

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kenyamanan termal

Kenyamanan termal merupakan salah satu hal yang sangat penting untuk dikondisikan pada ruang dalam bangunan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Basaria (2005) yaitu ISO (Internasional Standard Organization) 7730, dan SNI 03-6572-2001, kenyamanan termal dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Faktor Iklim
  - a. Temperatur Udara ( $^{\circ}\text{C}$ )
  - b. Temperatur Radiasi ( $^{\circ}\text{C}$ )
  - c. Kelembaban Udara (%)
  - d. Kecepatan Aliran Udara (m/detik)
2. Faktor Individu
  - a. Aktivitas (Met)
  - b. Insulasi pakaian (Clo)

Faktor-Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal ruang diuraikan sebagai berikut :

##### 2.1.1. Temperatur udara

Temperatur udara merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan kenyamanan termal. Temperatur udara antara suatu daerah dengan daerah lainnya sangat berbeda. Faktor yang menyebabkan temperatur udara berbeda antar daerah karena disebabkan oleh perbedaan sudut datang sinar matahari, lamanya intensitas penyinaran matahari, arah aliran udara, dan topografi kawasan. Menurut SNI 03-6572-2001, standar kenyamanan termal untuk daerah tropis seperti Indonesia dapat dibagi menjadi sejuk nyaman, temperatur efektif antara  $20,5 - 22,8^{\circ}\text{C}$ , nyaman optimal, temperatur efektif antara  $22,8 - 25,8^{\circ}\text{C}$ , dan hangat nyaman, temperatur efektif antara  $25,8 - 27,1^{\circ}\text{C}$ . Menurut ASHRAE (1992– 2004) suhu nyaman temperatur operatif yaitu  $22,5 - 26^{\circ}\text{C}$  atau rata-rata  $24,25^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian ada perbedaan sebesar  $2,5^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi suhu nyaman bagi orang Indonesia.

### 2.1.2. Temperatur radiasi

Kulit mampu menyerap energi radiasi hampir sama dengan kondisi pada benda hitam, walaupun mungkin akan dapat di kurangi oleh penggunaan pakaian. Temperatur radiasi merupakan radiasi panas dari benda yang menimbulkan panas, salah satunya adalah matahari. Panas radiasi akan timbul jika ada sumber panas dalam sebuah lingkungan. Temperatur radiasi berpengaruh dengan hilangnya atau penambahan panas ke lingkungan.

### 2.1.3. Kelembaban udara

Kelembaban udara merupakan kandungan uap air yang ada di dalam udara. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelembaban udara, yaitu radiasi matahari, temperatur udara, aliran udara, dan ketinggian suatu wilayah, Menurut SNI T 03-6572-2001 Kelembaban udara relatif yang dapat dikatakan cukup nyaman antara 40% - 50%.

### 2.1.4. Kecepatan aliran udara

Kecepatan aliran udara adalah aliran udara yang bergerak secara mendatar atau horizontal di atas tanah. Kecepatan aliran udara dipengaruhi oleh permukaan yang dilaluinya. Menurut SNI T 03-6572-2001 untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang melalui tubuh tidak lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.

### 2.1.5. Insulasi pakaian

Salah satu hal yang juga dapat mempengaruhi kenyamanan termal yaitu jenis dan bahan pakaian yang digunakan. Manusia mengenakan pakaian untuk dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar, yaitu mengenakan pakaian yang tipis saat temperatur udara panas, sedangkan mengenakan pakaian tebal saat temperatur udara dingin. Pakaian dapat mengurangi kehilangan panas oleh tubuh karena menghambat pelepasan panas. Pakaian diklasifikasikan sesuai dengan seberapa besar kemampuan untuk mengurangi kehilangan panas oleh tubuh. Satuan yang digunakan untuk mengukur isolasi dari pakaian adalah Clo, dengan satuan  $\text{m}^2\text{C/W}$  ( $1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ m}^2\text{C/W}$ ). Skala Clo untuk orang yang tidak mengenakan pakaian sama sekali adalah 0. Untuk mengetahui nilai Clo untuk pakaian tertentu dapat dilihat pada tabel berikut.



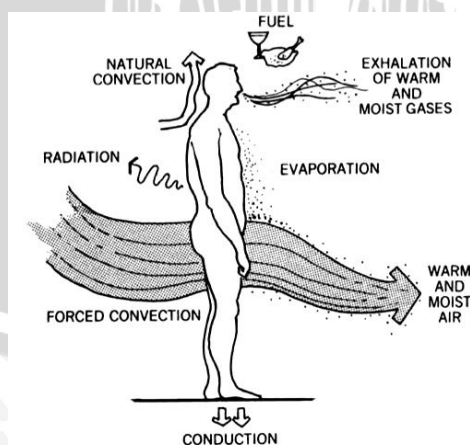
Tabel 2.1 Nilai Insulasi Pakaian

Deskripsi pakaian	Clo	Deskripsi pakaian	Clo
Boxer	0,04	Rok tipis	0,14
Celana dalam	0,03	Rok tebal	0,23
Bra	0,01	Jaket tipis	0,36
Kaos kaki (angkle)	0,02	Jaket tebal	0,44
Kaos kaki (betis)	0,03	Jaket dengan rompi tipis	0,42
Kaos kaki (lutut)	0,06	Jaket dengan rompi tebal	0,48
Stocking	0,02	Rompi tipis tanpa lengan	0,10
Sandal/sandal jepit	0,02	Rompi tebal tanpa lengan	0,17
Sepatu sandal	0,03	Sweater rompi tipis tanpa lengan	0,13
Boots	0,10	Sweater rompi tebal tanpa lengan	0,22
Kaos tanpa lengan	0,12	Sweater tipis lengan panjang	0,25
Kaos lengan pendek	0,19	Sweater tebal lengan panjang	0,36
Kaos lengan panjang	0,25	Gaun tipis tanpa lengan	0,18
Kemeja flanel	0,34	Gaun tebal tanpa lengan	0,20
Kaos olahraga lengan pendek	0,17	Gaun terusan tipis lengan pendek	0,31
Kaos olahraga lengan panjang	0,34	Gaun terusan tipis lengan panjang	0,46
Celana pendek	0,06	Piyama tebal lengan panjang	0,57
Celana ketat tipis	0,15	Piyama tipis lengan pendek	0,42
Celana ketat panjang	0,24	Jubah lengan panjang	0,69
Celana olahraga	0,28	Jubah lengan pendek	0,48

Sumber : *ASHRAE (2009)*

### 2.1.6. Aktivitas

Menurut Lechner (1991) dalam bukunya yang berjudul *Heating, Cooling, dan Lighting* pada bab *Kenyamanan Termal*, manusia dapat diumpamakan seperti sebuah mesin biologis. Manusia memerlukan sebuah bahan bakar yaitu makanan dan menghasilkan panas dari efek samping pembakaran makanan tersebut.











