

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Islamic Center*

Kata *Islamic Center* sendiri memiliki pengertian yang luas, diambil dari beberapa pendapat ahli dan pakar agama, muncul beberapa definisi sebagai berikut:

Drs. Sidi Gazalba, beliau mengatakan “*Islamic Center* adalah wadah bagi aktifitas-aktivitas kemasyarakatan yang berdasarkan Islam. Islam dalam pengertiannya sebagai agama, maupun dalam pengertian yang lebih luas sebagai pengangan hidup (*way of live*). Dengan demikian aktifitas-aktifitas di dalamnya mencakup nilai-nilai peribadatan yang sekaligus nilai-nilai kemasyarakatan” (Gazalba, 2006)

Sedangkan dalam Buku Pelaksanaan Proyek *Islamic Center* di seluruh Indonesia oleh Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Departemen Agama R.I, adalah sebagai berikut “*Islamic Center* adalah merupakan lembaga keagamaan yang dalam fungsinya sebagai pusat pembinaan dan pengembangan Agama Islam yang berperan sebagai mimbar Pelaksanaan Da’wah dalam Era Pembangunan”. Adapun pendapat lain menurut Prof. Syafi’i Karim, yaitu “*Islamic Center* merupakan istilah yang berasal dari negara-negara barat yang dimana minoritas masyarakatnya beragama Islam. Jadi untuk memenuhi segala kegiatan-kegiatan Islam mereka kesulitan untuk mencari tempat. Untuk itu aktifitas-aktifitas Islam tersebut dipusatkan dalam suatu wadah yang disebut *Islamic Center*” (DEPAG, 1975)

#### 2.2 **Sistem Ventilasi**

Ventilasi bangunan dapat berupa ventilasi alami dan ventilasi buatan (melibatkan mesin pengondisi udara yang akan menurunkan suhu dan kelembapan udara, AC) dan ventilasi semi-buatan (ventilasi alami dibantu oleh kipas angin untuk menggerakkan udara tetapi tidak melibatkan penurunan suhu). Ventilasi dibutuhkan agar udara di dalam ruangan tetap sehat dan nyaman. Baik aktivitas manusia maupun benda-benda di dalam ruang dapat menghasilkan gas-gas yang berbahaya bagi kesehatan bila tetap terkonsentrasi di dalam jumlah yang melebihi batas toleransi manusia. Udara yang kotor harus diganti dengan udara yang lebih bersih (Satwiko, 2009).

Ventilasi alami adalah pergantian udara secara alami (tidak melibatkan peralatan mekanis, seperti mesin penyejuk udara yang dikenal sebagai *air conditioner* atau AC). Ventilasi alami menawarkan ventilasi yang sehat, nyaman, tanpa memerlukan energi tambahan. Namun, untuk merancang ventilasi alami perlu dipikirkan syarat awal, yaitu:

1. Tersedianya udara luar yang sehat (bebas dari bau, debu dan polutan lain yang mengganggu).
2. Suhu udara luar tidak terlalu tinggi (maksimal 28 derajat Celcius).
3. Tidak banyak bangunan disekitar yang akan menghalangi aliran udara horizontal sehingga angin dapat berhembus lancar, dan
4. Lingkungan tidak bising, jika syarat awal tidak dipenuhi sebaiknya tidak dipaksakan untuk memakai ventilasi alami karena justru akan merugikan. (Satwiko, 2009).

Dengan demikian ventiasi alami sebenarnya hanya cocok untuk daerah yang beriklim nyaman (*mild atau moderate*) dan tidak ekstrem (Liddament, 1996). Jika prasyarat diatas dasar di atas terpenuhi maka ventilasi alami memiliki beberapa nilai positif, yaitu:

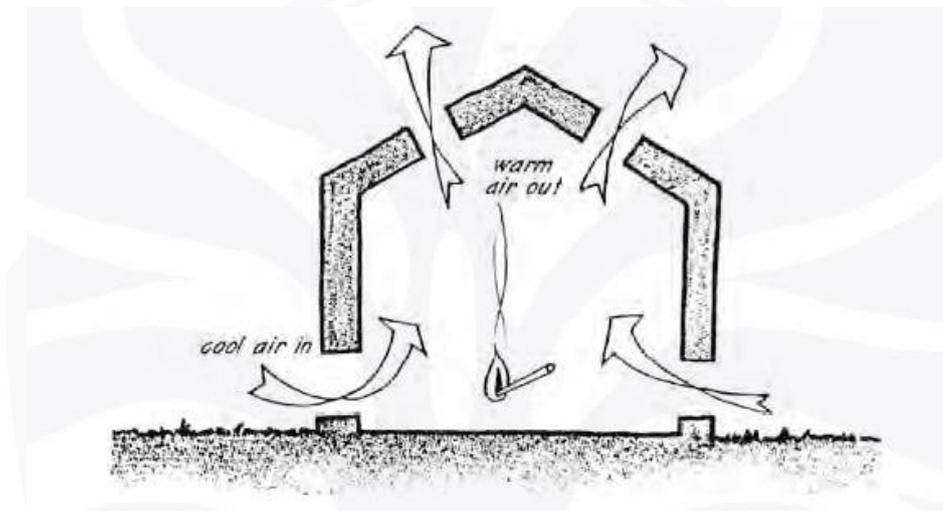
1. Hemat energi
2. Menghubungkan iklim di dalam ruang dengan luar ruang yang menciptakan suasana alami.
3. Biaya pembuatan dan perawatan relative murah disbanding ventilasi buatan, dan
4. Tidak memerlukan ruang mesin (Satwiko, 2009).

Beberapa nilai negatif ventilasi adalah:

1. Suhu tidak mudah diatur.
2. Kecepatan angin tidak mudah diatur
3. Kelembapan tidak mudah diatur
4. Kualitas udara tidak mudah diatur
5. Gangguan lingkungan (kebisingan dan lain-lain) sulit dicegah
6. Bukaannya mungkin akan berisiko pada keamanan, dan
7. Untuk bangunan bermassa gemuk maka ventilasi alami sulit menjangkau bagian tengah (Satwiko, 2009).

### 2.2.1 Pergerakan Angin

Angin bergerak karena terjadi perbedaan tekanan udara. Udara selalu bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke yang rendah (Moore, 1993). Perbedaan suhu juga dapat menyebabkan Bergeraknya udara. Hal ini dikarenakan udara yang bersuhu lebih tinggi memiliki tekanan udara yang lebih rendah dari pada udara bersuhu rendah. Contohnya, jika udara dalam bangunan lebih panas dari pada di luar, maka udara akan keluar menuju bukaan yang tinggi. Udara panas cenderung bergerak ke atas. Udara luar (yang lebih dingin) akan masuk ke dalam bangunan menggantikan tempat yang udara panas. Teknik ini biasa disebut *stack effect ventilation* (Moore, 1993).



Gambar 2.1 *Stack Effect Ventilation*  
Sumber: F. Moore, 1993

Telah diketahui bahwa selayaknya bangunan dapat memberi ruang beraktivitas yang nyaman kepada manusia sebagai penggunaanya agar terlindung dari iklim luar yang tidak menguntungkan, sehingga aktivitas dalam bangunan dapat berjalan dengan optimal (Sugini, 2004).

Upaya mencapai kenyamanan pada bangunan di Indonesia yang beriklim tropis lembab dengan karakteristik curah hujan yang tinggi, kelembapan udara yang tinggi dapat mencapai angka lebih dari 90%, suhu udara relatif tinggi hingga mencapai 38 derajat Celcius, aliran udara sedikit, serta radiasi matahari yang menyengat dan mengganggu, dapat diatasi melalui strategi pendinginan bangunan dengan cara mengatasi pengaruh negatif iklim dan memanfaatkan semaksimal mungkin pengaruh yang menguntungkan (Talarosha, 2005).

