

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Kondisi Iklim Tropis**

Iklim didefinisikan sebagai integrasi keadaan fisik lingkungan atmosfer dan karakteristik dari suatu lokasi geografi tertentu. Sedangkan cuaca adalah keadaan lingkungan atmosfer pada suatu masa tertentu pada suatu lokasi tertentu. Sehingga iklim dapat didefinisikan sebagai integrasi dari kondisi-kondisi cuaca. Iklim ditentukan oleh keadaan temperatur, sinar matahari, curah hujan, kelembaban, tekanan udara serta awan yang terdapat di suatu daerah.

##### **2.1.1 Karakteristik iklim tropis**

Secara geografis Indonesia berada dalam garis khatulistiwa sehingga beriklim tropis, namun tidak semua wilayah di Indonesia merupakan daerah tropis. Menurut pengukuran, suhu rata-rata yang dimiliki daerah beriklim tropis adalah 20°C namun suhu rata-rata di Indonesia umumnya dapat mencapai 35°C dengan tingkat kelembaban yang tinggi yaitu mencapai 60% - 90% (iklim tropis panas lembab). Kondisi ini akan menjadi kurang menguntungkan bagi manusia karena kondisi udara yang tidak nyaman yaitu kadang terlalu panas dan kadang terlalu dingin. Iklim serta angin suatu wilayah akan berubah dan berbeda akibat dari variasi bentuk permukaan bumi yaitu adanya lembah, perbukitan dan beberapa faktor lainnya (Frick et.al, 2008). Menurut Givoni (1998), kondisi angin pada daerah beriklim tropis tergantung pada jarak dari laut dan bervariasi sepanjang tahun dengan kondisi langit hampir setiap saat berawan.

##### **2.1.2 Wilayah dan kondisi iklim Kota Kediri**

Kota Kediri terletak pada posisi 7°45' – 7°55' LS dan 111°05' – 112°3' BT. Dari aspek topografi, Kota Kediri terletak pada ketinggian rata-rata 67m di atas permukaan laut dengan tingkat kemiringan 0 – 40%. Kota Kediri adalah sebuah kota di Provinsi Jawa Timur, Indonesia dengan luas wilayah 63,40km<sup>2</sup>. Secara administratif, Kota Kediri dibagi 3 kecamatan yaitu Kecamatan Mojoroto, Kecamatan Kota dan Kecamatan Pesantren. Struktur wilayah Kota Kediri terbelah menjadi 2 bagian oleh Sungai Brantas yang membujur dari selatan ke utara, yaitu sebelah timur dan barat sungai. Wilayah dataran rendah terletak di bagian timur sungai, meliputi Kecamatan Kota dan Kecamatan

Pesantren, sedangkan dataran tinggi terletak pada bagian barat sungai yaitu Kecamatan Mojoroto. Adapun batas-batas administrasinya adalah sebagai berikut:

1. Sebelah utara :Kecamatan Gampengrejo, Kecamatan Ngasem dan Kecamatan Banyakan
2. Sebelah selatan :Kecamatan Kandat dan Kecamatan Ngadiluwih
3. Sebelah timur :Kecamatan Wates dan Kecamatan Gurah
4. Sebelah barat :Kecamatan Banyakan dan Kecamatan Semen

Berdasarkan data iklim yang didapat dari *software* Meteonorm V7.0.22.8 dan <http://www.weatherbase.com/>, Kota Kediri memiliki suhu udara rata-rata 28.2°C dengan suhu minimum 27.4°C dan maksimum 29.2°C. Kecepatan angin rata-rata 13km/jam dengan kecepatan minimum 10.1km/jam dan maksimum 16.6km/jam. Kelembaban nisbi rata-rata 76.4% dengan kelembaban minimum 67.6% dan maksimum 84.1%. Curah hujan tinggi terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret dan rendah pada bulan Juli, Agustus, September.

## 2.2 Definisi Termal dan Kenyamanan Termal

Kata termal secara bahasa berasal dari bahasa Yunani “*therm*” yang berarti kalor (penyebab dan efek, pembangkitan dan penggunaan), serta dari bahasa Latin “*temper*” yang berarti campuran (original digunakan untuk '*suhua caeli*', kombinasi langit). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008), termal adalah sesuatu yang berkaitan dengan panas.

