

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Perguruan Tinggi

2.1.1 Definisi Perguruan Tinggi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), perguruan tinggi adalah tempat pendidikan dan pengajaran tingkat tinggi (seperti sekolah tinggi, akademi, universitas). Sedangkan dalam bahasa Inggris adalah *college*, yang berarti sebuah institusi pendidikan tinggi yang diciptakan untuk mendidik dan memberikan gelar; sering menjadi bagian dari universitas.

Menurut Badan Standar Nasional Pendidikan (2011), pendidikan tinggi adalah jenjang pendidikan setelah pendidikan menengah yang mencakup program diploma, program sarjana, program magister, program doktor, program profesi, program spesialis yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi berdasarkan kebudayaan bangsa Indonesia. Perguruan tinggi yang ada di Indonesia menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi yakni universitas, institut, sekolah tinggi, politeknik, akademi dan akademi komunitas.

2.1.2 Universitas

Salah satu jenis perguruan tinggi di Indonesia yakni Universitas. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Universitas adalah sebuah perguruan tinggi yang terdiri atas sejumlah fakultas yang menyelenggarakan pendidikan ilmiah dan/atau profesional dalam sejumlah disiplin ilmu tertentu. Sedangkan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi, universitas merupakan perguruan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan akademik dan dapat menyelenggarakan pendidikan vokasi dalam berbagai rumpun ilmu pengetahuan dan/atau teknologi dan jika memenuhi syarat, universitas dapat menyelenggarakan pendidikan profesi.

2.1.3 Fasilitas Universitas

Dalam pelaksanaan pendidikan tinggi, setiap universitas wajib memiliki sarana dan prasana yang sesuai dengan Permendikbud Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SNPT) Pasal 38 Tentang Standar Sarana dan Prasarana dalam Tahun 2013. Sarana dan prasarana pada universitas wajib memiliki sarana untuk melaksanakan Tridharma perguruan tinggi yang meliputi; perabot, peralatan pembelajaran, media pembelajaran, buku dan sumber belajar lain, teknologi informasi dan komunikasi, bahan habis pakai, perlengkapan lain yang diperlukan. Sedangkan, prasarana berupa lahan yang wajib dipenuhi paling sedikit untuk: bentuk perguruan tinggi luas lahan universitas yakni 10.000 m².

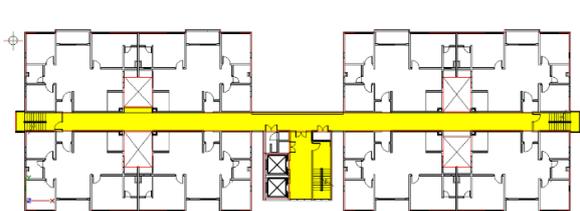
Fasilitas/prasarana wajib yang dimiliki universitas yakni lahan, ruang kelas, ruang pimpinan perguruan tinggi, ruang dosen, ruang tata usaha, ruang perpustakaan, ruang laboratorium, ruang bengkel kerja, ruang unit produksi, ruang kantin dan tempat berolahraga. Dari seluruh fasilitas tersebut, fasilitas yang paling penting adalah ruang kelas. Ruang kelas merupakan ruang dimana proses belajar mengajar dilakukan. Standar ruang kelas menurut Permendikbud Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SNPT) yakni ruang kelas harus disediakan dengan luas paling sedikit 60 m² untuk 40 mahasiswa, dilengkapi dengan peralatan penunjang pembelajaran berupa 40 kursi kuliah, meja kursi dosen, papan tulis.

Selain sarana dan prasana yang wajib dimiliki oleh sebuah universitas terdapat pula sarana penunjang untuk universitas. Fasilitas penunjang ini berfungsi sebagai wadah/tempat untuk menunjang aktivitas sekunder para pengguna. Fasilitas penunjang yang ada pada gedung universitas antara lain yakni kantin, tangga darurat, koridor gedung, taman, *ATM center*, toilet/kamar mandi dan lain sebagainya.