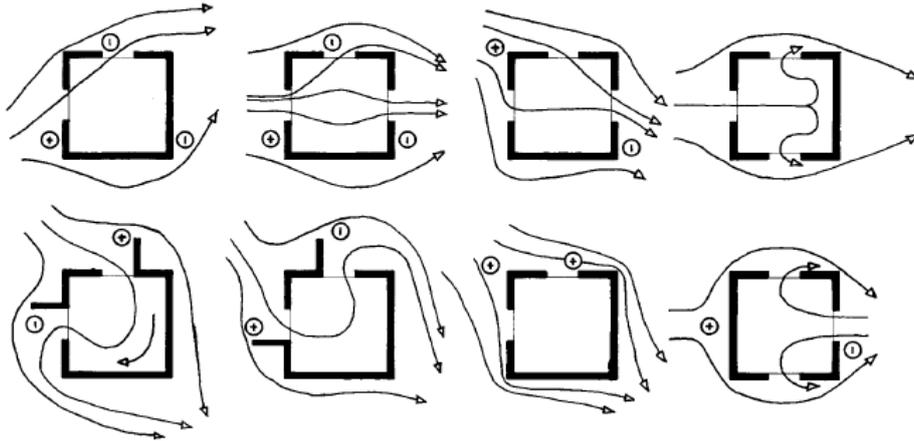
Ventilasi mempengaruhi pergerakan udara di dalam maupun di luar bangunan. Pengaturan suatu ventilasi menjadikan salah satu konsentrasi yang penting dalam mendesain suatu bangunan, bagaimana cara membuat aliran udara dalam bangunan mengalir dengan baik dan pengguna bangunan merasa nyaman berada di dalam bangunan. Dari beberapa hal yang terjadi, suatu hal yang mudah yaitu menggunakan kipas angin, tetapi penggunaannya menjadi lebih bising dan mahal. Udara bergerak secara fleksibel dan selalu mengalir dari tekanan tinggi ke rendah. Tekanan positif dari udara berada diatas bangunan, dimana udara menekan dengan sangat kuat pada bangunan, dan untuk tekanan udara negatif terjadi ketika angin mengalir rendah ke bangunan. Terdapat beberapa cara untuk membuat gradasi tekanan udara ke dalam bangunan, melalui dua tahap, yaitu:

1. Menggunakan tekanan berbeda yang mengelilingi area luar bangunan.
2. Menggunakan perbedaan tekanan yang disebabkan oleh variasi tekanan di dalam rumah. Udara yang hangat adalah sedikit lebih padat dari pada udara dingin, maka dari itu, variasi tekanan yang menyebabkan tubuh udara yang hangat naik juga menyebabkan tubuh udara yang dingin turun. Kejadian ini disebut *stack effect* dan bisa dipakai ventilasi ruangan. Ia juga merupakan perlawanan terhadap hembusan angin yang datang melalui ventilasi (Roaf & Thomas, 2003).

Menggunakan tekanan udara pada ventilasi sangat umum dilakukan. Terutama jika objek bangunan berada pada kawasan yang berangin kencang. Terdapat beberapa tantangan cara mendesain ventilasi dengan tepat meliputi beberapa macam pergerakan angin (Roaf & Thomas, 2003).

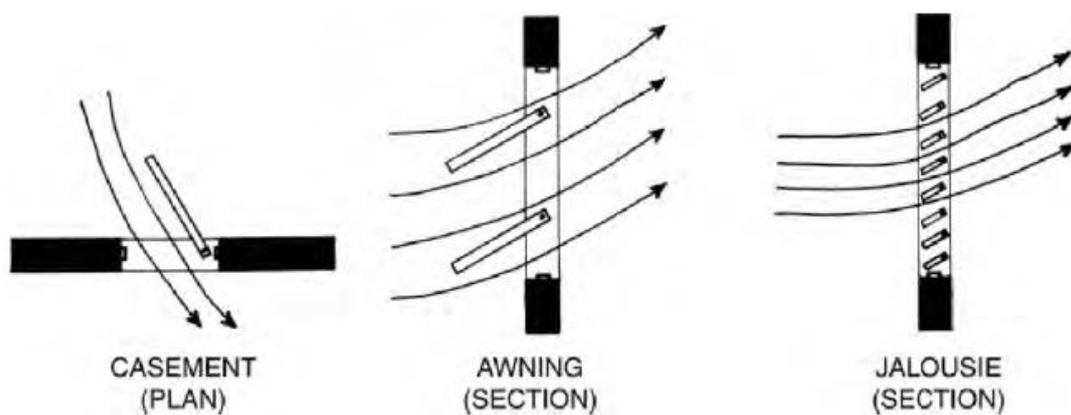
### **2.3 Buka-an Ventilasi Alami**

Ventilasi merupakan aliran udara di dalam bangunan, antar bangunan, dan antara bagian dalam bangunan (*indoor*) dengan luar bangunan (*outdoor*) (Roaf, Fuentes, & Thomas, 2003). Pendinginan dengan memanfaatkan ventilasi merupakan cara lama yang sudah dilakukan dan paling umum digunakan di daerah iklim tropis lembab. Sebelum dapat memanfaatkan pergerakan udara tersebut dalam bangunan perlu diketahui prinsipnya.



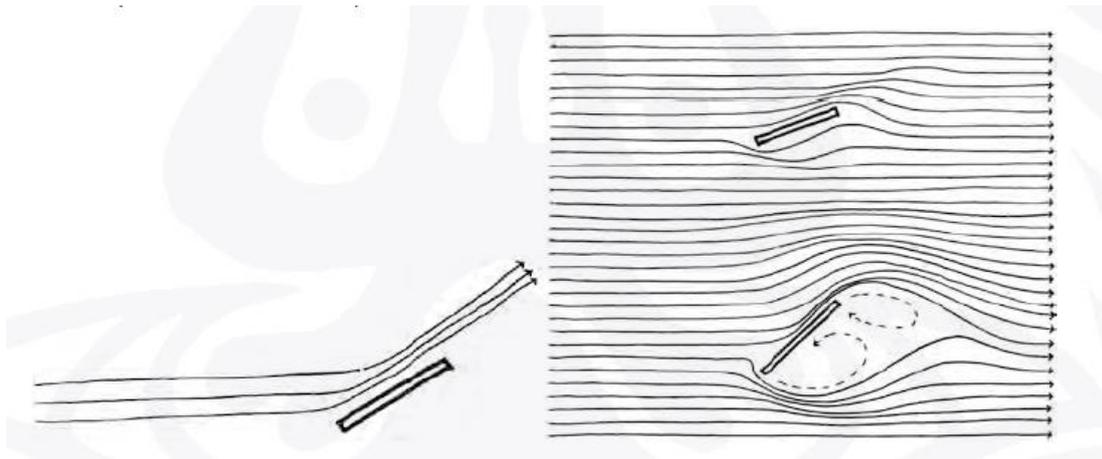
Gambar 2.2 Konfigurasi Tekanan (+) (-) Aliran Udara  
 Sumber: (Roaf & Thomas, 2003)

Terdapat beberapa desain bukaan jendela yang memberikan keduanya dampak besar kualitas dan sirkulasi udara langsung. Meskipun *double hung*, *single hung*, dan *sliding windows* tidak dapat merubah aliran udara langsung, dari jenis bukaan tersebut dapat meyangga paling sedikit 50% dari aliran udara. *Casement windows*, di samping itu, dari semua bukaan ventilasi dapat mengalirkan aliran udara kedalam bangunan, tetapi dari semua desain bukaan ventilasi tersebut aliran udara yang datang dapat dibelokkan (Lechner, 2014)



Gambar 2.3 Desain Bukaan Ventilasi  
 Sumber: (Lechner, 2014)

Walaupun dapat dibelokkan udara akan kembali kearah pergerakan semula jika mendapat pengaruh yang sangat besar dari pergerakan udara dalam tapak. Pembelokan pergerakan udara yang lebih besar akan mengakibatkan turbulensi (Moore, 1993).