Gambar 2.1 Metode pengeluaran panas yang tidak terpakai dari badan manusia

Sumber : *Lechner (1991)*

Untuk mempertahankan keseimbangan termal, badan yang telah mengalami kehilangan panas tersebut sama dengan laju yang dipengaruhi oleh panas metabolisme.

Panas tersebut dihasilkan oleh pengaruh suhu dan juga kegiatan. Jika kondisi sedang aktif bergerak maka menghasilkan panas dengan laju enam kali lebih besar daripada dengan orang yang tidak melakukan aktivitas seperti berbaring.

Tabel 2.2 Produksi panas tubuh

Gambar	Aktivitas	Produksi panas (Btu/h)	Gambar	Watts
	Tidur	340		100
	Aktivitas ringan	680		200
	Berjalan	1020		300
	Berlari	2720		800

Sumber : Lechner (1991)

Metabolisme diukur dalam satuan Met ( $1 \text{ Met} = 58.15 \text{ W/m}^2$ ). Orang dewasa normal memiliki luas permukaan tubuh  $1.7 \text{ m}^2$ . Seseorang yang dalam keadaan nyaman termal dengan aktifitas 1 Met akan mengalami kehilangan panas sebesar 100W. Metabolisme tubuh berada pada posisi paling rendah yaitu saat tidur (0.7 Met) dan paling tinggi pada saat kita melakukan aktifitas olah raga yaitu mencapai 10 Met.

Tabel 2.3 Nilai Metabolisme Tubuh

Activitas	Btu/h-ft <sup>2</sup>	Met
Beristirahat		
Tidur	13	0,7
Berbaring	15	0,8
Duduk, tenang	18	1,0
Berdiri, tenang	22	1,2
Berjalan		
2,9 fps (2 mph)	37	2,0
4,4 fps (3 mph)	48	2,6
5,9 fps (4 mph)	70	3,8
Aktivitas kantor		
Duduk, membaca	18	1,0
Menulis	18	1,0
Mengetik	20	1,1

Sumber : ASHRAE (2009)



Lanjutan tabel 2.3

Activitas	Btu/h-ft <sup>2</sup>	Met
Duduk, berdiskusi	22	1,2
Berdiri, berdiskusi	26	1,4
Berjalan berkeliling	31	1,7
Mengangkat barang	39	2,1
Berbagai macam aktivitas kerja		
Memasak	29 to 37	1,6 to 2,0
Bersih-bersih	37 to 63	2,0 to 3,4
Berbagai macam aktivitas di waktu luang		
Menari, bersosialisasi	44 to 81	2,4 to 4,4
Olahraga	55 to 74	3,0 to 4,0
Tennis	66 to 74	3,6 to 4,0
Bola basket	90 to 140	5,0 to 7,6
Kompetisi gulat	130 to 160	7,0 to 8,7

Sumber : ASHRAE (2009)

## 2.2 Indeks kenyamanan termal

Untuk mengetahui kondisi kenyamanan termal suatu ruang dengan menggabungkan parameter termal dalam satu indeks dapat diketahui dengan temperatur efektif. Temperatur efektif merupakan temperatur udara jenuh dalam keadaan diam atau mendekati diam dan tanpa adanya radiasi panas akan memberikan sensasi kenyamanan termal yang sama dengan udara tersebut. Houghten dan Yaglow (1923) merupakan peneliti yang menemukan temperatur efektif sebagai indeks kenyamanan termal. Menurut Soegijanto (1999) konsep temperatur efektif yaitu beberapa kombinasi dari temperatur, kelembaban, dan kecepatan aliran udara dapat memberikan pendapat kenyamanan termal yang sama dari seorang responden. Percobaan yang dilakukan Yaglow pada tahun 1923 yaitu menyiapkan dua ruang *psikometrik* untuk menentukan kenyamanan termal. Ruangan pertama memiliki kriteria aliran udara yang tenang, tanpa adanya kecepatan aliran udara dengan kelembaban 100%. Ruangan kedua kombinasi antara temperatur, kelembaban dan kecepatan aliran udaranya dapat dirubah. Percobaan tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa kombinasi dari temperatur, kelembaban, dan kecepatan aliran udara, sehingga dapat memberikan sensasi kenyamanan termal yang sama dengan kondisi ruangan pertama. Dalam percobaan tersebut, pengamatan dilakukan pada seorang responden yang memasuki ruangan kedua setelah memasuki ruang pertama terlebih dahulu. Kondisi pada ruangan kedua tersebut merupakan temperatur efektif. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan kecepatan udara di dalam ruangan sangat rendah, sehingga temperatur efektif dinyatakan oleh kombinasi antara temperatur udara dan kelembaban udara saja.

Tabel 2.4 Temperatur efektif

Temperatur ( <sup>0</sup> C)	Kelembaban (%)	Kecepatan Udara (m/s)
29	70	0,2
31	40	0,4
32	30	0,6
33	27	1,0

Sumber : Soegijanto (1999)

### 2.3 Desain pasif pada bangunan vertikal

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, Hunian atau tempat tinggal yang membentuk sudut tegak lurus terhadap permukaan bumi, disebut dengan hunian vertikal. Beberapa contoh hunian vertikal yang banyak dijumpai di perkotaan yaitu Rumah susun, Apartemen, dan Asrama. Cukup disayangkan bahwa banyak sekali pembangunan hunian vertikal yang kurang mempertimbangkan kondisi iklim Indonesia, yaitu tropis lembab, sehingga berdampak pada ketidaknyamanan ruang hunian. Pada hunian di daerah dengan kondisi iklim tropis lembab, yang perlu diperhatikan yaitu bagaimana memanfaatkan aliran udara atau angin untuk ventilasi ruang, melindungi radiasi panas matahari yang masuk ke dalam ruang, mencegah kelembaban udara yang tinggi, dan juga perlindungan terhadap air hujan yang masuk ke dalam ruang. Sehingga strategi desain yang digunakan salah satunya adalah desain pasif bangunan. Prinsip dasar dari bangunan pasif yaitu mengambil keuntungan dari alam, khususnya matahari dan angin. Prinsip desain pasif yang utama adalah orientasi tapak yang menyesuaikan posisi bangunan dari garis lintasan matahari, penanaman pohon, dan juga penggunaan naungan atau pembayang matahari. Unsur lain yang cukup penting adalah penggunaan material yang dapat mereduksi panas dari dinding dan atap agar dapat menjaga kenyamanan termal ruang. Begitu pula dengan adanya bukaan pada dua sisi yang berhadapan sehingga terjadi ventilasi silang pada ruang.