Fanger (1976) menyatakan bahwa kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor iklim dan pribadi. Faktor iklim terdiri dari suhu udara, suhu udara rata-rata, kelembaban relatif dan kecepatan udara. Sementara faktor pribadi terdiri dari aktivitas dan pakaian. Menurut Angus (1968), kenyamanan termal dikaji untuk membangun ‘zona nyaman’ atau rentang suhu dimana sebagian besar manusia merasa nyaman. Kenyamanan dalam bangunan didefinisikan sebagai keadaan tertentu yang menghasilkan perasaan menyenangkan bagi penghuninya (Karyono, 1989).

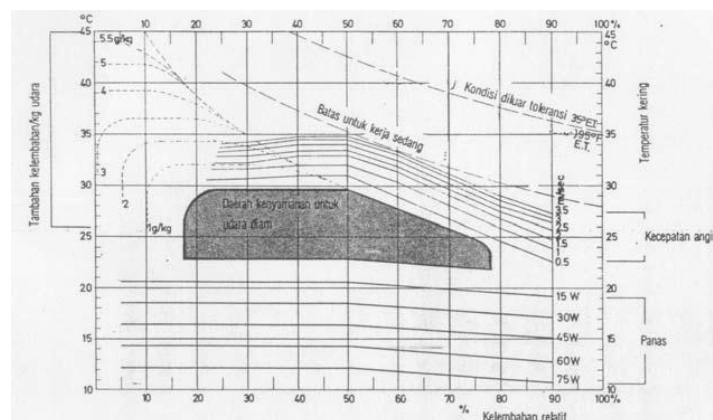
Tanggapan utama terhadap kondisi termal lingkungan adalah rasa panas atau dingin (*thermal sensation*) dan ketidaknyamanan akibat kulit terasa basah (*sensible perspiration*). *Thermal sensation* yang dirasakan tubuh seringkali dikelompokkan dalam skala numerik sebagai berikut:

- a. Dingin (*cold*) -3
- b. Sejuk (*cool*) -2

- |  |    |
|--|----|
| c. Sedikit sejuk ( <i>slightly cool</i> )  | -1 |
| d. Netral/nyaman ( <i>comfortable</i> )    | 0  |
| e. Sedikit hangat ( <i>slightly warm</i> ) | +1 |
| f. Hangat ( <i>warm</i> )                  | +2 |
| g. Panas ( <i>hot</i> )                    | +3 |

Kenyamanan termal dalam suatu bangunan akan tercapai jika terjadi keseimbangan antara suhu, aliran udara, kelembaban dan radiasi matahari yang sesuai dengan kebutuhan manusia dalam beraktivitas. Seorang manusia dikatakan nyaman secara termal apabila ia tidak menyatakan persekitarannya perlu lebih dingin atau lebih panas (McIntyre, 1980).

Menurut penelitian Lippsmeier, batas-batas kenyamanan manusia untuk daerah khatulistiwa adalah 19°C TE (batas bawah) – 26°C TE (batas atas). Pada temperatur 26°C TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat. Daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun pada temperatur 26°C TE – 30°C TE. Kondisi lingkungan yang sukar mulai dirasakan pada suhu 33,5°C TE– 35,5 °C TE, dan pada suhu 35°C TE – 36°C TE kondisi lingkungan tidak dapat ditolerir lagi. Produktivitas manusia cenderung menurun atau rendah pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti halnya terlalu dingin atau terlalu panas. Produktivitas kerja manusia meningkat pada kondisi suhu (termal) yang nyaman (Idealistina, 1991).



**Gambar 2.1** Diagram kenyamanan sebagai fungsi dari temperatur, kelembaban dan kecepatan angin

Sumber: Lippsmeier, 1997

### 2.3 Faktor-Faktor Kenyamanan Termal

Menurut Szokolay dalam *'Manual of Tropical Housing and Building'* menyebutkan bahwa kenyamanan termal tergantung pada variabel iklim

(matahari/radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin) dan beberapa faktor individual/subyektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit.

Teori Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992) dan Standar Internasional untuk kenyamanan termal (ISO 7730:1994) juga menyatakan hal yang sama bahwa kenyamanan termal yang dapat dirasakan manusia merupakan fungsi dari faktor iklim serta dua faktor individu yaitu jenis aktifitas yang berkaitan dengan tingkat metabolisme tubuh serta jenis pakaian yang digunakan. Menurut teori ini, kenyamanan termal tidak secara nyata dipengaruhi oleh perbedaan jenis kelamin, tingkat kegemukan, faktor usia, suku bangsa, tempat tinggal geografis, adaptasi, faktor kepadatan, faktor warna dan sebagainya.