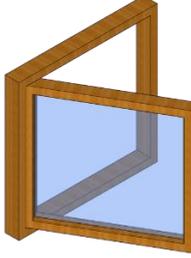
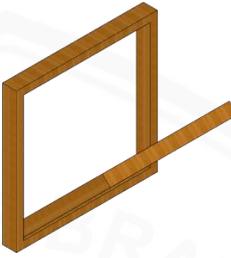
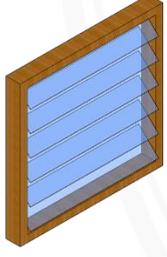
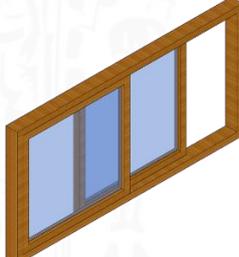


Gambar 2.4 Pembelokan Pergerakan Udara  
Sumber: (Moore, 1993)

Keberadaan angin berpengaruh pada jenis bukaan yang terdapat pada muka bangunan. Bukaan tersebut dapat berupa penggunaan lubang ventilasi ataupun penggunaan aktif sebagai fungsi penghawaan bangunan. Penerapan penghawaan ruangan bangunan disesuaikan dengan prinsip kenyamanan termal. Prinsip ini diterapkan melalui presentase daerah jendela aktif sebesar  $\pm 20\%$  dari area lantai. Presentase tersebut disesuaikan dengan bukaan yang berada di dinding (Lechner, 2014).

Berikut adalah beberapa jenis jendela yang dapat dijadikan acuan bukaan menurut (Frick & Pujo, 2002). Dengan presentase hembusan angin menurut (Backet, 1974).

Tabel 2.1 jenis ventilasi berdasarkan bukaan

Bentuk Ventilasi	Jenis Ventilasi	Bentuk Jendela	Jenis Ventilasi
	Jendela mati ( <i>fixed</i> ) 0%		Jendela hidup ( <i>casement side-hung</i> ) 90%
	Jendela hidup putar ( <i>horizontal pivoted</i> ) 75%		Jendela jatuh ( <i>hopper</i> ) 45%
	Jendela gantung ( <i>awning</i> ) 75%		Jendela geser vertikal ( <i>single hung</i> ) 45%
	Jendela nako ( <i>jalousie</i> ) 90%		Jendela geser horizontal ( <i>sliding</i> ) 40%

Pada jendela mati (*fixed*) tidak mengalirkan udara sama sekali kedalam ruangan. Jendela hidup (*casement side-hung*) mengalirkan udara paling banyak aliran udara kedalam bangunan yaitu 90% dari total hembusan angin. Jendela hidup putar (*horizontal pivoted*) mengalirkan udara sebanyak 75%. Jendela jatuh (*hopper*) mengalirkan udara sebanyak 45%. Jendela gantung (*awning*) mengalirkan udara sebanyak 75%. Jendela geser vertikal (*single-hung*) mengalirkan udara 45%. Jendela nako (*jalousie*) mengalirkan udara 90%. Jendela geser horizontal mengalirkan udara 40% (Becket & Godfrey, 1974).

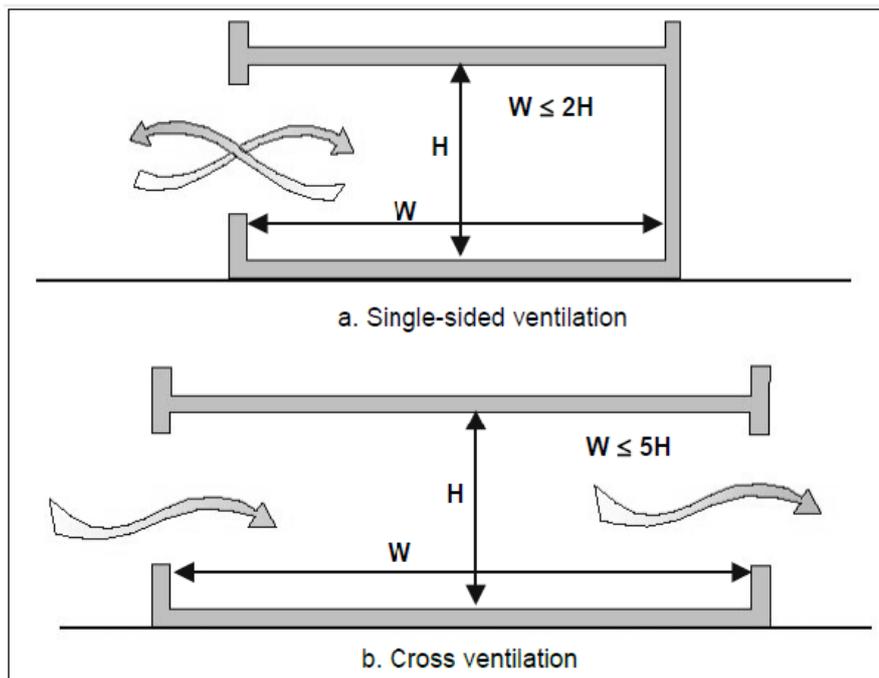
### 2.3.1 Single-Side Ventilation

Ventilasi dengan satu sisi bukaan yang di ilustrasikan pada gambar, dengan kinerja sistem bukaan hanya terdapat pada salah satu sisi bangunan. Kinerja ventilasi tersebut dapat bekerja dengan optimal jika ruang suatu bangunan tinggi (CIBSE, 1997).

### 2.3.2 Ventilasi Silang

Kinerja ventilasi silang sangat efektif dari pada *single-side ventilation*. Kinerja ventilasi tersebut membuat jalur pergerakan udara antara bukaan *inlet* dan *outlet*, yang mana dapat melewati ketinggian dari suatu bangunan. Ventilasi silang sangat efektif untuk memperoleh hasil yang maksimum dalam menurunkan temperatur udara dalam ruang (Smith, 2001).

Luas maksimum suatu ventilasi berkisar antara 10% dari luar area lantai bangunan, dengan menggunakan luas minimum ventilasi dapat menurunkan temperatur udara dengan ambang batas aman (CIBSE, 1997).



Gambar 2.5 Satu Sisi Bukaan & Ventilasi Silang  
Sumber: (CIBSE, 1997)

## 2.4 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal menurut (Szokolay, 2004) merupakan proses yang melibatkan kondisi fisik fisiologis dan psikologis. Kenyamanan termal adalah hasil pemikiran seseorang yang mengekspresikan mengenai kepuasan dirinya terhadap

lingkungan termalnya. ASHRAE (*American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer*) mendefinisikan kenyamanan termal sebagai suatu kondisi dimana ada kepuasan terhadap kenyamanan termal di sekitarnya. Sedangkan menurut (Snyder, 1989) merupakan keadaan lingkungan atau alam yang dapat mempengaruhi manusia. Dari pernyataan tersebut dapat dinyatakan bahwa kenyamanan termal merupakan rumusan empirik yang merupakan sebuah pengalaman terhadap rasa dimana kondisi yang dirasakan dapat berbeda antara satu orang dengan yang lainnya.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yang dikatakan (ASHRAE, 2005), yaitu:

Temperatur udara merupakan temperatur sekeliling ruangan pengguna. Temperatur termasuk pada salah satu faktor utama yang mempengaruhi kenyamanan termal.

Temperatur *radiant* adalah panas yang beradiasi dari suatu objek. Temperatur radiant lebih banyak memberikan pengaruh dibandingkan dengan temperatur udara pada saat melepas atau menerima panas lingkungan.

1. Kecepatan angin

Kecepatan angin termasuk kedalam faktor penting dalam pembahasan kenyamanan termal. Jika pada suatu ruangan memiliki udara yang tidak bergerak, pengguna ruangan dapat merasakan kaku atau berkeringat.

2. Kelembapan

Kelembapan radiatif adalah perbandingan uap air pada udara yang ditampung saat itu dengan uap air pada udara maksimum yang ditampung pada saat temperatur yang sama. Lingkungan yang memiliki kelembapan yang tinggi dapat mencegah penguapan keringat dari dalam tubuh. Semakin sedikit keringat menguap maka semakin tinggi kelembapan, sehingga individu merasa kegerahan.

3. Insulasi pakaian

Kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh insulasi pakaian yang dikarenakan oleh pengguna ruang. Pakaian mengurangi pelepasan panas dalam tubuh, batas nyaman untuk pakaian adalah  $n \leq 0,5 \text{ Clo}$ .