Pada dasarnya hunian vertikal memiliki kebutuhan listrik yang besar dan sistem utilitas yang kompleks dibandingkan dengan rumah hunian biasa. Karenanya hunian vertikal membutuhkan energi yang besar dan berdampak pada besarnya pengeluaran biaya. Sehingga dengan penerapan desain pasif pada hunian vertikal akan memberikan kenyamanan ruang tanpa menggunakan sistem elektromekanikal, dan lebih mengurangi penggunaan energi.



### 2.3.1 Bentuk orientasi dan konfigurasi

Orientasi bentuk bangunan merupakan pertimbangan desain yang sangat penting karena berkaitan dengan radiasi matahari dan angin. Rumah bertingkat tinggi (hunian vertikal) mendapatkan paparan panas dari matahari yang lebih besar dibandingkan dengan hunian bertingkat rendah. Karenanya orientasi yang tepat dapat memanfaatkan cahaya matahari sebagai pencahayaan alami dan angin sebagai penghawaan alami. Bentuk bangunan yang sesuai dengan jalur matahari dapat mengurangi konsumsi energi 30% sampai 40% tanpa biaya tambahan. Menurut Mangunwijaya (1980) bangunan dengan orientasi bangunan menghadap timur dan barat merupakan sisi bangunan yang paling banyak mendapatkan paparan sinar radiasi secara langsung, sehingga bangunan dengan orientasi timur dan barat memiliki temperatur udara yang lebih panas dibandingkan dengan orientasi hadap bangunan utara dan selatan. Selain orientasi bangunan terhadap arah lintasan garis matahari, orientasi yang juga dapat mempengaruhi kenyamanan termal yaitu orientasi bangunan terhadap arah angin, karena mempengaruhi kecepatan aliran udara yang dapat memasuki ruangan.

#### 1. Orientasi bangunan terhadap posisi matahari

Orientasi bangunan terhadap garis lintasan matahari mempengaruhi banyaknya paparan sinar radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan. Apabila semakin panjang sisi bangunan yang terpapar radiasi panas matahari secara langsung, maka akan semakin banyak panas yang diterima oleh bangunan. Sehingga, sisi terpanjang bangunan seharusnya menghadap ke arah utara dan selatan.

#### 2. Orientasi terhadap Aliran udara (Ventilasi silang)

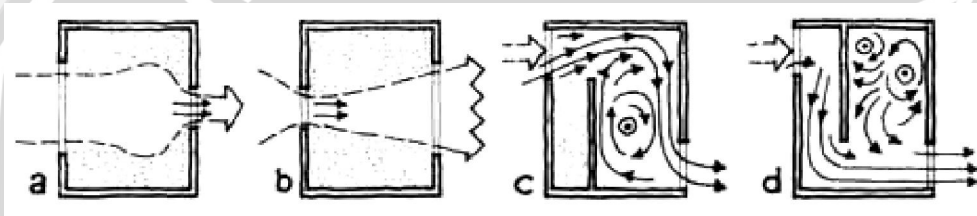
Kecepatan aliran udara di daerah iklim tropis lembab umumnya rendah. Aliran udara dibutuhkan untuk kesehatan dan kenyamanan penghuni di dalam bangunan. Ventilasi pada suatu ruang dibutuhkan untuk menyediakan udara segar yang berguna untuk metabolisme tubuh, namun tetap dapat menghalau polusi dari luar ruangan. Jumlah manusia yang ada di suatu ruang dan fungsi bangunan mempengaruhi kebutuhan ventilasi suatu ruang. Pergerakan udara di dalam ruang dengan ventilasi silang agar terjadi pertukaran udara, dapat menghindari kelembaban berlebih pada ruang dan dapat ditingkatkan dengan jenis, ukuran, serta posisi lubang ventilasi baik berada di atas atau bawah sisi bangunan.



### Gambar 2.2 Aliran udara pada ruang berdasarkan ukuran dan posisi bukaan

Sumber : Lechner (1991)

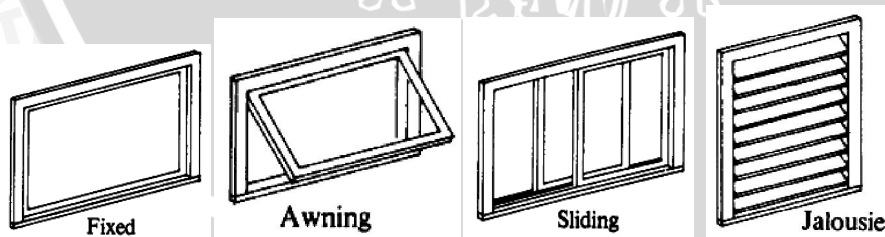
Kecepatan aliran udara nyaman yang melewati ruang adalah 0,1 – 0,15 m/detik. Besar kecepatan aliran udara tergantung pada arah kecepatan aliran udara bebas terhadap lubang ventilasi, serta luas lubang dan jarak antara lubang masuk dan keluar udara. Apabila terdapat sebuah penghalang yang menghalangi pola aliran udara pada ruang, perlu diperhatikan arah aliran udara terhadap lokasi *inlet* (lubang masuk aliran udara) dan *outlet* (lubang keluar aliran udara). Luas *inlet* dan jaraknya terhadap *outlet* dapat mempengaruhi pola dan kecepatan aliran udara pada ruang. Untuk menambah kecepatan aliran udara posisi *inlet* sebaiknya ditempatkan di sisi atas, dan luas *outlet* sebaiknya sama atau lebih besar dari ukuran inlet serta tidak ada perabot yang menghalangi aliran udara pada ruang.



### Gambar 2.3 Pengaruh ukuran lubang udara terhadap aliran udara

Sumber : Lechner (1991)

Gambar a, menunjukkan apabila lubang udara masuk (*inlet*) lebih besar dari lubang udara keluar (*outlet*) dapat meningkatkan kecepatan aliran udara di luar ruang. Gambar b, apabila *inlet* lebih kecil daripada *outlet* maka akan meningkatkan kecepatan aliran udara di dalam ruang. Gambar c dan d menunjukkan bahwa adanya partisi atau penghalang pada ruang, mempengaruhi pergerakan atau aliran udara di dalam ruang.