Menurut Humphreys dan Nicol kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh adaptasi dari masing-masing individu terhadap suhu luar di sekitarnya. Manusia yang biasa hidup pada iklim panas atau tropis akan memiliki suhu nyaman yang lebih tinggi dibanding manusia yang biasa hidup pada suhu udara rendah seperti halnya bangsa Eropa.

Berikut perbandingan faktor kenyamanan termal menurut beberapa teori (**Tabel 2.1**):

**Tabel 2.1** Tabel perbandingan faktor kenyamanan termal

<b>Szokolay</b>	<b>Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992), Standar Internasional (ISO 7730:1994)</b>	<b>Humphreys dan Nicol</b>
Iklim:	Iklim:	Iklim:
- matahari (besarnya radiasi),	- matahari (besarnya radiasi),	- matahari (besarnya radiasi),
- suhu udara,	- suhu udara,	- suhu udara,
- angin (kecepatan udara),	- angin (kecepatan udara),	- angin (kecepatan udara),
- kelembaban udara luar	- kelembaban udara luar	- kelembaban udara luar
Faktor Individu:	Faktor Individu:	Faktor Individu:
- pakaian	- aktifitas	- aktifitas
- aklimatisasi	- pakaian	- pakaian
- usia dan jenis kelamin		- adaptasi individu
- tingkat kegemukan		
- tingkat kesehatan		Lokasi geografis
- jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi		
- warna kulit (suku bangsa)		

*Sumber: Talarosha, 2005*

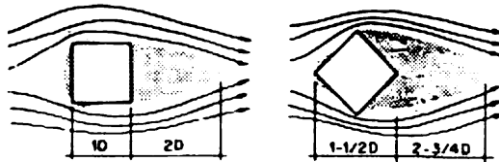
## 2.4 Pendekatan Kenyamanan Termal pada Desain Bangunan

Untuk menciptakan kenyamanan termal dalam bangunan, hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan bangunan (Nur Laela Latifah, et al) adalah sebagai berikut:

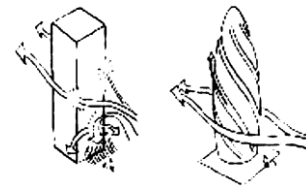
### 1. Orientasi Bangunan

Penyinaran langsung pada dinding bangunan bergantung pada orientasinya terhadap matahari. Pada daerah dengan iklim tropis fasad bagian timur akan lebih banyak terkena radiasi matahari (Mangunwijaya, 1980).

Bangunan dengan bentuk persegi menciptakan *eddy* yang relatif konsisten, sementara bangunan yang tidak bersudut memungkinkan aliran udara bergerak melalui selubung bangunan tanpa terjadi tabrakan yang dapat menyebabkan bayangan angin (*leeward*).



**Gambar 2.2** Orientasi bangunan persegi terhadap arah angin  
Sumber: Boutet, 1987



**Gambar 2.3** Orientasi bangunan silinder terhadap arah angin  
Sumber: <http://www.archinomy.c5om/case-studies/669/30>

### 2. Dimensi dan Bentuk Bangunan

Bentuk dan dimensi bangunan memberikan pengaruh pada lebar bayangan angin (*leeward*).



**Gambar 2.4** Pengaruh dimensi dan bentuk bangunan terhadap ukuran bayangan angin.  
Sumber: Boutet, 1987

### 3. Material Bangunan

Panas masuk ke dalam bangunan melalui proses konduksi pada material bangunan yaitu melalui dinding, atap, jendela kaca dan radiasi panas matahari yang ditransmisikan melalui jendela/ kaca.

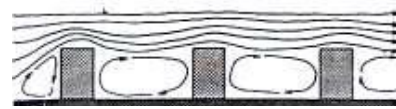
#### 4. Konfigurasi Bangunan

Perletakan massa bangunan dengan pola papan catur akan menciptakan aliran udara lebih merata dan bangunan tidak berada dalam daerah bayangan angin (*leeward*), sedangkan perletakan bangunan dengan posisi berjajar dapat menimbulkan kantong-kantong turbulensi yang berisi pergerakan udara kecil yang menciptakan pola lompatan yang tidak biasa pada aliran udara.



