bangunan

- Screen
- Panil penutup jendela
- Tabir atau tirai

ketiga perlindungan ini berfungsi sama yaitu menghalangi sinar untuk masuk ke dalam ruangan.

3.2. Angin

Analisis angin memerlukan beberapa referensi agar kelak dalam perancangannya kenyamanan thermal yang ingin diperoleh melalui respon angin terhadap bangunan dapat tercapai secara optimal.

Kebutuhan ventilasi untuk kesehatan minimal 17 m³ per jam per orang jika ada sumber kontaminsi ringan misalnya orang merokok, sedangkan luas lubang ventilasi minimal adalah 0,35% dari luas lantai.

Udara yang bergerak dapat dimanfaatkan untuk mendinginkan bangunan selama kecepatan udara tersebut masih ada dalam batas nyaman yang dipersyaratkan .

Kisaran suhu yang nyaman adalah $24^{\circ}\text{C} < T < 26^{\circ}\text{C}$

Kelembapan relatif (rH) antara $40\% < rH < 60\%$

Kecepatan udara berkisar $0,6 \text{ m/s (2,2 km/jam)} < v < 1,5 \text{ m/s (5,4 km/jam)}$

Kelembapan sangat penting bagi proses adaptasi manusia terhadap suhu di sekitarnya. Saat udara panas, panas di dalam tubuh akan dibawa ke permukaan kulit, dan dikeluarkan melalui keringat. Penguapan (proses berkeringat) ini sangat dipengaruhi oleh kelembapan udara, dimana saat udara jenuh (kelembapan tinggi) seperti pada saat akan turun hujan, penguapan oleh tubuh tidak dapat terjadi meskipun udara terasa gerah, hal ini sangat mengurangi kenyamanan termal bagi tubuh, padahal inilah ciri daerah tropis dimana bangunan akan didirikan.

3.2.1. Data Iklim Kabupaten Musi Rawas

Data iklim diperoleh dari situs <http://indonesian.wunderground.com/> laporan cuaca yang diperoleh cukup detil meliputi data yang setiap hari di update dua kali. Pada musim penghujan, keadaan langit lebih cenderung pada hujan dan baai petir, kelembapan sudah cukup nyaman.

no	Waktu	Keadaan Langit	Kelembapan	Kecepatan Angin	Arah Angin
1.	Sabtu	Badai Petir	60%	2 mph / 3 km/h.	Arah Barat
2.	Sabtu Malam	Hujan	30%	4 mph / 7 km/h.	Utara
	Minggu	Badai Petir	50%	2 mph / 3 km/h.	Selatan
3.	Minggu Malam	Badai Petir	50%	4 mph / 7 km/h.	Timur Laut
4.	Senin	Badai Petir	30%	2 mph / 3 km/h.	Barat Daya

5.	Senin Malam	Badai Petir	70%	2 mph / 3 km/h.	Timur Laut
6.	Selasa	Badai Petir	60%	2 mph / 3 km/h.	Selatan- Barat Daya
7.	Selasa Malam	Badai Petir	80%	0 mph / 0 km/h.	Selatan
8.	Rabu	Badai Petir	40%	2 mph / 3 km/h.	Selatan
9.	Rabu Malam	Badai Petir	40%	2 mph / 3 km/h.	Timur
10.	Kamis	Mendung tak Merata	90%	2 mph / 3 km/h.	Barat Daya
11.	Kamis Malam	Badai Petir	90%	2 mph / 3 km/h.	Timur – Tenggara
12.	Rata - rata	Badai Petir	57.5%	2.1 mph / 3.4 km/h.	Selatan – Barat Daya

Kondisi iklim seperti di atas dapat dijadikan pedoman dalam analisis, namun untuk lebih mendalami analisis, karakteristik di seputar site yang dapat membentuk kondisi iklim mikro perlu lebih dikaji karena dapat saja tidak sama dengan kondisi iklim rata – rata di daerah itu.

Pendinginan terhadap bangunan dan manusia di dalamnya dapat terjadi apabila ada angin / udara yang bergerak melewati bangunan tersebut. Udara yang bergerak menghasilkan penyegaran terbaik di luar dan dalam ruangan, sebab dengan penyegaran terbaik terjadi proses penguapan, yang berarti penurunan temperatur pada kulit.

3.2.2. untuk itu 2 unsur yang diperlukan agar udara dapat bergerak adalah :

1. Arah pergerakan udara

Arah dapat dianalisis melalui bangunan yang ada di sekitar site, dimana massa (bangunan, bukit) atau permukaan (air, padang rumput) dapat dipakai sebagai landasan dalam analisis arah pergerakan udara ini.

2. Kecepatan udara yang bergerak tersebut

Kecepatan udara berhubungan dengan arah pergerakan dan tekanan udara di sekitarnya, data iklim eksisting juga dapat dijadikan sebagai pedoman, namun seperti analisis arah pergerakan udara di atas, massa dan permukaan di sekitar site dapat menjadi pedoman analisis, seperti barrier angin, pembentuk *wind tunnel* dan lain – lain.