4. Tingkat metabolisme

Metabolisme adalah panas hasil dari dalam tubuh ketika beraktivitas. Semakin banyak melakukan aktifitas fisik, semakin banyak panas yang dihasilkan, dan semakin banyak pula panas yang dikeluarkan agar tubuh

tidak mengalami *overheat*. Metabolisme tubuh diukur dalam satuan MET (1 MET =  $58\text{W}/\text{m}^2$  permukaan tubuh). Manusia dewasa yang normal memiliki permukaan kulit  $1,7\text{ m}^2$ . Individu dengan keadaan nyaman pada termal dengan tingkat aktifitas 1 MET akan memiliki *heat loss* kurang lebih 100 W.

Ada faktor lain yang mempengaruhi kenyamanan termal terhadap pengguna yang dikatakan oleh (SNI, 2001) 03-6572-2001 adalah kelembapan udara relatif, radiasi permukaan panas, aktifitas pengguna, dan pakaian yang dikenakan. Ketentuan kelembapan udara relatif dikemukakan oleh SNI 03-6572-2001 adalah kelembapan relatif untuk daerah tropis dianjurkan berkisar antara 40%-50%. Tetapi jika ruangan tersebut digunakan oleh pengguna yang cukup padat seperti ruangan pertemuan, kelembapan relatif dapat berkisar antara 55%-60%. Pada radiasi permukaan panas menurut SNI-03-6572-2001 dikatakan bahwa, apabila dalam suatu ruangan dengan dinding sekitarnya panas, akan mempengaruhi kenyamanan seseorang didalam ruangan tersebut, meskipun temperatur udara sekitarnya sesuai dengan tingkat kenyamanannya (misalnya ruangan yang berada di dekat dapur dan oven). Usahakan temperatur radiasi rata-rata lebih tinggi dari temperatur udara kering pada ruangan, maka temperatur udara ruangan dibuat lebih rendah dari pada temperatur udara luar.

(Lippsmeier, 1994) menyatakan bahwa batas kenyamanan untuk wilayah khatulistiwa berkisar antara  $19^{\circ}\text{C}$  TE- $26^{\circ}\text{C}$  TE dengan pembagian temperatur sebagai berikut:

1. Temperatur  $26^{\circ}\text{C}$  TE: penghuni sudah mulai berkeringat
2. Temperatur  $26^{\circ}\text{C}$  TE –  $30^{\circ}\text{C}$  TE daya tahan dan kemampuan bekerja mulai menurun
3. Temperatur  $35,5^{\circ}\text{C}$  TE - $35,5^{\circ}\text{C}$  TE: kondisi mulai sukar
4. Temperatur  $35^{\circ}\text{C}$  TE –  $36^{\circ}\text{C}$  TE: kondisi lingkungan tidak memungkinkan lagi.

Adapun temperatur ruangan sehat menurut MENKES NO.261/MENKES/SK/II /1998 adalah temperatur ruangan yang berkisar antara  $18^{\circ}\text{C}$  –  $26^{\circ}\text{C}$  tetapi bergantung pada luasan daerah. Berdasarkan standar yang diterapkan oleh SNI 03-6572-2001 mengetakan bahwa, terdapat tingkatan temperatur yang nyaman untuk orang Indonesia terbagi atas 3(tiga) bagian:

Tabel 2.2 Standar Temperatur Nyaman SNI 03-6572-2001

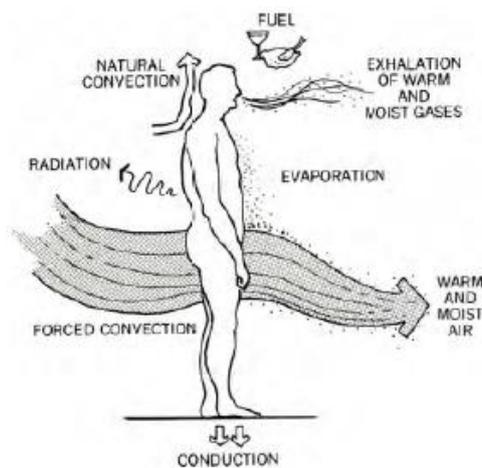
	Temperatur Efektif	Kelembapan / RH
Sejuk nyaman	20,5°C TE – 22°C TE	50%
Ambang atas	24 C TE	80%
Nyaman optimal	22,8°C TE – 25,8°C TE	70%
Ambang atas	28 C	
Hangat nyaman	25,8°C TE – 27,1°C TE	60%
Ambang atas	31°C TE	

(Sumber: SNI 03-6572-2001)

### 2.4.1 Kenyamanan Termal Manusia

Penilaian terhadap kualitas ventilasi diukur dengan standar kenyamanan termal. Terdiri dari enam faktor kenyamanan termal diantaranya (4 faktor lingkungan dan 2 faktor manusia) adalah:

1. Suhu Udara,  $T$  (Temperatur), °C
2. Kecepatan angin,  $V$  (Velocity). m/dtk
3. Kelembapan udara, RH (*Relative Humadity*), %
4. Rata-rata suhu permukaan ruang,  $MRT$  (*Mean Surface Radiant Temperatur*), C dan
5. Aktivitas manusia, met (Merabolism),  $W/m^2$ . (1 met =  $58,15 W/m^2$  sering dibulatkan  $58 W/m^2$ ).
6. Pakaian, clo (*Clothing*),  $m^2 degC/W$  (1 clo =  $0,155 m^2 degC/W$ ).



Gambar 2.6 Kalor Manusia  
Sumber: (Satwiko, 2009)

#### A. Penyejukan Evaporatif

Adalah penyejukan dengan memanfaatkan mekanisme pengurangan panas akibat penguapan air atau zat lain. Untuk menguap, air membutuhkan panas, yang akan diambil dari lingkungan sekitarnya. Dengan demikian suhu lingkungan akan turun. Air dalam bentuk kabut (*spray*) lebih mudah menangkap panas dari udara lingkungan sekitar. Namun, apabila lingkungan lembab seperti di Indonesia, udara tidak lagi 'haus' uap air sehingga penguapan tidak berlangsung dengan cepat. Keringat kita, misalnya, cenderung menempel di kulit dan menyebabkan perasaan lengket yang tidak nyaman. Sebaliknya, di iklim kering, penyejukan evaporatif akan sukses karena udara kering yang masih 'haus' uap air. Jadi musuh utama kenyamanan termal di iklim tropis lembab adalah kelembapan yang tinggi (Satwiko, 2009).

#### B. Penyejukan Radiatif

Adalah penyejukan dengan memanfaatkan mekanisme radiasi. Pada daerah beriklim kering langit jernih (jarang berawan) maka pada malam hari permukaan bumi yang hangat dapat melepaskan panasnya secara radiasi ke langit yang dingin. Sedangkan di daerah iklim tropis lembab, langit selalu berawan, sehingga benda-benda hangat sulit melepaskan panasnya. (Satwiko, 2009).

#### C. Penyejukan Fisiologis

Adalah sensasi sejuk yang dirasakan manusia karena hembusan angin yang mengenai kulitnya, tubuh membuang kelebihan panasnya melalui kontak dengan benda lain yang lebih dingin, uap nafas, dan penguapan keringat. Keringat dipermukaan kulit akan cepat menguap apabila dihembus oleh angin. Sambil membawa panas dari kulit, dan memberi tempat bagi keringat selanjutnya. Semakin cepat proses tadi maka semakin cepat panas dibuang sehingga tubuh menjadi sejuk. Kipas tangan dan kipas angin listrik yang digunakan untuk memperlancar proses penguapan keringat sehingga menimbulkan sensasi sejuk.

#### D. Penyejukan Konvektif

Adalah penyejukan dengan memanfaatkan aliran angin. Bila benda hangat dilewati angin yang lebih sejuk maka akan terjadi perpindahan panas dari benda tersebut ke udara. Bila proses ini terus menerus maka akan menyebabkan benda

tersebut menjadi sejuk karena panasnya kalor diangkut oleh angin. Hal ini menjelaskan mengapa kita meniup bubur panas agar panasnya berkurang.

#### E. Perpindahan Panas

Adalah proses perpindahan kalor dari benda yang lebih panas ke benda lain yang kurang panas. Ada tiga perpindahan panas, yaitu:

##### 1. Perpindahan Panas Konduktif

Perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui kontak (sentuhan).

##### 2. Perpindahan Panas Konvektif

Perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui aliran angin.