**Gambar 2.5** Aliran udara pada bangunan

Sumber: Boutet, 1987



**Gambar 2.6** Pola grid akan menimbulkan kantong turbulensi

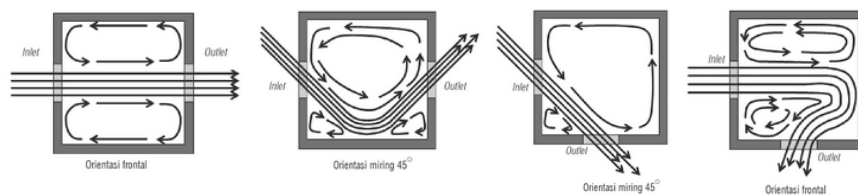
Sumber: Boutet, 1987

#### 5. Bukaannya

Desain bukaan pada bangunan sangat penting dalam upaya menciptakan kenyamanan termal dalam bangunan. Aspek yang harus diperhatikan dalam desain bukaan antara lain:

##### a. Perletakan dan Orientasi Bukaan

Perletakan dan orientasi bukaan inlet terletak pada zona bertekanan positif dan bukaan outlet pada zona bertekanan negatif dalam rangka untuk mengoptimalkan pergerakan udara dalam sebuah bangunan. Perletakan dan orientasi bukaan inlet tidak hanya mempengaruhi kecepatan udara, tetapi juga pola aliran udara dalam ruangan, sedangkan lokasi outlet hanya memiliki pengaruh kecil dalam kecepatan dan pola aliran udara.

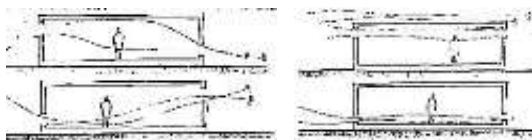


**Gambar 2.7** Perbedaan perletakan dan orientasi bukaan

Sumber: Melaragno, 1982

##### b. Lokasi Bukaan

Bukaan berfungsi untuk mengalirkan udara ke dalam ruangan dan mengurangi kelembaban ruangan. Salah satu syarat untuk bukaan yang baik yaitu harus terjadi *cross ventilation*. Dengan memberikan bukaan pada kedua sisi ruangan maka akan memberi peluang supaya udara dapat mengalir masuk dan keluar.



**Gambar 2.8** Perbedaan lokasi bukaan

*Sumber: Melaragno, 1982*

### c. Dimensi dan Rasio Bukaan

Semakin besar perbandingan luas outlet terhadap luas inlet, maka akan menciptakan kecepatan angin yang lebih tinggi, yang juga menghasilkan penyejukan lebih besar. Berikut tabel peningkatan kecepatan gerak udara berdasarkan rasio luas bukaan berdasarkan ASHRAE 1981 Fundamentals p. 22.7 (**Tabel 2.2**):

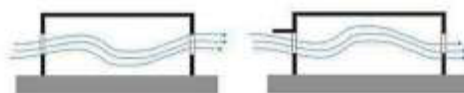
**Tabel 2.2** Rasio peningkatan dimensi bukaan

Rasio	Peningkatan (%)	Rasio	Peningkatan (%)
1 : 1	0	3 : 1	34
1,5 : 1	17,5	3,5 : 1	36
2 : 1	26	4 : 1	37
2,5 : 1	31	6 : 1	38

*Sumber: Latifah, 2015*

### d. Kanopi

Pengarah bukaan sangatlah berpengaruh terhadap upaya pemanfaatan angin dalam pengkondisian ruangan. Pengarah pada inlet akan menentukan arah gerak dan pola udara dalam ruang, sehingga perbedaan bentuk pengarah akan memberikan pola aliran udara yang berbeda-beda. Penggunaan kanopi pada bukaan inlet akan mengarahkan aliran udara ke atas dibandingkan bukaan inlet tanpa kanopi.

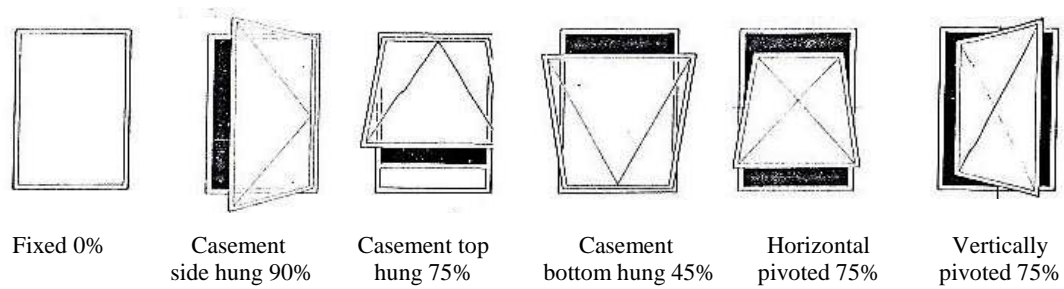


**Gambar 2.9** Perbedaan antara bukaan udara berkanopi dan tidak berkanopi

*Sumber: Melaragno, 1982*

### e. Tipe Bukaan

Tipe bukaan yang berbeda akan memberi sudut pengarah yang berbeda dalam menentukan arah gerak udara dalam ruang, serta efektifitas berbeda dalam mengalirkan udara masuk/keluar ruang.