### Gambar 2.4 Tipe jendela

Sumber : Propertidata.com

Jendela dengan tipe *fixed* tidak dapat mengalirkan udara ke dalam ruang atau persentase udara yang dapat masuk yaitu 0%. Jendela tipe *awning* dapat mengalirkan udara ke dalam ruang 12% - 30% tergantung dari arah datangnya angin. Jendela tipe



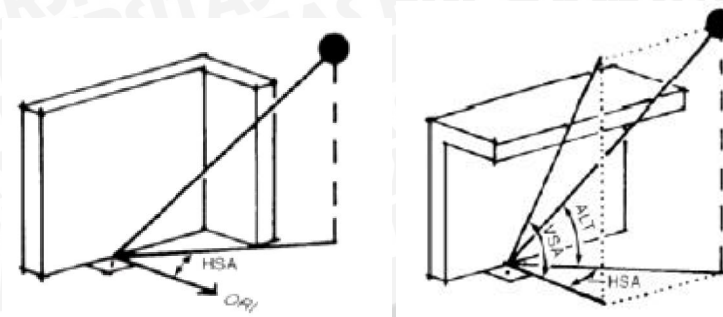
*sliding* maksimal dapat mengalirkan angin hingga 40%. Jendela *jalousie* dapat mengalirkan udara hingga 90% tergantung dari datangnya aliran udara. Jendela dengan tipe *jalousie* akan mengalirkan udara dari luar ke dalam ruangan dengan cukup efektif, namun apabila ditambahkan *screen* serangga dapat mengurangi aliran udara yang masuk ke dalam ruangan.

### 2.3.2 Selubung bangunan

Selubung bangunan dapat mengontrol konduksi dan transmisi panas dari matahari. Bangunan vertikal memerlukan perlakuan khusus terutama dari pemilihan material selubung bangunan untuk penyerapan termal yang optimal dibandingkan dengan bangunan bertingkat rendah. Kecepatan aliran udara yang cepat menyebabkan pertukaran panas yang cepat antara selubung bangunan dengan lingkungan luar bangunan. Selubung bangunan juga sebaiknya dapat berfungsi sebagai penghawaan alami dan tetap memberikan view ke luar bangunan tetapi tetap melindungi bangunan dari radiasi panas sinar matahari. Salah satu opsi untuk penggunaan selubung bangunan adalah dengan adanya balkon sebagai transisi antara area ruang luar dan dalam bangunan. Selain menggunakan balkon, dapat menggunakan fasad hijau yang berfungsi mereduksi panas sekaligus kebisingan dari area luar bangunan, serta memberikan kesegaran aliran udara yang melalui ventilasi pada ruang. Fasad hijau juga berfungsi sebagai salah satu elemen estetika bangunan. Pertimbangan dalam memilih warna selubung bangunan juga penting untuk menghindari penyerapan panas dari sinar matahari. Pemilihan warna yang optimal adalah dengan menggunakan warna-warna cerah.

#### 1. Pembayang Matahari

Area sisi terpanjang bangunan sebaiknya menghindari arah timur dan barat secara langsung, tetapi apabila orientasi bangunan menghadap arah tersebut maka sebaiknya bukaan sebaiknya tertutup agar radiasi matahari dari sisi barat dan timur tidak langsung masuk melalui kaca jendela ke ruang dalam bangunan. Apabila bukaan berupa jendela dan ventilasi terlalu terbuka, akan berakibat pada peningkatan temperatur ruang dalam bangunan yang berdampak pula terhadap kenyamanan termal bangunan. Selain itu, silau dari sinar matahari juga dapat masuk ke ruang dalam bangunan dan mengganggu aktivitas di dalam bangunan. Perhitungan dengan *sunpath diagram* dapat mengetahui seberapa besar fungsi pembayang dalam membayangi jendela. Perhitungan tersebut dapat diketahui apabila telah mengetahui sudut bayangan vertikal (SBV) dan sudut bayangan horizontal (SBH).

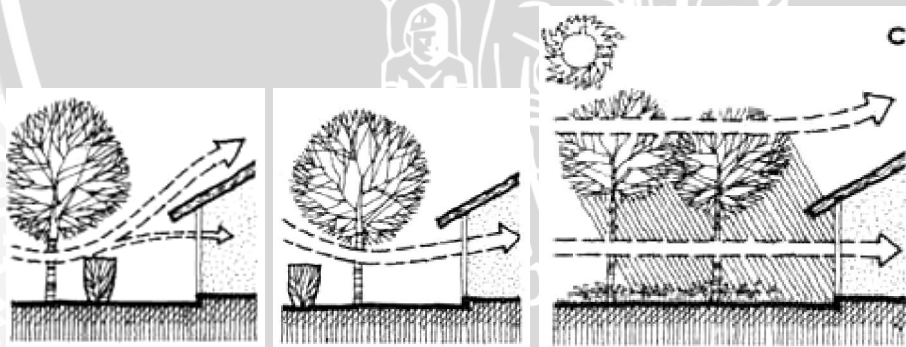


**Gambar 2.5 Sudut bayangan horizontal (SBH) dan Sudut bayangan vertikal (SBV)**

Sumber : Szokolay (2004)

## 2. Elemen Lansekap (Vegetasi)

Untuk melindungi ruang dalam bangunan dari radiasi panas sinar matahari dapat menggunakan elemen lansekap seperti pohon pada area ruang luar bangunan. Pohon secara langsung ataupun tidak langsung dapat menurunkan temperatur udara di sekitarnya, karena radiasi matahari akan diserap oleh daun untuk proses fotosintesis dan penguapan. Pohon yang membayangi bangunan dapat mereduksi panas permukaan bangunan dan tanah yang terbayangi di bawahnya. Pohon ataupun tanaman juga dapat digunakan untuk mengatur dan mengarahkan aliran udara ke ruang dalam bangunan. Jarak pohon terhadap bangunan dapat mempengaruhi penghawaan alami pada bangunan. Hal tersebut dijelaskan oleh R. F dalam concept in thermal comfort (Egan, 1975) dan Lechner (1991).