##### 3. Perpindahan Panas Radiatif

Perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas dengan cara pancaran.

#### 2.4.2 Faktor Kenyamanan Dalam Ruang

Kondisi kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh faktor iklim dan faktor individu. Faktor iklim yang mempengaruhi kondisi termal terdiri dari: kecepatan angin, kelembapan udara, dan temperatur udara. Sedangkan faktor individu yang menentukan keadaan suhu nyaman adalah jenis aktivitas serta jenis pakaian yang digunakan (Fanger, 1972).

##### 1. Kecepatan Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang disebabkan adanya gaya yang diakibatkan perbedaan tekanan dan perbedaan suhu (Satwiko, 2009). Kecepatan angin pada daerah beriklim tropis lembab cenderung sangat minim. Kecepatan angin umumnya terjadi pada siang hari atau pada musim pergantian. Peranan udara yang bergerak ini sangat membantu mempercepat pelepasan kalor pada permukaan kulit. Angin membantu mengangkat uap-uap air yang menghambat pelepasan kalor. Akan tetapi jika angin terlalu kencang maka kalor yang dilepaskan tubuh menjadi berlebih sehingga akan timbul kondisi kedinginan yang mengurangi kenyamanan termal.

## 2. Kelembapan

Kelembapan udara adalah kandungan uap air yang ada di udara. Kelembapan udara menjadi faktor penting dalam kenyamanan termal pada saat suhu udara mendekati atau melampaui ambang batas kenyamanan dan kelembapan udara lebih dari 70% serta kurang dari 40%. Pada kondisi dalam ruang, kelembapan udara ini mempengaruhi pelepasan kalor dari tubuh manusia. Kelembapan udara yang tinggi akan menyebabkan kalor dalam tubuh manusia sedikit dikeluarkan, sehingga kondisi ini akan menciptakan rasa yang kurang nyaman. Untuk menyeimbangkan kelembapan yang tinggi membutuhkan kecepatan angin yang cukup di dalam ruang, sedangkan kelembapan relatif adalah rasio antara jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air dapat ditampung di udara pada temperatur tertentu.

## 3. Temperatur Udara

Temperatur udara antara suatu daerah dengan daerah lainnya sangat berbeda. Perbedaan ini disebabkan adanya beberapa faktor, seperti orientasi matahari, arah pergerakan angin, ketinggian suatu tempat, dan lamanya penyinaran. Adapun batas ambang kenyamanan temperatur udara untuk daerah khatulistiwa adalah  $19^{\circ}\text{C}$  TE (batas bawah) –  $26^{\circ}\text{C}$  TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat. Pada temperatur  $26^{\circ}\text{C}$  TE –  $30^{\circ}\text{C}$  TE daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun. Temperatur lingkungan mulai cukup sulit diterima dirasakan pada suhu  $35^{\circ}\text{C}$  –  $36^{\circ}\text{C}$  kondisi lingkungan tidak dapat ditolerir lagi. Kondisi udara yang tidak nyaman cenderung akan menurunkan tingkat aktivitas dan daya kunjung. Sedangkan produktivitas kerja manusia dapat meningkat pada kondisi suhu termis yang nyaman (Talarosha, 2005).

### 2.4.3 Lingkungan Kenyamanan Termal

Untuk menciptakan kenyamanan termal, harus mengerti bagaimana mekanisme hilangnya panas dari tubuh manusia tetapi juga mengetahui empat kondisi lingkungan yang mempengaruhi hilangnya panas:

1. *Air temperatur ( $^{\circ}\text{F}$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ )*
2. *Relative humidity*
3. *Air movement(m/s)*
4. *Mean radiant temperatur (MRT)*

Dari semua kondisi tersebut mempengaruhi seluruh bagian tubuh manusia. Dan berikut beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi termal tubuh manusia:

1. Temperatur Udara

Temperatur udara akan menentukan rata-rata dari panas yang hilang melalui udara dan sering disebut proses konveksi. Diatas suhu ( $37^{\circ}\text{C}$ ), aliran panas dan panas tubuh manusia akan menaikkan panas dari udara. kenyamanan rata-rata dari kebanyakan manusia sebanyak 80% memberikan ( $20^{\circ}\text{C}$ ) pada musim dingin dan ( $25^{\circ}\text{C}$ ) pada musim panas.

2. Kelembapan

Kelembapan adalah perbandingan antara kandungan uap air pada suatu saat dengan kandungan uap air pada titik jenuh dalam suhu saat itu (Satwiko, 2009). Penguapan dari kulit yang lembab sering terjadi pada tubuh manusia. Udara yang kering dapat mengabsorpsi uap dari kulit, dan hasil dari penguapan sangat cepat sehingga tubuh menjadi dingin. Di samping itu, ketika kelembapan mencapai 100%, udara menekan semua uap air dan dapat menghentikan proses evaporasi. Disisi kenyamanan, kelembapan dapat diatas 20%. Dibawahnya 60% pada saat musim panas, dan dibawah 80% pada saat musim dingin. dari Batasan-batasan tersebut hanya perkiraan, karena dari banyak variable yang sulit. Namun, pada saat kelembapan rendah akan menyebabkan kering pada organ tubuh manusia, seperti halnya hidung, mulut, mata dan kulit dan dapat menyebabkan sakit pada pernafasan (Lechner, 2014).

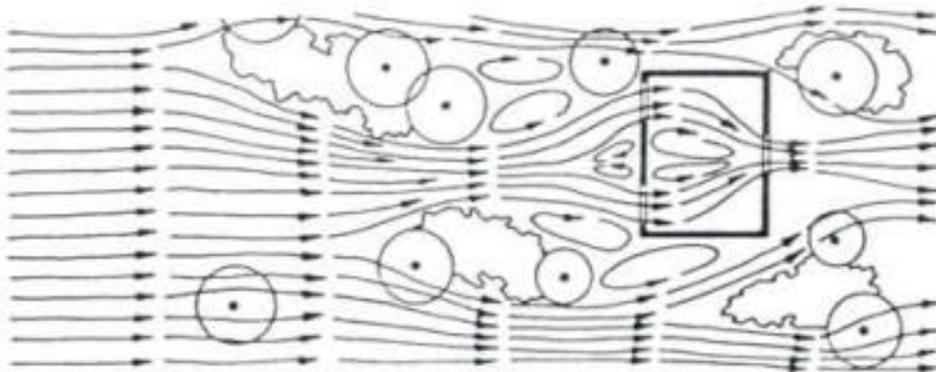
3. Air Movement

Pergerakan angin mempengaruhi hilangnya panas dari kedua faktor yaitu konveksi dan evaporasi. Akibatnya, kecepatan angin dapat menghilangkan panas. Di musim panas, dengan suhu yang tinggi. jarak kenyamanan termal adalah sekitar 20 sampai 60 feet/menit (fpm) (0,1 sampai 0,3 m/s). dari sekitar 60 sampai 200 fpm (0,3 sampai 1 m/s), pergerakan angin yang jelas dapat diterima tergantung dari aktifitas yang dilakukan. Diatas 200 fpm (2mph; 3,2 kph), pergerakan udara agak dapat kurang baik dan mengganggu. Sirkulasi udara pada tubuh manusia setempat yang tidak di inginkan oleh pergerakan udara, dan itu termasuk dalam masalah pada kenyamanan termal.