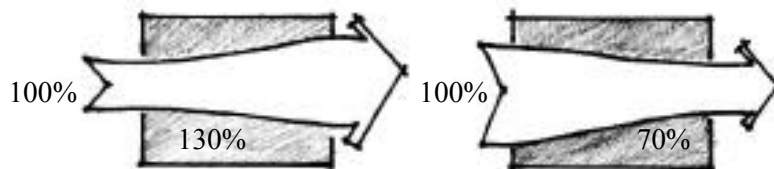
**Gambar 2.10** Desain bukaan

*Sumber: Beckett and Godfrey, 1974*

#### f. Desain Ventilasi/Jendela

Desain jendela dipengaruhi faktor-faktor meliputi penempatan, dimensi dan tipe atau model jendela yang dipilih. Pada layout bangunan satu lapis sangat dimungkinkan terjadinya ventilasi silang sempurna (sudut  $180^\circ$ ) secara horisontal. Ventilasi silang juga akan lebih maksimal apabila penempatan secara vertikal ikut diperhitungkan. Jendela yang berfungsi sebagai inlet (memasukkan udara) sebaiknya diletakkan pada ketinggian manusia yaitu 60 cm - 150 cm (aktivitas duduk maupun berdiri), agar udara dapat mengalir di sekitar manusia tersebut untuk memperoleh rasa nyaman yang diharapkan. Sedangkan jendela yang berfungsi sebagai outlet (mengeluarkan udara) diletakkan lebih tinggi, agar udara panas dalam ruang dapat dengan mudah dikeluarkan.

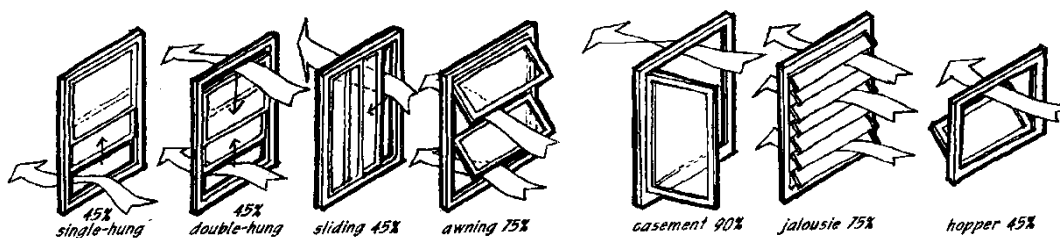
Ventilasi akan lebih lancar bila didukung dengan kecepatan udara yang memadai. Pada kondisi udara hampir tidak bergerak (kecepatan sangat kecil atau 0 m/det), desain jendela harus mampu mendorong terjadinya pergerakan yang lebih cepat atau memperbesar kecepatan udara. Hal ini dapat ditempuh dengan memilih dimensi jendela yang berbeda antara inlet dan outlet atau dengan memilih tipe jendela yang berbeda kemampuan mengalirkan udara.



**Gambar 2.11** Perbedaan dimensi inlet dan outlet

*Sumber: Mediastika, 2002*





**Gambar 2.12** Tipe jendela efektif yang mengalirkan udara (Moore, 1993)

Sumber: Mediastika, 2002

Selain desain jendela pada dinding, perlu diperhatikan juga desain pada jendela atap. Kegunaan dari jendela atap adalah mengeluarkan kelebihan panas dari kediaman atau tempat tinggal. Ketika udara panas, udara akan naik dan berkumpul di bawah langit-langit dari bangunan. Sebuah bukaan pada atap atau bagian atas dari dinding membuat udara panas keluar dan udara dingin masuk. Sebuah kipas bisa saja ditambahkan pada bukaan untuk meningkatkan pelepasan panas. Aliran udara yang dihasilkan akan menggabungkan kekuatan perbedaan tekanan dan daya apung, yang mungkin lebih efektif dalam pergerakan udara daripada ventilasi silang sederhana. Jenis bukaan pada atap adalah jendela loteng, jendela pada atap, *clerestory*, dan *belvedere*.