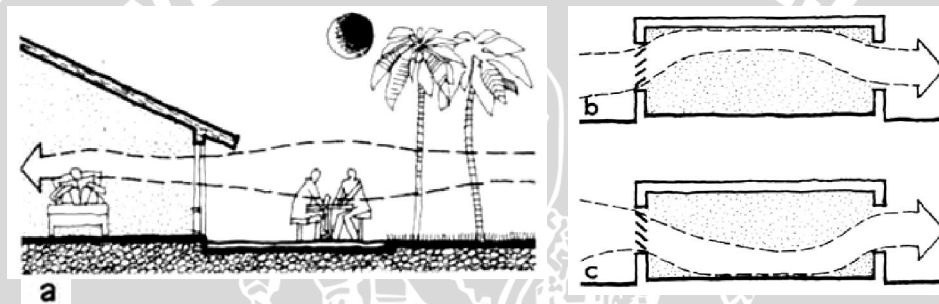
**Gambar 2.6 Pengaruh landscape terhadap aliran udara**  
Sumber : Lechner (1991)

Gambar a, b, dan c, menunjukkan bahwa aliran udara yang melalui vegetasi dapat dipengaruhi oleh tata lansekap di luar bangunan. Aliran udara yang sebelumnya hangat akan didinginkan oleh tanaman yang berada di luar bangunan.



### 2.3.3 Ventilasi alami

Ventilasi alami dimanfaatkan untuk menguntungkan penghuni di dalam bangunan. Ventilasi alami juga digunakan dalam meningkatkan kenyamanan di dalam bangunan, untuk kesehatan, dan juga pendinginan ruang. Tetapi terdapat dua kebutuhan dasar di dalam bangunan yaitu menghalau udara kotor dan kelembaban luar yang masuk ke dalam bangunan. Untuk fasad pada bangunan hunian vertikal kinerja angin bergerak ke arah atas. Karena itu peletakan ventilasi diposisikan untuk zona ketinggian yang berbeda apabila diperlukan. Fasad eksternal juga dapat terbuat dari serangkain sistem ganda, seperti double skin fasad yang digunakan untuk menghalang radiasi panas matahari namun dapat tetap dilalui oleh angin.



Gambar 2.7 Ventilasi dan aliran udara di dalam ruang

Sumber : Lechner (1991)

Gambar a menunjukkan bangunan pada tropis lembab perlu memperhatikan ketinggian bukaan agar menyesuaikan dengan fungsi kegiatan didalam bangunan. Gambar b dan c menunjukkan bahwa *sizing opening / louver* dapat membelokkan dan mengarahkan aliran udara ke atas atau ke bawah.



Gambar 2.8 Canopy dan aliran udara di dalam ruang

Sumber : Lechner (1991)

Gambar d menunjukkan bahwa dengan adanya kanopi di atas bukaan cenderung mengalirkan aliran udara ke atas. Gambar e menunjukkan jika ada celah atau gab antara dinding dan kanopi, cenderung mengarahkan aliran udara ke bawah. Gambar f menunjukkan aliran udara apabila kanopi menggunakan *louvred sunshade*. Ventilasi menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) diartikan sebagai lubang atau tempat udara dapat keluar masuk secara bebas. Di daerah yang beriklim tropis seperti daerah

Sidoarjo, tiupan angin diperlukan untuk mempercepat proses penguapan kulit agar ketidaknyamanan pada kulit yang berkeriat dapat dikurangkan. Tiupan angin juga diperlukan untuk pergantian udara yang baik dalam ruangan sehingga penghuni dapat menghirup udara yang baik untuk kesehatan. Dengan demikian bangunan harus menghadirkan luas bukaan ventilasi yang mampu mengalirkan udara ke dalam bangunan, sehingga dapat memenuhi persyaratan kesehatan bagi penghuni bangunan. Fungsi bukaan dalam bangunan menurut SNI adalah:

#### 1. Untuk memenuhi persyaratan kesehatan.

Untuk memenuhi persyaratan kesehatan, persyaratan tersebut dimaksudkan untuk memberikan oksigen yang cukup guna pernafasan dalam bangunan, serta untuk mencegah kenaikan kadar kandungan karbondioksida dan bau dalam ruangan. Pada sebuah ruang rumah tinggal harus memiliki ventilasi tidak kurang dari 5% dari luas lantai ruangan, karena syarat minimum dalam SNI 03-6572-2001 untuk memenuhi fungsi bukaan bagi kesehatan. Oleh sebab itu, apabila persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka dampak-dampak negatif yang mengancam kesehatan akan dialami oleh penghuninya. Suasana tidak nyaman ini kerap kali berlaku pada waktu malam atau hujan apabila penghuni menutup semua jendela dan tidak terdapat bukaan permanen pada dinding atau atap bangunan.

#### 2. Untuk menghasilkan kenyamanan termal.

Kandungan kelembaban udara dan panas matahari yang tinggi menyebabkan kulit senantiasa terasa lengket dan tidak nyaman. Fenomena iklim panas lembab ini dapat diminimalkan dengan adanya aliran udara untuk mempercepat proses penguapan pada kulit dengan menghadirkan bukaan-bukaan pada bangunan yang memenuhi syarat standar bukaan bangunan untuk daerah iklim tropis. Dalam hal menyediakan keadaan termal yang nyaman, diperlukan kecepatan aliran udara dan kadar udara yang cukup dalam ruangan yang dipengaruhi oleh geometri ruang dan luas bukaan. Sebagaimana menurut (Soegijanto, 1999) kebutuhan kenyamanan termal meliputi pemindahan panas keluar ruang, membantu penguapan keringat, dan pendinginan struktur bangunan.

#### 3. Untuk pendinginan ruang.

Dengan menghadirkan ventilasi pada ruangan, diharapkan bahwa udara segar dan bersuhu lebih rendah dari pada suhu dalam ruang dapat menghambat naiknya suhu udara dalam ruang.



### 2.3.4 Pencahayaan alami

Pencahayaan alami memberikan kualitas yang lebih baik daripada pencahayaan buatan di dalam ruang. Hal ini mengurangi penggunaan listrik dan juga biaya listrik. Karena karakteristik bangunan yang tinggi, pencahayaan alami lebih tepat jika menggunakan side lighting dibandingkan dengan penggunaan top lighting. Karenanya penting untuk mengontrol perolehan panas yang masuk dari jendela. Tidak hanya hunian ruang kamar saja yang membutuhkan pencahayaan alami, namun termasuk dapur dan toilet juga membutuhkan pencahayaan karena persyaratan kesehatan. Ukuran jendela harus 15% sampai 25% dari luas lantai. Agar cahaya yang masuk ke dalam ruang tidak terlalu terang dan mengganggu pengelihatannya maka yang seharusnya digunakan adalah cahaya tidak langsung bukan cahaya langsung. Kemudian mengintegrasikan penggunaan sistem pencahayaan alami dengan sistem pencahayaan buatan saat diperlukan untuk meminimalkan penggunaan listrik. Standar iluminasi menurut SNI ruang dalam yaitu 200 Lux.