## 2.5 Vegetasi

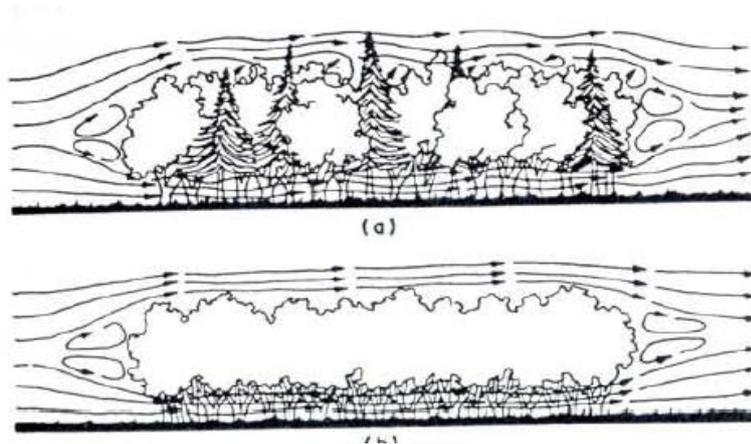
Vegetasi dalam suatu lanskap memberikan dampak positif bagi keseimbangan ekosistem dalam skala yang lebih luas. Memanfaatkan vegetasi sebagai penyejukan pasif pada bangunan dan mengendalikan pergerakan udara. Fungsi lanskap dalam suatu perancangan harus selaras dengan estetika. Memanfaatkan tanaman perdu berpengaruh terhadap aliran udara dalam suatu lingkungan (Boutet, 1987)

Pohon dan semak dapat meningkatkan estetika suatu bangunan dibandingkan dengan pagar. Aliran udara dapat dikontrol melalui pemilihan vegetasi dan peletakkannya. Penyerangan udara pemantulan dan udara yang terhalangi tetap tersedia. Bahkan vegetasi dapat mereduksi pergerakan udara yang ada di sekeliling bangunan dan dapat meningkatkan atau menurunkan struktur energi jika diperlukan. Keektifitasan dari vegetasi dalam mengontrol pergerakan aliran udara tergantung pada massa jenis, rigid, dan karakteristik vegetasi lainnya berbeda dengan kecepatan aliran udara, pola, dan kualitas udara (Boutet, 1987).



Gambar 2.7 Alira Udara  
Sumber: (Boutet, 1987)

Aliran udara dapat dibelokkan dan di saring melalui adanya vegetasi. Perpindahan aliran udara melewati area hijau dapat secara langsung bergerak ke atas dan area bawah dari aliran udara dapat memberikan filterisasi terhadap vegetasi itu sendiri. Jika vegetasi semak kurang, udara yang lebih akan teralirkan dibawah vegetasi pohon. Pola pergerakan udara yang mengelilingi area hijau menentukan panjang, luas aliran udara (Boutet, 1987)



Gambar 2.8 Reduksi Kecepatan Angin  
Sumber: (Boutet,1987)

Jenis vegetasi berkaitan dengan ketebalan dan kelenturan daun dalam aliran udara yang mempunyai kriteria kerapatan daun yang tinggi. Kerapatan vegetasi berkaitan dengan massa daun yang padat pada vegetas berbentuk pohon atau perdu. Tanaman jika cukup tinggi, lebar dan padat dapat meningkatkan penyejukan di dalam bangunan, efektifitasnya tergantung pada kerapatan vegetas dan daun (Priamita, 2012). Vegetasi seperti Angsana, Jambu Bol, Nangka, Kelapa Sawit, Pucuk Merah, Kaetapang Kencana, dan Tanjung memiliki tingkat kerapatan daun yang tinggi, mampu dapat menyaring udara sebelum masuk kedalam bangunan dan dapat menyejukan ruangan secara pasif dengan baik.



Gambar 2.9 Pohon Angsana

Sumber: <http://tipspetani.blogspot.co.id/2012/08/pohon-angsana-banyak-manfaatnya-banyak.html>



Gambar 2.10 Jambu Bol

Sumber: <http://tanamankampung.blogspot.co.id/2013/02/jambu-bol.html>



Gambar 2.11 Pohon Nangka

Sumber: <http://novi-biologi.blogspot.co.id/2011/06/nangka.html>



Gambar 2.12 Kelapa Sawit

Sumber: <http://agronomykelapasawit.blogspot.co.id/2016/08/fisiologi-kelapa-sawit.html>



Gambar 2.13 Pucuk merah

Sumber: <http://bibitbunga.com/blog/cara-stek-pucuk-merah/>



Gambar 2.14 Pohon Tanjung

Sumber: <https://deslisumatran.wordpress.com/2016/11/17/tanjung-mimusops-elengi/>

## 2.6 Rekayasa Ventilasi Alami

Dari beberapa faktor yang menentukan pola sirkulasi udara atau angin yang mempengaruhi suatu bangunan yaitu, distribusi tekanan aliran udara yang mengelilingi sekitar bangunan, sirkulasi langsung udara masuk melewati ventilasi, ukuran, lokasi dan detail dari ventilasi tersebut, dan detail interior, dan beberapa faktor lainnya yang mempengaruhi pergerakan aliran udara (Lechner, 2014).

### 2.6.1 Kondisi Site

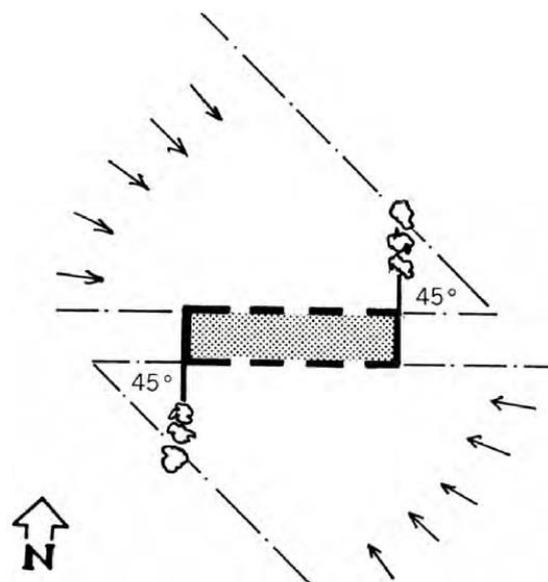
Berdekatan dengan bangunan, dinding, dan vegetasi dalam tapak akan memberikan dampak besar aliran udara dalam bangunan (Lechner, 2014).

### 2.6.2 Orientasi Jendela dan Aliran Udara langsung

Aliran udara dengan tekanan maksimum ketika tegak lurus dengan permukaan ventilasi dan tekanan akan direduksi sekitar 50%. Namun, ventilasi di dalam ruangan lebih baik dengan datangnya aliran udara yang miring masuk ke dalam ruang menghasilkan aliran udara yang besar ke dalam bangunan. Karena itu, jarak yang cukup besar dari pergerakan udara langsung akan bekerja untuk kebanyakan rancangan. Ini menguntungkan karena merupakan sebuah tempat yang jarang berangin utamanya dari yang langsung. Bahkan dimana ada arah angin yang kuat itu tidak mungkin menghadapkan bangunan ke arah angin (Lechner, 2014).

Dikebanyakan cuaca, kebutuhan musim teduh dan musim dingin memerlukan sebuah orientasi bangunan dengan arah panjang sumbu timur-barat. Menunjukkan

serangkaian arah angin yang bekerja dengan baik dengan orientasi itu, bahkan bila arah angin timur-barat orientasi sinar matahari biasanya memiliki prioritas karena angin bisa di arahkan lebih mudah dari pada matahari (Lechner, 2014).

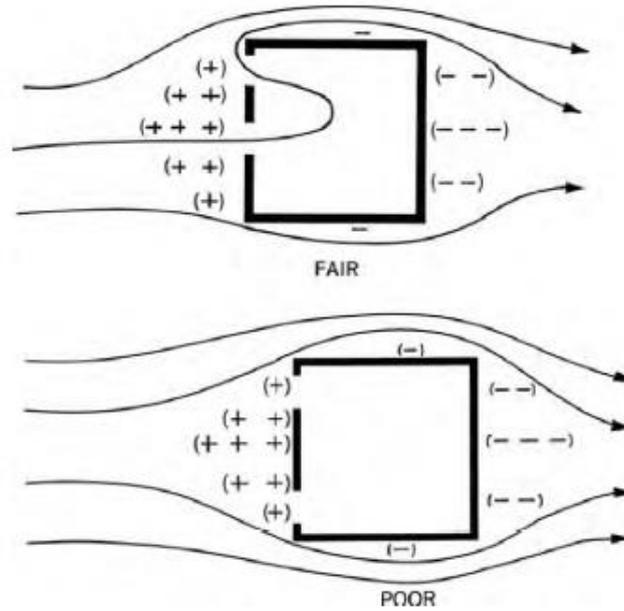


Gambar 2.15 Orientasi dan Pergerakan Udara Langsung  
Sumber: (Lechner, 2014).