**Tabel 2.3** Jenis jendela atap

Jenis jendela	Ilustrasi pergerakan angin pada jendela atap	
Skylight		
Dormers		
Clerestories (inlet)		
Belvederes (inlet)		

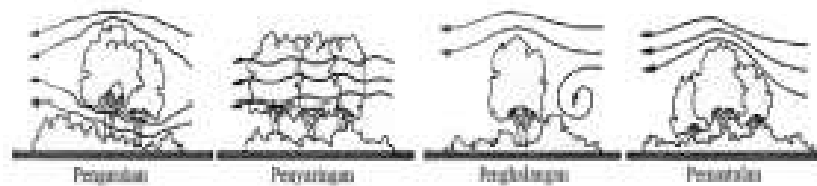
Sumber: Allard, 2002

Fungsi jendela atap sebagai inlet akan membantu meningkatkan kecepatan angin di dalam ruang. Sedangkan fungsi jendela atap sebagai outlet maka akan mempercepat proses keluarnya aliran udara panas dari dalam ruang.

Selain memperhatikan desain bangunan, arsitek juga perlu memperhatikan ruang luar bangunan:

a. Vegetasi

Saat udara bergerak di bawah kanopi pepohonan, suhunya mulai berkurang karena radiasi panas matahari disaring oleh dedaunan. Proses transpirasi yang terjadi pada pepohonan menambah kelembaban (Boutet, 1987).



**Gambar 2.13** Pengaruh vegetasi

Sumber: Boutet, 1987

Menurut White R.F (dalam *Concept in Thermal Comfort*, Egan, 1975) kedekatan pohon terhadap bangunan mempengaruhi ventilasi alami dalam bangunan.



**Gambar 2.14** Jarak pohon terhadap bangunan dan pengaruhnya terhadap ventilasi alami

Sumber: Egan, 1975

Sekumpulan pohon juga dapat dimanfaatkan sebagai 'windbreak' untuk daerah yang kecepatan anginnya cukup besar. Pohon sebagai 'windbreak' dapat mengurangi kecepatan angin lebih dari 35 % jika jaraknya dari bangunan sebesar 5 x tinggi pohon.

b. Air

Keberadaan air akan menurunkan suhu udara di sekitarnya karena terjadi penyerapan panas pada proses penguapan air. Selain menurunkan suhu udara, proses penguapan akan menaikkan kelembaban. Untuk daerah iklim tropis basah seperti di

Indonesia yang memiliki kelembaban yang tinggi maka peningkatan kelembaban harus dihindarkan. Oleh sebab itu penggunaan unsur air harus mempertimbangkan adanya gerakan udara (angin) sehingga tidak terjadi peningkatan kelembaban.

c. Pengaruh bangunan dan material sekitar

Bangunan dapat memantulkan, menghalangi, mengarahkan, dan mengurangi atau menambah kecepatan aliran udara. Besar kecilnya pengaruh bangunan terhadap aliran udara bergantung kepada tinggi, lebar, panjang, dan bentuk bangunan tersebut. Permukaan material berwarna gelap akan menyerap radiasi panas matahari lebih cepat, sehingga panas mudah masuk dan menyebabkan suhu ruangan naik (Satwiko, 2009).

## 2.5 Kecepatan Angin dalam Bangunan

Kecepatan angin dalam batas tertentu di dalam bangunan dapat dimanfaatkan untuk menciptakan kenyamanan termal penghuni. Dimana keberadaan angin tersebut mampu membantu proses penguapan keringat kulit akibat kelembaban udara yang berlebih. Proses penguapan kulit tersebut pada akhirnya akan menimbulkan perasaan sejuk (nyaman secara termal) di seputar kulit tubuh manusia.

**Tabel 2.4** Efek kecepatan angin pada manusia

Deskripsi	m/s	Km/h
Diam	0.0	0.0
Tak terasa	0.1	0.4
Sedikit terasa	0.3	1.0
Sepoi-sepoi tenang	0.5	1.8
Sepoi-sepoi ringan	0.7	2.5
Rambut dan kertas bergerak	1.0	4.0
Angin berhembus agak kencang	1.4	5.0
Berhembus tak nyaman	1.7	6.0
Berhembus mengganggu	2.0+	6.5+

Sumber: Satwiko, 2009

## 2.6 Pergantian Udara Per-Jam (ACH)

Pergantian udara per-jam (ACH, *Air Change rate per Hour*) adalah jumlah pergantian seluruh udara dalam ruangan dengan udara segar dari luar setiap jam-nya. Proses pergantian udara ini sangat tergantung pada rancangan bangunan dan lingkungan di sekitarnya. Penempatan dan ketinggian jendela, luas bukaan inlet dan outlet jendela, model bukaan jendela dan bentuk atap bangunan akan mempengaruhi kecepatan udara di dalam ruang, sedangkan arah, kecepatan angin, kerapatan dan ketinggian bangunan

sekitar layak diperhitungkan sebagai filter ataupun pengarah aliran angin masuk dalam bangunan.