## 2.4 Tinjauan Asrama

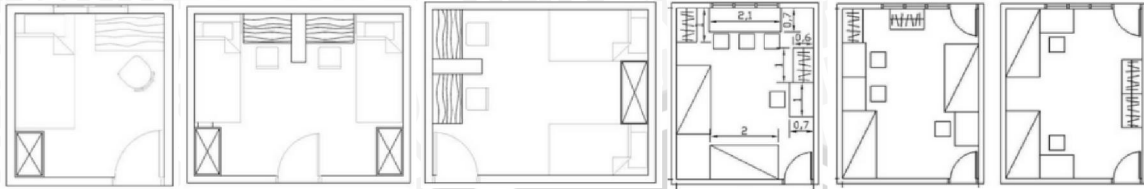
### 2.4.1 Pengertian dan fungsi asrama

Pada umumnya asrama berhubungan dengan institusi pendidikan, baik pendidikan tingkat universitas ataupun sekolah. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, asrama adalah bangunan tempat tinggal bagi kelompok orang untuk sementara waktu, terdiri atas sejumlah kamar dan dipimpin oleh kepala asrama. Sedangkan menurut KH. Dewantoro dalam Kusmintardjo (1992) asrama adalah pondok yang dalam bahasa Jawa disebut pawiyatan, merupakan rumah pengajaran dan pendidikan yang dipakai untuk pengajaran dan pendidikan. Sedangkan definisi Asrama sekolah Menurut Toffler, adalah tempat tinggal selama mereka sedang mendapatkan materi pembelajaran atau selama masa bersekolah. Menurut Carter V. Good dalam Kusmintardjo (1992) asrama sekolah merupakan sebuah lembaga pendidikan dari sekolah dasar hingga sekolah menengah dan menjadi tempat tinggal selama mendapatkan program pembelajaran dan pendidikan. Sehingga fungsi asrama siswa yaitu :

1. Menyediakan fasilitas tempat tinggal selama menjalankan pendidikan.
2. Menciptakan suasana tempat tinggal bagi siswa sebagai penunjang kegiatan serta kelancaran pembelajaran.
3. Menyediakan lingkungan untuk melakukan interaksi sosial antar siswa.

### 2.4.2 Tipe unit hunian asrama

Beberapa tipe unit hunian asrama, berdasarkan *Times Saver Standard for Building Types* yaitu :



**Gambar 2.9 Tipe hunian asrama**  
Sumber : De Chiara (2001)

Kamar hunian dibagi menjadi 6 tipe hunian, yaitu *Single room* Kamar dengan tipe ini adalah untuk satu orang siswa. *Split double rooms* Kamar dengan tipe ini digunakan oleh dua orang siswa, dan ruangan harus dapat memberikan privasi visual serta pembagian zoning yang jelas. *Double rooms* Kamar dengan tipe ini digunakan oleh dua orang siswa, merupakan kamar yang paling umum ditemui di asrama siswa saat ini. *Triple room*, Kamar dengan tipe ini banyak dijumpai pada kalangan pelajar dan mahasiswa. Pengaturan furnitur yang *moveable* merupakan salah satu alasan yang mempopularkan tipe kamar ini. *Four student room* Kamar dengan tipe ini dihuni oleh empat pelajar. Seperti halnya pada kamar tipe double rooms dan triple rooms, kamar ini memiliki permasalahan pembagian zoning dan luasan terhadap aktivitas pengguna. Pada umumnya, untuk tempat tidur menggunakan ranjang bertingkat. Posisi tata letak jendela juga harus diperhatikan agar memungkinkan terjadinya pertukaran udara silang. *Suites* Tipe kamar ini biasanya terdiri atas satu ruang bersama, dua kamar tidur beserta kamar mandi atau tidak dengan kamar mandi.

### 2.4.3 Tipologi bangunan asrama

Menurut *Times Saver Standard for Building Types 2nd edition*, oleh Joseph De Chiara dan John Hancock (1975) beberapa tipe perencanaan dasar asrama yaitu *Double Loaded Corridor*, perencanaan unit asrama ini menggunakan sistem koridor sebagai pembagi sehingga unit-unit hunian terdapat pada 2 sisi. *Type Gallery*, tipe perencanaan ini berupa single loaded corridor. Di mana koridor memiliki orientasi langsung keluar bangunan. *Extended Core Plan*, tipe ini terdiri dari beberapa ruangan yang mengelilingi empat sisi dari struktur, dengan ruang servis dan koridor mengelilingi bangunan. *Core Plan*, bentuk kamar dan koridor mengelilingi pusat bangunan. Tidak selalu diidentikkan



dengan bangunan high rise. *Vertical House*, tipe ini biasanya menciptakan kesan seperti rumah pribadi.

Pengaruh tipe perencanaan asrama terhadap kenyamanan termal yaitu, pada *Double Loaded Corridor* dengan Sirkulasi memanjang yang berada di antara ruang hunian yang saling berhadapan. Apabila hanya terdapat bukaan pada satu sisi ruang hunian maka tidak dapat terjadinya pertukaran udara secara silang. Pencahayaan alami juga kurang maksimal karena tidak dapat menjangkau keseluruhan area kamar karena bukaan jendela yang terpapar oleh cahaya matahari hanya berada di satu sisi hunian saja. *Tipe Gallery*, tipe perencanaan ini berupa *single loaded corridor* dengan Sirkulasi memanjang dengan tata letak ruang hunian hanya pada salah satu sisi koridor, sedangkan sisi lainnya merupakan *open view*, sehingga pencahayaan dan penghawaan alami pada ruang sirkulasi maupun ruang hunian maksimal. *Extended Core Plan* dan *Core Plan* dengan sirkulasi utama terpusat, dengan hunian dan koridor yang mengelilingi inti. Seperti halnya pada *Double Loaded Corridor* apabila hanya terdapat satu bukaan pada satu sisi ruang hunian, maka penghawaan dan pencahayaan alami kurang maksimal. Terdapat pula hunian dengan orientasi yang kurang menguntungkan.