### 2.6.3 Pengaruh Peletakan Jendela

Ventilasi silang sangat efektif dalam penggunaannya karena kedua udara tersebut menekan dan mengisi ke seluruh bangunan dengan tekanan positif angin diatas bangunan dan tekanan negatif di area rendah bangunan (Lechner, 2014). Ventilasi dari sebuah bukaan jendela dari salah satu sisi bangunan dapat berbeda melalui aliran udara yang rendah, tergantung pada peletakan jendela. Ketika tekanan udara diatas tinggi dari pada permukaan, terdapat beberapa perbedaan tekanan di asimetric peletakan bukaan. Pada saat itu tidak ada skema tekanan aliran udara (Lechner, 2014).

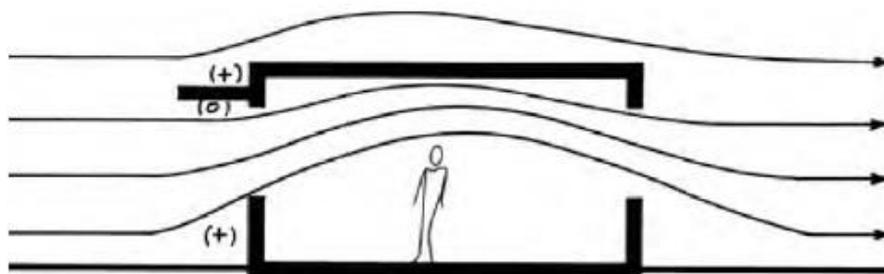
Ventilasi jendela pada satu sisi bangunan bisa bermacam-macam dari yang biasa sampai yang buruk, bergantung pada peletakan jendela. Karena tekanan lebih besar pada pusat arah angin dari pada tepian angin, ada perbedaan tekanan di peletakan jendela yang tidak simetris, sementara tidak ada perbedaan tekanan pada skema yang simetris (Lechner, 2014).



Gambar 2.16 Pngaruh Peletakan Jendela  
 Sumber: (Lechner, 2014).

#### 2.6.4 Bukaan Ventilasi Horizontal dan Aliran Udara

Bukaan jendela horizontal menyebabkan aliran udara dapat dibelokkan ke langit-langit ruang karena bukaan jendela yang padat menimbulkan tekanan positif dari aliran udara dari jeseimbangan tekanan positif di bawah jendela. Namun, pada tritisan yang dimajukan 6 inch atau lebih 15 cm atau lebih akan mmberikan tekanan positif diatasnya untuk mengefektifkan arah aliran udara. Penempatan tritisan lebih tinggi diatas tembok bisa juga mengarahkan aliran udara ke pengguna hunian (Lechner, 2014).



Gambar 2.17 Ventilasi Horizontal  
 Sumber: (Lechner, 2014)

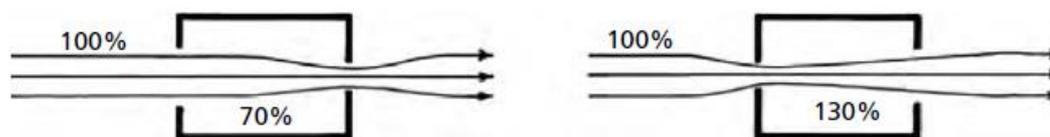
### 2.6.5 Jenis Bukaannya Ventilasi

Tipe dan desain suatu bukaan jendela mempunyai dampak yang besar baik pada kuantitas dan pergerakan udara langsung. Meskipun, dua bukaan, satu bukaan dan jendela geser tidak mengubah aliran udara. Bukaannya tersebut dapat menghalangi sedikitnya 50% aliran udara. Di satu sisi bukaan jendela casement hampir memberikan udara penuh tetapi bukaan jendela tersebut dapat membelokkan arah angin. Bukaannya tersebut dapat juga berfungsi sebagai *fin walls*.

Untuk pembelokan vertikal arah angin, menggunakan *hopper*, *awning*, atau bukaan jalusi. Jenis bukaan tersebut dapat membelokkan air hujan sedangkan udara tetap masuk yang sangat penting dalam iklim panas dan lembab. Sayangnya, dengan kecenderungan jenis bukaan macam ini, jendela tersebut membelokkan angin keatas kepala orang yang menginginkan kenyamanan bukaan ventilasi. Akan tetapi tritisan yang besar mencegah air hujan, kemudian untuk sirip-sirip jendela jalusi dapat dipasang secara horizontal. *Secondary skin* yang dinamis sering dipakai pada daun-daun jendela seperti jendela jalusi kecuali jendela tersebut menghalangi matahari dan *view*. Jumlah retakan dan hasil rembesan yang besar membuat jenis jendela ini tidak sesuai dengan cuaca pada musim dingin.

### 2.6.6 Ukuran Inlet, Outlet dan Peletakan

Secara umum, ukuran *inlet* dan *outlet* seharusnya sama, ada beberapa jumlah ventilasi yang ditujukan berfungsi sebagai bukaan kecil. Namun, jika bukaan jendela kecil biasanya *inlet*, karena dapat menimalkan kecepatan aliran udara di dalam ruang, dan kecepatan aliran udara memberikan dampak yang besar dalam kenyamanan. Meskipun kecepatan aliran udara besar dari pada angin dapat mencapai ke dalam ruang oleh aliran udara yang memusat. Bukan jendela inlet hanya menentukan kecepatan, tetapi juga menentukan pola aliran udara di dalam ruangan. Peletakan dari bukaan *outlet*, di samping itu, mempunyai pengaruh terhadap kecepatan angin dan pola aliran udara.



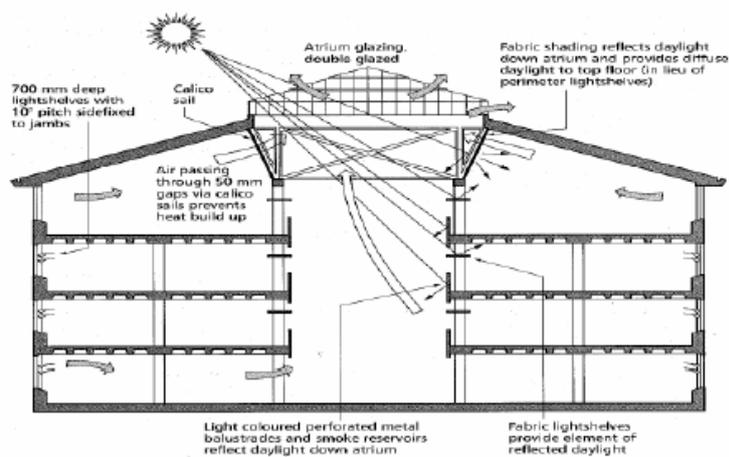
Gambar 2.18 Ukuran *Inlet* dan *Outlet*  
Sumber: (Lechner, 2014)

Namun, peletakan yang banyak tidak mempunyai masa berlaku angin, kebanyakan ventilasi alami pada bangunan di desain dengan fungsi dibawah aliran udara langsung. Maka dari itu, dari pemilihan yang terbaik mempunyai ukuran yang sama pada jenis bukaan *inlet* dan *outlet*. (Lechner, 2014).