Adapun rate ACH ideal bagi suatu ruang tergantung pada tujuan yang hendak dicapai. Menurut EnREI (*Energy Related Environmental Issues*), untuk tujuan kesehatan dan kenyamanan penghuni diperlukan nilai pertukaran udara berkisar sebesar 0,5 ACH - 5 ACH.

**Tabel 2.4** Standart kebutuhan udara

Tujuan	Standart kebutuhan (ACH)	Standart kebutuhan (liter/detik m <sup>2</sup> )
Kesehatan	0.5 - 1	0.4 - 0.8
Kenyamanan	1 - 5	0.8 - 4

Sumber: EnREI (1991) dalam *Mediastika*, 2010

Untuk mengetahui pertukaran udara per jam (ACH) dalam ruang, dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus (<http://e-journal.uajy.ac.id/>):

$$\text{ACH} = (Q/V) \times 3600 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

Q = tingkat penghawaan alami (m<sup>3</sup>/s), dan

V = volume ruangan (m<sup>3</sup>)

Tingkat penghawaan alami (Q) dapat diperoleh dengan rumus:

$$Q = 0.025 \times A \times v \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

A = luas bukaan (m<sup>2</sup>)

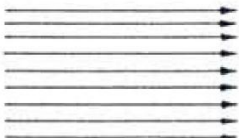
v = kecepatan angin pada bukaan (m/s), dan

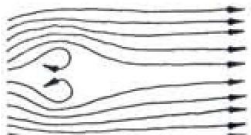
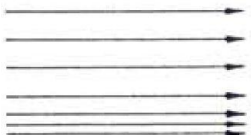
0.025 = faktor pengali

## 2.7 Prinsip Pergerakan Udara

Terdapat tiga kategori pola pergerakan udara yaitu (**Tabel 2.5**):

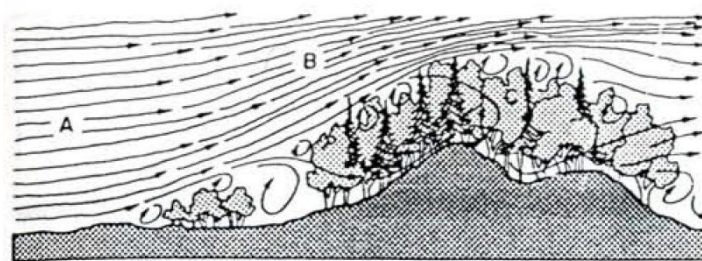
**Tabel 2.5** Kategori pola pergerakan udara

No	Nama Pola	Ilustrasi	Keterangan
1	Laminar		Arus angin mengalir relatif sejajar satu sama lain dan dapat terprediksi karena turbulensi internalnya rendah

2	Turbulen		Pada awalnya merupakan pola laminar yang mengalami perubahan pola menjadi acak dan tidak terprediksi akibat adanya elemen eksternal
3	Terpisah		Pergesekan antar arus angin dapat mengurangi kecepatan angin pada arus angin tertentu dalam kesejajaran yang tetap sama dan tanpa turbulensi

*Sumber: Latifah, 2015*

Pergerakan udara dapat berubah dari kategori yang satu ke yang lain sepanjang waktu dan pada jarak tertentu. Sebagai contoh pergerakan udara laminar dapat menjadi turbulen apabila tingkat kekasaran topografi semakin besar.