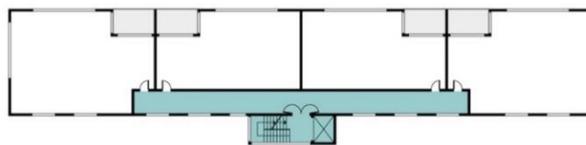
Salah satu fasilitas penunjang dari universitas/gedung kuliah yakni koridor bangunan. Koridor merupakan sebuah ruangan yang berkenan dengan aktivitas sirkulasi untuk mengakomodasi keperluan pengguna bangunan saat ingin mengakses ruang-ruang lain. Menurut Krier (2003) koridor adalah sebuah jalan yang diapit oleh dinding dari sebelah kiri maupun kanan yang merupakan ruang-ruang di sekitar jalan. Jalan dianggap sebagai area komunikasi yang menghubungkan satu titik dengan titik lainnya yang mempunyai fungsi saling terikat satu sama lain. Koridor dalam gedung universitas digunakan sebagai sirkulasi antar ruang kelas maupun ruang lainnya. Selain sebagai sirkulasi antar ruang juga sebagai tempat interaksi antar civitas akademika.

Koridor dalam bangunan terbagi menjadi dua jenis yakni koridor single loaded dan koridor double loaded. Koridor single loaded merupakan koridor yang berfungsi untuk mengakses satu bagian sisi ruang saja dalam artian hanya diapit oleh satu sisi bangunan saja.

Kemudian, koridor double loaded merupakan koridor yang dipakai untuk menuju dua ruang atau lebih dalam artian koridor ini diapit oleh dua sisi bangunan.



Gambar 2.1 Koridor *Double Loaded*
Sumber: *google image*, 2017



Gambar 2.2 Koridor *Single Loaded*
Sumber: *google image*, 2017

2.2 Tinjauan Iklim

Iklim merupakan integrasi antara waktu dan kondisi fisik lingkungan atmosfer berdasarkan karakteristik letak geografis (Koenigsberger *et al.*, 2013). Terdapat 2 jenis iklim berdasarkan ruang lingkungannya, yaitu iklim makro dan iklim mikro. Iklim makro adalah iklim yang berada pada ruang lingkup global, ruang lingkup regional dan ruang lingkup lokal. Iklim mikro adalah iklim yang berada pada lapisan udara dekat permukaan bumi dengan ruang lingkup terbatas, seperti ruang pada bangunan dan ruang di sekitar bangunan (Darmawan, 2008). Iklim di dunia ini terdapat 4 jenis berdasarkan pengaruh dari cahaya matahari yakni iklim tropis, iklim sub-tropis, iklim sedang dan iklim dingin. Indonesia sendiri masuk ke dalam iklim tropis.

2.2.1 Iklim Tropis

Iklim tropis adalah iklim dimana panas merupakan permasalahan utama dalam setiap tahunnya, sehingga selalu diperlukan upaya untuk melakukan pendinginan atau penurunan suhu. Rata-rata suhu pada iklim tropis tiap tahunnya tidak kurang dari 20 °C (Koenigsberger *et al.*, 2013). Iklim tropis dibagi menjadi dua kategori bagian wilayah yakni iklim tropis kering dan iklim tropis lembab. Kondisi iklim tropis kering ditandai dengan adanya padang pasir yang dominan diikuti oleh munculnya stepa serta savanna kering hujan yang turun lebat tiba-tiba. Kondisi curah hujan pada iklim ini umumnya minim dan kondisi suhu pada siang hari tinggi menyebabkan potensi penguapan yang tinggi. Hal ini berbeda dengan kondisi iklim tropis lembab yang ditandai dengan adanya savana lembab, temperatur udara yang sama di tiap tahunnya dan kelembaban udara yang tinggi.

Indonesia sendiri masuk ke dalam salah satu negara beriklim tropis lembab. Indonesia berada pada garis lintang 11° LU - 6° LS dan 95° - 141° BT. Kondisi suhu di Indonesia berkisar antara $26 - 38^{\circ}\text{C}$ pada musim kemarau dan $20 - 29^{\circ}\text{C}$ pada musim hujan. Radiasi dari matahari pada wilayah tropis lembab sangat tinggi dan terkadang membuat kondisi kurang nyaman. Indonesia sendiri memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu mencapai 3000 mm/tahun. Indonesia juga memiliki tingkat kelembaban yang tinggi namun tidak dengan kecepatan anginnya. Kecepatan angin pada wilayah ini tergolong sangat rendah, yakni hanya berkisar 5m/detik. Berikut ini adalah data mengenai karakteristik iklim tropis lembab (Soegijanto, 1998), antara lain