3. Ventilasi (Lubang Udara)

Fungsi ventilasi adalah untuk memenuhi kebutuhan kesehatan dan kenyamanan thermal. Kebutuhan kesehatan meliputi penyediaan oksigen untuk pernafasan, pencegahan konsentrasi yang tinggi dari gas CO₂, asap dan gas-gas lain yang berbahaya, pencegahan konsentrasi dari bakteri-bakteri dan peniadaan bau. Kebutuhan kenyamanan thermal meliputi pemindahan panas keluar ruangan, membantu penguapan keringat, dan pendinginan struktur bangunan. Untuk memungkinkan pendinginan yang optimal maka sudah lazim menjadi prancangan dalam penghawaan bangunan tropis menerapkan ventilasi silang di dalam bangunan. Di dalam bangunan sendiri, udara masih dapat diatur sedemikian rupa sehingga arah maupun kecepatannya dapat direkayasa meski lebih terbatas. Penempatan orientasi bukaan inlet (udara masuk) dan outlet (udara keluar) pada desain prlu diatur sehingga udara dapat senantiasa bergerak untuk mendinginkan bangunan.



Saat tekanan di luar dan dalam ruangan tempat berbeda, udara akan bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan lebih

rendah. Saat tekanan udara di kedua tempat sudah seimbang (sama), maka udara akan berhenti bergerak. Upaya dari ventilasi silang (*cross ventilation*) adalah menciptakan ketidak setimbangan tekanan udara atau massa jenis udara (berhubungan dengan ketinggian), untuk menciptakan udara yang bergerak.

Barrier (penahan) Angin

Pemberian elemen pada site untuk membantu mengarahkan angin menuju bangunan atau melindungi bangunan dari angin yang berlebihan.

Elemen pada site dapat berupa vegetasi, dinding, pagar atau bangunan lain di sekitar site.

Tabel
Pengaruh Tinggi dan Jarak Barrier Terhadap
Kecepatan Angin yang Menyentuh Fasade Bangunan

Tinggi Barrier : Tinggi Massa	Jarak	Kecepatan Angin Rata –Rata Pada Fasade
1 : 1	1 h	25 %
	3 h	28 %
	4 h	36 %
	5 h	42 %
	6 h	46 %
	8 h	54 %
	10 h	62 %
1 : 1,5	1 h	42 %
	4 h	43 %
	5 h	47 %
	6 h	51 %
	8 h	58 %
1 : 2	1 h	55 %
	4 h	54 %
	5 h	57 %
	6 h	59 %
	8 h	64 %
	10 h	70 %
1 : 3	1 h	69 %
	4 h	68 %
	5 h	69 %
	6 h	70 %
	8 h	73 %
	10 h	77 %

3.2.3. *Wind Rose, Wind Tunnel, Wind Shaddow, dan Wind Dam*

Memasukkan udara atau melindungi bangunan dari panas matahari adalah bagian dari upaya untuk memperoleh kenyamanan termal dalam bangunan. Namun demikian upaya tersebut tidak dapat dilepaskan dari faktor – faktor pembentuk kenyamanan termal dalam bangunan yang lain antara lain seperti temperatur udara (*air temperature*), temperatur radiasi rata – rata (*mean radiant temperature*), kelembaban relatif (*relative humidity*), aktivitas, dan pakaian yang dikenakan (lebih lanjut lihat bab 5 - respon bangunan terhadap iklim).

Kondisi angin perlu disesuaikan dengan persyaratan agar tercapai kenyamanan termal yang disyaratkan. Upaya memperbaiki kondisi angin di dalam site (lingkungan terbangun) dapat melalui *Wind Rose, Wind Shaddow, dan Wind Tunnel, dan Wind Dam*.

A. *Wind Rose*

Adalah upaya untuk menimbulkan udara yang bergerak agar diperoleh dapat dimanfaatkan antara lain untuk pendinginan tubuh melalui penguapan panas. Angin dapat tercipta melalui perbedaan tekanan udara di dua tempat maupun perbedaan berat jenis. Perbedaan tekanan udara timbul dari perbedaan suhu antara dua tempat secara horizontal, sedangkan perbedaan berat jenis timbul dari perbedaan suhu antara dua tempat secara vertikal¹.

A. *Wind Tunnel*

Usaha meningkatkan kecepatan atau menciptakan angin diantaranya melalui selisih tekanan udara atau massa jenis antara beberapa bagian site, arah angin dapat dimodifikasi sedemikian rupa agar bermanfaat bagi bangunan. Usaha pengarahan ini disebut *wind tunnel*. Penciptaan wind tunnel diperlukan apabila pada bangunan memerlukan keberadaan angin untuk mendinginkan bangunan dan menciptakan penguapan untuk penghuni bangunan.

¹ *ibid*, hal.148

B. Wind Shadow

Pemberian elemen pada site untuk membantu mengarahkan angin menuju bangunan atau melindungi bangunan dari angin yang berlebihan.

Elemen pada site dapat berupa vegetasi, dinding, pagar atau bangunan lain di sekitar site.

C. Wind Dam

Wind Dam adalah daerah dimana tercipta kantong udara dikarenakan angin terjebak diantara bangunan dengan elemen pada site maupun karena bangunan lain di sekitarnya. Pada *wind dam*, kecepatan angin yang terbentuk tinggi karena terjadi percampuran antara tekanan angin tinggi dan rendah sehingga seringkali dihindari dalam desain bangunan.

Gambar 3.3.h.

Wind Dam



Sumber :

Ir. Sugini, M.T. - Kuliah Rekayasa Termal Bangunan