**Gambar 2.15** Perubahan pola pergerakan udara dari (A) laminar ke (B) terpisah ke (C) turbulen

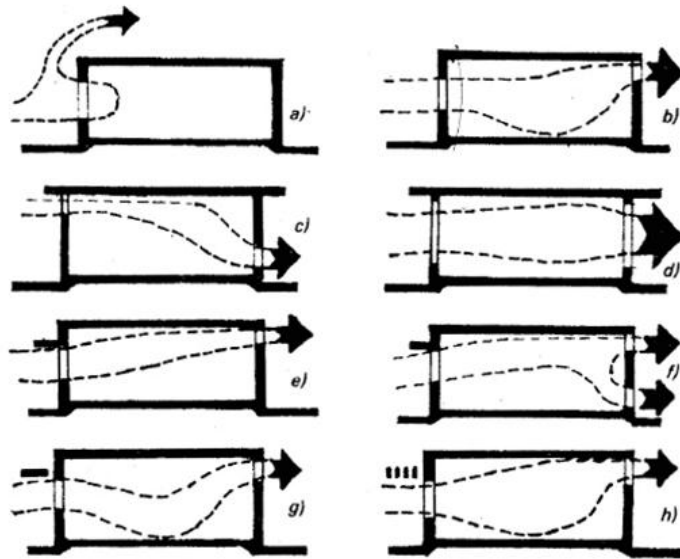
*Sumber: Boutet, 1987*

## 2.8 Macam Sistem Ventilasi

Ventilasi pada bangunan diperlukan agar udara dapat mengalir dalam bangunan. Ventilasi bangunan dapat dibagi menjadi dua macam yaitu:

### 1. Ventilasi horizontal

Bukaan pada dinding diperlukan untuk mengatur aliran udara dan penyegaran di dalam ruang agar pergerakan udara tidak terlalu keras ataupun terbatas. Pergerakan udara sebaiknya diarahkan ke ruang yang dihuni manusia saat melakukan aktivitas seperti saat duduk, berdiri ataupun berbaring saat tidur agar ventilasi memenuhi kebutuhannya.

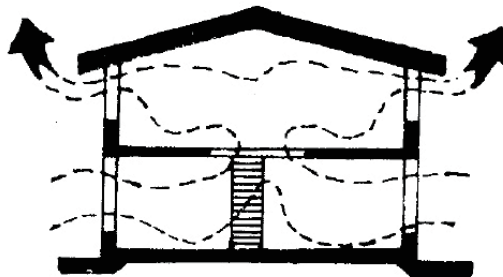


**Gambar 2.16** Ventilasi horizontal

*Sumber: Mangunwijaya, 1988*

## 2. Ventilasi vertikal

Pada ruang yang menggunakan ventilasi vertikal, udara hangat akan bergerak naik dan keluar melalui bukaan yang terdapat pada puncak ruangan dan digantikan oleh udara sejuk yang masuk dari bukaan yang terletak pada sisi bawah ruangan. Udara yang masuk ke dalam ruang akan membawa udara panas di dalam keluar.



**Gambar 2.17** Ventilasi vertikal

*Sumber: Mangunwijaya, 1988*

## 2.9 Studi Terdahulu

**Tabel 2.6** Kesimpulan hasil tinjauan terdahulu

No.	Judul	Peneliti	Variabel yang diamati				
			Dimensi ruang	Bukaan	Ruang luar bangunan	Aktivitas dalam ruang	Persepsi pengguna
1.	Kajian Kenyamanan Termal pada Bangunan Student Center Itenas Bandung	Latifah et al, 2013					

2.	Pengaruh Bukaannya terhadap Kenyamanan Thermal pada Bangunan Publik di Daerah Tropis	Amin et al, 2004			
3.	Pengaruh Luas Bukaannya terhadap Penghawaan Alami dan Kenyamanan Termal Pada Rumah Tinggal Hasil Modifikasi Dari Rumah Tradisional Minahasa	Toisi, John, 2012			
4.	Model Ventilasi Atap pada Pengembangan Rumah Sederhana di Lingkungan Berkepadatan Tinggi	Sukawi et al, 2015			

Keterangan:

- Variabel yang dikaji peneliti
- Variabel yang disarankan untuk peneliti lain
- Variabel tidak dikaji

## 2.10 Kesimpulan dan Hipotesis Tinjauan Pustaka

Berdasarkan teori-teori dan studi terdahulu, maka hipotesis penelitian antara lain sebagai berikut:

1. Pendekatan termal pada desain bangunan perlu diperhatikan untuk mencapai kinerja termal yang optimal. Pengaturan tata ruang serta pengaturan luas dan jenis bukaan dapat mempengaruhi suhu, kelembaban dan kecepatan angin dalam ruang.
2. Selain penggunaan sistem ventilasi horizontal, perlu diperhatikan juga penggunaan sistem ventilasi vertikal untuk dapat memaksimalkan kinerja termal dalam bangunan.