1. Temperatur udara;
 - Maksimum rata-rata temperatur yakni antara 27°C - 32°C
 - Minimum rata-rata temperatur yakni antara 20°C - 23°C
 - Perubahan temperatur harian yakni antara 8°C
2. Kelembaban udara rata-rata yakni antara 75% - 80%
3. Curah hujan selama setahun berkisar 1000mm – 5000mm
4. Kondisi langit dominan berawan, dengan jumlah awan antara 60% - 90%
5. Luminance langit untuk langit yang seluruhnya tertutup awan tipis cukup tinggi, ialah dapat mencapai lebih dari 7000 candela / m², sedangkan yang seluruhnya tertutup awan tebal sekitar 850 candela / m²
6. Radiasi matahari global harian rata-rata bulanan sekitar 400 Watt / m², dengan perbedaan setiap bulanan-nya kecil
7. Kecepatan angin rata-rata berkisar 2 – 4m / detik

2.2.2 Iklim Kota Tangerang

Kota Tangerang merupakan salah satu kota yang berada pada Provinsi Banten. Kota ini terletak tepat di sebelah barat ibu kota negara Indonesia yaitu Kota Jakarta. Secara geografis Tangerang terletak pada koordinat $6^{\circ} 6' - 6^{\circ} 13'$ Lintang Selatan (LS) dan $106^{\circ} 36' - 106^{\circ} 42'$ Bujur Timur (BT). Kota Tangerang memiliki luas wilayah sebesar 153,93 km² atau sekitar 16,455 Ha. Kota Tangerang memiliki 3 stasiun pengamat meteorologi, yaitu Stasiun Kelas I Tangerang, Stasiun Kelas I Soekarno-Hatta – Tangerang dan Stasiun Kelas III Budiarto - Curug, Tangerang. Dari ketiga stasiun tersebut diambil 1 stasiun yakni Stasiun Kelas I Tangerang sebagai catatan kondisi iklim baik suhu, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara dan curah hujan di Kota Tangerang pada tahun 2012 yakni sebagai berikut;

Tabel 2.1 Kondisi Iklim Kota Tangerang

Bulan	Suhu (°C)		Kelembaban	Kecepatan	Tekanan	Penyinaran
	Maks.	Min.	(%) Rata-rata	Angin (knot) Rata-rata	Udara (mb) Rata-rata	Matahari (%)
Januari	31,4	23,8	83	5,2	1.010,2	39
Februari	32,4	24,1	82	4,5	1.008,3	50
Maret	32	24	80	6,8	1.008,8	51
April	32,4	24,3	81	3,4	1.009,9	51
Mei	32,5	24,5	79	3,7	1.009,0	61
Juni	33,1	24,4	77	3,8	1.009,8	62
Juli	32,7	23,6	76	3,6	1.009,9	72
Agustus	33,1	23,4	72	4,3	1.011,0	87
September	33	23,9	73	4,1	1.011,7	81
Oktober	33,3	24,4	77	2,5	1.010,6	67
November	32,6	24,3	82	2,4	1.009,4	29
Desember	32,9	24,8	83	3,2	1.008,5	38
Rata-rata	24,1	32,6	78,7	3,9	1.009,8	57,4

Sumber : *Tangerang Municipality in Figures 2013*

Rata-rata suhu di Kota Tangerang yakni 27,8 °C pada tahun 2012. Sedangkan rata-rata suhu tertinggi ditemukan pada bulan Juni dengan suhu mencapai 28,1 °C. Kelembaban udara rata-rata di Kota Tangerang berkisar antara 72 – 83%. Kelembaban tertinggi berada pada bulan Januari dan Desember. Selain itu kecepatan angin rata-rata mencapai 3,9 knot. Kecepatan angin tertinggi berada pada bulan Maret yakni mencapai rata-rata 6,8 knot.

2.3 Tinjauan Kinerja Termal

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) kinerja adalah sesuatu yang dicapai atau kemampuan kerja. Kinerja termal merupakan kemampuan kerja (sesuatu) untuk mengontrol termal pada bangunan maupun lingkungan.