#### 2.4.4 Aktivitas pada asrama

Kegiatan siswa pada asrama menurut Chiara (1975) yaitu :

**Tabel 2.5 Aktivitas pada asrama**

No	Kegiatan	Keterangan
1	Belajar	Kegiatan pembelajaran dilakukan pada kamar hunian atau pada suatu ruang yang digunakan secara bersama-sama pada masing-masing lantai tipikal.
2	Beristirahat	Tempat untuk beristirahat dan bersantai, merupakan area yang paling privat pada asrama.
3	Bersosialisasi	Kegiatan sosialisasi akan terjadi apabila tersedianya fasilitas tempat berkumpul bersama untuk interaksi antar penghuni
4	Kultural	Seharusnya asrama dapat memwadahi seluruh kegiatan atau aktivitas informal antar penghuni, selain itu ruang transisi juga diperlukan agar tidak terjadinya kesenjangan antara siswa yang telah lama tinggal di asrama atau siswa yang baru menempati hunian pada asrama.

Sumber : De Chiara (1975)

Bedasarkan pembahasan tabel 2.5 dapat diketahui bahwa kegiatan atau aktivitas yang dilakukan pada asrama cukup ringan, sehingga tidak meningkatkan metabolisme tubuh yang juga berpengaruh terhadap peningkatan panas.

## 2.5 Studi Terdahulu

Penelitian sejenis terkait dengan evaluasi kenyamanan termal dilakukan dengan pengukuran langsung dan pembagian kuisioner untuk mengetahui indeks kenyamanan termal responden. Analalisisnya menggunakan program scatter dari Microsoft excel (2007) untuk mengetahui perhitungan rata-rata berupa grafik dari hasil pengukuran dan sensasi kenyamanan termal responden. Beberapa studi terdahulu yang berkontribusi pada penelitian ini yaitu :

**Tabel 2.6 Studi terdahulu**

No	Peneliti	Judul Penelitian	Jenis bangunan	Variabel	Metode	Hasil	Kontribusi terhadap penelitian
1.	Lisa Novianti dan Tri Harso Karyono	Analisis kenyamanan termal pada bangunan hijau gedung Kementrian Pekerjaan Umum	Green building	Variabel bebas : Suhu udara (Ta), suhu radiasi (Tg), Kelembaban udara (Rh), Kecepatan udara (Va), laju metabolisme (met), insulasi pakaian (clo) Variabel terikat : Kenyamanan termal ruang	Observasi lapangan, melakukan pengukuran langsung ke lokasi studi kasus yaitu gedung kementrian pekerjaan umum. Pembagian kuisioner yang memberikan pertanyaan tentang kondisi kenyamanan termal untuk mengetahui pendapat pegawai tentang kenyamanan gedung kementrian umum. Analisa hasil kuisioner responden dengan software Microsoft excel "scatter".	Seluruh responden nyaman pada suhu 26,3 <sup>o</sup> c, dengan rentang suhu nyaman antara 24,5 <sup>o</sup> c sampai 28,1 <sup>o</sup> c, sementara suhu rata-rata di dalam bangunan 25,5 <sup>o</sup> c. Hasil rata-rata pengukuran menggunakan actual mean vote (AMV) memiliki nilai 0,13 yang berarti angka tersebut masih dikatakan nyaman atau netral karena angka tersebut berada diantara rentang -0,5 sampai 0,5	Kontribusi penelitian yaitu menggunakan metode analisis yang sama. Metode analisis yang digunakan yaitu dengan software microsoft excel 2007, dengan grafik scatter chart. Selain metode tersebut, analisis sensasi termal menggunakan AMV
2.	Tri Harso Karyono dan Jevi Ganda Sulistiawan	Pengaruh bukaan pada bangunan museum bank Mandiri terhadap kenyamanan termal pengunjung	Museum	Variabel bebas : Kelembaban udara (Rh), Suhu udara (Ta), Kecepatan udara (Va), laju	Pendekatan metode dalam penelitian ini mengadaptasi dari Tri Harso Karyono (1993), penelitian dilakukan di Jakarta, dengan 596 responden yang bekerja di	Didapatkan temperatur udara nyaman bagi manusia sebesar 26,4 °C sedangkan pada penelitian tahun 2014, temperatur udara nyaman bagi manusia sebesar 27,71	Kontribusi penelitian yaitu untuk membandingkan indeks kenyamanan termal yang didapat oleh penulis terhadap indeks rata-rata kenyamanan termal orang



Lanjutan tabel 2.6

	museum.		metabolisme (met), insulasi pakaian (clo) Variabel terikat : Kenyamanan termal	beberapa gedung perkantoran untuk mengetahui kenyamanan termal responden.	°C mengalami peningkatan sebesar 0,7 °C. Rentang suhu nyaman tahun 1993 adalah 24,9 °C hingga 28,0 °C. Sedangkan rentang suhu nyaman hasil penelitian tahun 2014 sebesar 26,97 °C hingga 28,44 °C. Hal ini menunjukkan bahwa setiap tahun suhu di Jakarta kian meningkat.	indonesia pada kondisi iklim global yang semakin meningkat.	
3.	Tuti Purwaningsih dan M Syarif Hidayat	Studi kenyamanan termal ruang kelas TK Tunas muda X IKKT Jakarta Barat	TK	Variabel bebas : Suhu udara (Ta), Kelembaban udara (Rh), Kecepatan udara (Va), laju metabolisme (met), insulasi pakaian (clo) Variabel terikat : Kenyamanan termal	Penelitian dilakukan dengan cara mengukur suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin serta mengukur sensasi termal dari responden di dalam ruang kelas dengan cara membagikan kuisisioner, dan mengajukan wawancara. Untuk mengukur kenyamanan termal responden menggunakan software thermal comfort estimator. Analisisnya menggunakan regresi linier dengan program scatter chart Microsoft excel 2007.	Tujuh responden memilih netral (20%), sementara tujuh responden (20%) dan dua puluh satu responden (60%) menyatakan pilihan di atas sensasi netral. Seluruh responden merasa nyaman pada suhu 30,5 <sup>0</sup> c. Seluruh responden merasa nyaman pada rentang suhu 30,3 <sup>0</sup> c sampai 30,8 <sup>0</sup> c dan memiliki korelasi sebesar R=0,69.	Kontribusi penelitian yaitu menggunakan metode analisis yang sama. Metode analisis yang digunakan yaitu dengan software microsoft excel 2007, dengan grafik scatter chart untuk mengetahui korelasi antara temperatur dengan sensasi kenyamanan termal responden.
4.	Putri Nabila Zatibayani, Agung Murti Nugroho, Herry Santosa	Pengaruh shading device terhadap penerimaan radiasi matahari langsung pada fasad gedung fakultas peternakan	Gedung Fakultas Peternakan	Variabel bebas : Radiasi matahari Variabel terikat : Peneduh (shading device)	Menggunakan <i>Incident solar radiation</i> atau <i>insolation</i> adalah jumlah total energi radiasi matahari yang diterima permukaan bangunan dalam waktu	Penurunan nilai rata-rata radiasi matahari pada fasad sisi Barat, sebesar 36,90%, sedangkan sebesar 22,21% pada fasad sisi Utara. Sehingga rekomendasi	Kontribusi penelitian yaitu rekomendasi desain berupa pembayang matahari menggunakan autodesk ecotect analysis 2011 untuk mengetahui radiasi dan