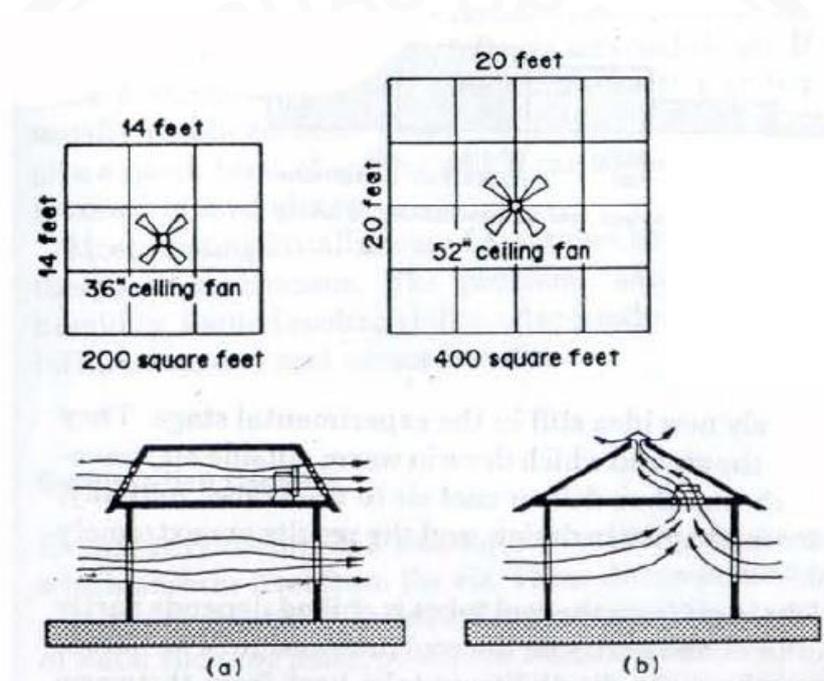
### 2.6.7 Ventilasi Atap

Bentukan atap yang tidak memiliki sirkulasi udara di dalam atap, memberikan kontribusi panas di ruang dibawahnya, yang mempengaruhi kenyamanan termal. Atap limasan pokok, dengan modifikasi bentuk, banyak digunakan pada bangunan modern. Namun tanpa upaya memberikan sirkulasi udara yang baik, akan menurunkan kinerja bangunan itu sendiri. Penggunaan bahan penutup atap modern sangat rapat mengakibatkan tidak adanya pergerakan udara di dalam atap, mengakibatkan panas di rongga atap mempengaruhi ruang dibawahnya. Dengan demikian perlu dilakukan modifikasi yang benar, sehingga sirkulasi udara di dalam atap tidak berjalan sebagaimana semestinya (Purwanto, 2005).

Ventilasi atap pasif pada umumnya digunakan untuk memperendah temperatur loteng atap. Namun jika angin setempat cukup tinggi dan ventilasi cukup besar atau cukup tinggi di atap, alat-alat tersebut dapat digunakan untuk ventilate ruang hunian. Turbin angin biasa memperbesar ventilasi kira-kira 30% lebih membuka. Penelitian menunjukkan desain yang lain bisa memperbanyak aliran udara sebanyak 120%. Meskipun gedung kantor BRE menggunakan ventilasi open stack yang lebih sederhana, ventilasi penting diperoleh dengan bukaan yang tinggi. Sebuah jenis ventilasi yang canggih yang disebut cowl (topi runcing) digunakan di pengembangan perumahan BedZED. Sebuah baling-baling yang besar meluruskan cowl dengan angin sehingga udara di dorong dan di tarik melalui bangunan. Bukaan arah angin mengalami sebuah tekanan positif, sementara bukaan bawah angin mengalami tekanan negatif. Pipa ducting yang kompleks dari tipe cowl mengirim udara melalui ventilasi bangunan.



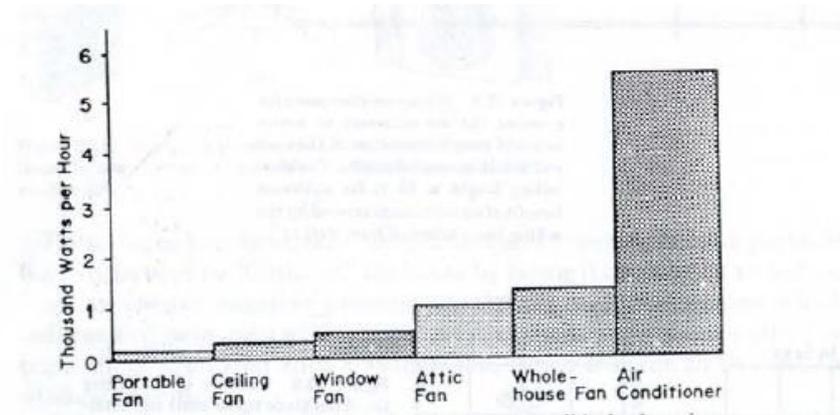
Gambar 2.19 Stack Ventilation  
 Sumber: (Szokolay, 2004)



Gambar 2.20 Proyeksi Aliran Angin Ventilasi Atap

Ventilasi atap sangat efektif dalam meneruskan aliran dalam ruang dan proses ventilasi silang, tidak secara langsung memberikan kenyamanan melalui pergerakan udara. Seluruh kipas dalam ruang memberikan dampak dari kedua ruang dalam dan ruang luar. Dari kedua tersebut merupakan versi mekanikal dari stack ventilasi karena dari kedua ruang tersebut mengilustrasikan udara dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi. Udara sejuk yang masuk ke dalam ruang melalui ventilasi jendela dan udara panas akan

tersalurkan melewati ventilasi atap. Dari keseluruhan kipas dalam ruang memberikan keuntungan udara sejuk malam hari keluar dan terradiasi oleh structure (Boutet, 1987).



Gambar 2.21 Grafik penyimpanan konsumsi energi

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ditujukan untuk memberi tambahan teori dan gambaran hasil yang dicapai pada setiap penelitian yang dipilih. Penelitian terdahulu diperoleh dari beberapa jurnal nasional dan internasional.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Teori	Hasil
1.	Omar S. Asfour, dan Mohammed B. Gadi	A Comparison between CFD and Network models for predicting wind-driven ventilation buildings.	Menggunakan eksperimen dan hasil survei, analisis menggunakan metode simulasi ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> ).	Dalam penelitian ini dikomparasikan menggunakan Ecotect Analisis 2011 CFD dan pengaruh angin terhadap ventilasi di satu gedung. Mengkomparasikan hasil dari rata-rata pergerakan udara menggunakan jaringan model matematik.
2.	Sukawi, Agung Dwiyanto, dan Gagoek Hardiman	Model Ventilasi Atap Pada Pengembangan Rumah Sederhana di Lingkungan Berkepadatan Tinggi	a. Berupa hasil pengamatan, pencatatan dari pengukuran titik-titik di dalam dan di luar rumah.	Ventilasi udara pada atap ternyata dapat menurunkan suhu udara di dalam bangunan. Mengetahui kinerja penghawaan alami pada hunian dengan kepadatan tinggi yang dapat memanfaatkan potensi ventilasi atap dalam mensiasati kenyamanan termal dalam bangunan.
	Bahrudin Hamzah, M. Ramli Rahim, Muhammad Taufik Ishak, dan Sahabuddin	Kinerja Sistem Ventilasi Alami Ruang Kuliah	a. Menggunakan eksperimen dan hasil survei, analisis menggunakan metode simulasi CFD ( <i>Computational</i>	Posisi dan luas bukaan ventilasi alami sangat menentukan pergerakan udara di dalam ruang kelas. Adanya

No.	Peneliti	Judul	Teori	Hasil
				bukaan pada kedua sisi dinding yang bersebelahan di ruang kelas FT-Unhas
4.	Sahabuddin, Baharuddin Hamzah, dan Ihsan	Pengaliran Udara Untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas Dengan Metode Simulasi <i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS</i>	dengan perangkat lunak <i>SolidWorks</i> 2016 sebagai alat bantu. a. Dalam program <i>SolidWorks</i> sudah disiapkan fasilitas untuk membuat geometri yaitu <i>SolidWorks</i> CAD yang terintegrasi dengan <i>SolidWorks Flow Simulation</i> sehingga proses pendefinisian material, set domain, boundary condition, meshing hingga output.	memberi dampak yang baik terhadap pergerakan udara di dalam ruang kelas. Rekayasa untuk memaksimalkan aliran udara yang memenuhi standar nyaman termal pada RK dilakukan dengan memperluas bukaan ventilasi inlet dan outlet.

Dari beberapa penelitian terdahulu tentang ventilasi alami terdapat beberapa teori yang menunjang dalam perancangan atau mengurangi panas dalam ruang yang diteliti. Pengaruh terbesar dalam ventilasi alami yaitu pergerakan udara, udara secara fleksibel masuk ke dalam bangunan melalui ventilasi. Namun, apabila udara udara yang masuk tidak di seimbangkan dengan arah keluarnya udara maka menyebabkan ruang Dalam menjadi tidak nyaman. Memanfaatkan potensi ventilasi atap dapat menurunkan suhu atau temperatur udara dalam ruang, seperti halnya yang sudah dijelaskan dari beberapa penelitian terdahulu.

## 2.8 Kerangka Teori