2. Pergerakan udara

Pergerakan udara merupakan prinsip dasar atau acuan dasar perpindahan panas dalam bangunan. Karena sebagian besar panas berpindah dengan cara konveksi dan induksi maka udara yang berpindah akan selalu mengikuti prinsip pergerakan panas dari ruang panas ke dingin/bergerak dari bagian bawah ke bagian atas.



Gambar 2.4 Prinsip Pergerakan Udara Mengalirkan Panas

Sumber: Idham, (2015, p.77)

3. Pendinginan

Pendinginan pada bangunan dapat menggunakan sistem penghawaan alami maupun sistem penghawaan buatan. Untuk memaksimalkan penggunaan penghawaan alami dapat menggunakan potensi dari lingkungan. Potensi dari lingkungan yang digabungkan dengan elemen arsitektur yang baik akan menciptakan kinerja termal lingkungan yang baik.

4. *Dehumidification* dan *humidification*

Iklim lembab berdampak untuk membuat kondisi udara tidak nyaman pada pengguna bangunan. *Dehumidification* merupakan salah satu strategi penyesuaian bangunan terhadap lingkungan agar dapat mendinginkan bangunan dengan penurunan kelembaban. Proses kondensasi atau pengeringan udara merupakan salah satu proses *dehumidification* yang dapat dilakukan dengan cara menghilangkan uap air dari ruangan dengan pengembunan. Sedangkan pada kondisi sebaliknya, tingkat nyaman (*humidification*) dapat dicapai dengan menaikkan kondisi udara yang memiliki kelembaban yang rendah. Mekanisme ini dapat disebut juga dengan *evaporative cooling*.

2.3.2 Kinerja Termal *Passive Cooling*

Salah satu cara untuk mengontrol termal dalam bangunan yakni menggunakan *passive cooling* atau pendinginan pasif bangunan. *Passive cooling* merupakan sebuah metode

pendinginan yang telah lama digunakan pada bangunan tradisional. Pengguna bangunan tetap bisa mendapatkan udara dingin sebelum teknologi pendinginan buatan muncul yakni dengan pendinginan alami seperti; memaksimalkan angin yang masuk, air mancur atau material bangunan menggunakan batu dan tanah yang dapat menyerap panas pada siang hari.

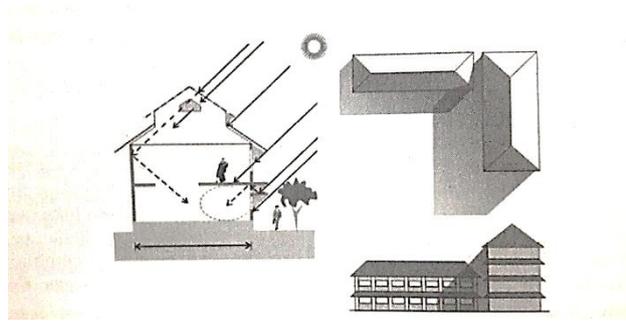
Metode *passive cooling* dapat dibagi menjadi tiga kategori menurut Bradshaw (1993) meliputi: pengurangan beban, pemanas surya pasif dan pendingin surya pasif. Interaksi bangunan dan lingkungannya merupakan dasar prinsip pada *passive cooling*. Pendinginan alami tersebut menggunakan energi yang tersedia dari lingkungan. Energi tersebut dikombinasikan dengan desain arsitektur bangunan seperti selubung bangunan dan sistem mekanis lain untuk menurunkan panas. Menurut Idham (2015) dalam mengatur *passive cooling* dalam bangunan terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam perancangannya seperti:

1. Unsur utama *passive cooling*

- a. Orientasi bangunan berdampak terhadap paparan radiasi matahari dan pendinginan oleh angin. Orientasi bangunan ini akan mengurangi hambatan-hambatan jalur udara dan membuat angin efektif masuk ke dalam bangunan agar meningkatkan fungsi ventilasi alami.
- b. *Zoning* atau zona pada denah juga dapat memaksimalkan kenyamanan bagi aktivitas di siang hari dan malam hari.
- c. Bukaan jendela dan kaca yang didesain dengan tepat akan mereduksi datangnya panas yang tidak diinginkan dan meningkatkan ventilasi.
- d. Penggunaan *shading device* dan tanaman yang efektif.
- e. Penggunaan isolasi yang sesuai dan memadai.
- f. Penggunaan konstruksi masa termal yang tinggi di daerah dengan rentang suhu diurnal signifikan.
- g. Penggunaan konstruksi masa termal rendah di daerah dengan kisaran suhu diurnal rendah.