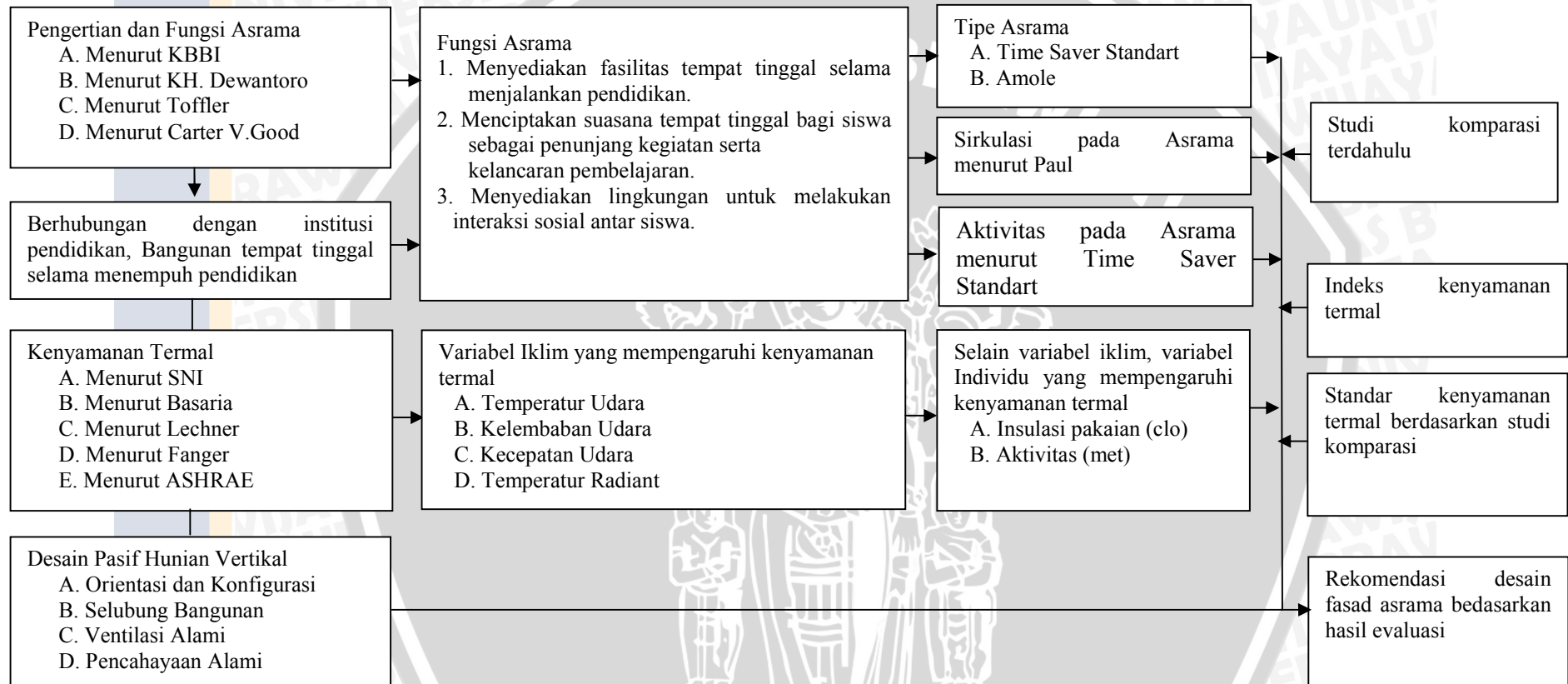
Lanjutan tabel 2.6

	Universitas Brawijaya				<p>tertentu. Menurut SNI 03-6389-2000 batas perolehan panas radiasi matahari yang terukur dari selubung bangunan, berupa dinding dan atap adalah tidak boleh lebih dari 45 Watt/m<sup>2</sup>.</p>	<p><i>shading device</i> yang cukup efektif adalah pada sisi Barat dan Utara. Pada sisi Timur sebesar 5,46% nilai rata-rata radiasi matahari turun dan sekitar 18,48% pada fasad sisi Selatan.</p>	<p><i>thermal comfort</i> di dalam bangunannya</p>
<p>5. Hicma Edwin Rosadi, Nurdin Rismansyah, Fahmi Fuad, Ernaning Setiyowati</p>	<p>Pengaruh kemiringan bangunan orientasinya terhadap kualitas termal</p>	<p>sudut atap dan kualitas</p>	<p>Atap bangunan</p>	<p>Variabel bebas : Sudut kemiringan atap bangunan dan orientasinya terhadap kenyamanan termal Variabel terikat : Kualitas termal yang dipengaruhi oleh radiasi matahari.</p>	<p>Menggunakan simulasi komputer yaitu Ecotect untuk menentukan suhu yang dihasilkan dalam ruangan, dalam berbagai sudut kemiringan atap dan orientasinya.</p>	<p>Semakin besar sudut kemiringan atap, semakin dingin suhu yang dihasilkan dalam ruangan karena pengaruh besaran ruangan sudut yang dihasilkan menyebabkan penyerapan panas lebih maksimal. Sudut 45<sup>0</sup> dengan arah hadap Timur Barat merupakan yang paling ideal karena tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin.</p>	<p>Kontribusi penelitian yaitu rekomendasi desain berupa pembayang matahari menggunakan autodesk ecotect analysis 2011 untuk mengetahui radiasi dan <i>thermal comfort</i> di dalam bangunannya, serta sudut kemiringan atap yang ideal digunakan pada rekomendasi desain penelitian yang dilakukan penulis.</p>



## 2.6 Kerangka Teori

Kerangka teori pada penelitian dijelaskan dalam diagram sebagai berikut :



Gambar 2.10 Diagram kerangka teori