2. Aspek elemen desain *passive cooling*

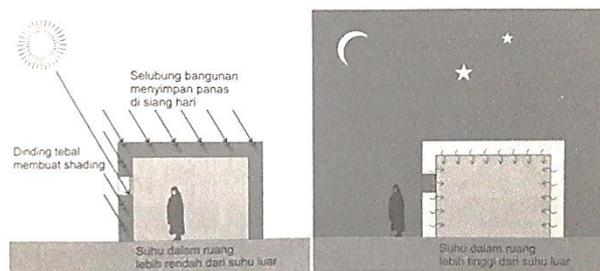
- a. Kontrol surya merupakan pengendalian pengurangan sumber panas yang berlebih. Hal ini dilakukan karena kontrol surya merupakan salah satu unsur yang diminimalkan pada metode *passive cooling*. Sistem orientasi dan sistem *shading device* akan menyalurkan panas yang berlebih ke dalam bangunan jika didesain sesuai dengan karakter sinar matahari (besar, arah dan waktu).



Gambar 2.5 Kontrol Surya pada Selubung dan Orientasi Bangunan

Sumber: Idham, (2015, p.95)

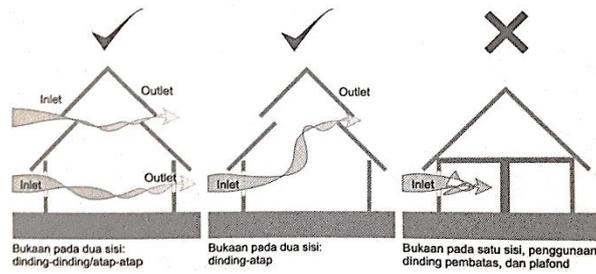
- b. Desain bentuk dan tata letak bangunan merupakan aspek yang memiliki peran penting pada *passive cooling*. Hal ini dilakukan dengan mengatur rasio antara volume dan permukaan. Misalnya bentuk ramping dipakai untuk menghilangkan dingin dan bentuk yang *compact* dipakai untuk memepertahankan panas.
- c. Penggunaan massa termal pada bangunan akan menyimpan panas. Hal ini dilakukan dengan cara menyerap panas pada siang hari dan melepaskannya pada malam hari.



Gambar 2.6 Prinsip Kinerja Massa Termal

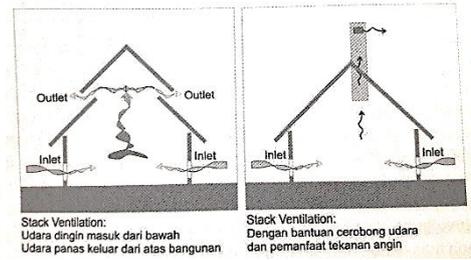
Sumber: Idham, (2015, p.101)

- d. Pendinginan dengan ventilasi alami dilakukan dengan cara menghindari panas ruangan. Hal ini dilakukan dengan mengeluarkan udara panas dan menggantinya dengan udara dingin dari luar. Pendinginan alami dengan ventilasi alami dibagi menjadi tiga macam pendinginan ventilasi alami yakni ventilasi silang, ventilasi *stack*, dan ventilasi pendinginan malam.



Gambar 2.7 Prinsip Ventilasi Silang

Sumber: Idham, (2015, p.103)



Gambar 2.8 Prinsip Ventilasi Stack

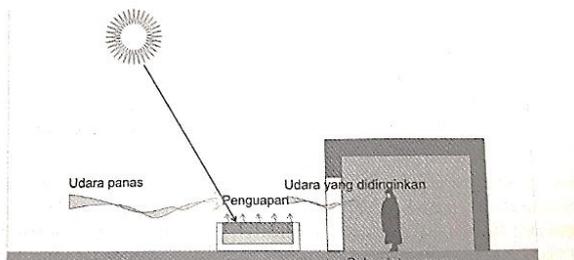
Sumber: Idham, (2015, p.103)



Gambar 2.9 Prinsip Ventilasi Night Flushing

Sumber: Idham, (2015, p.104)

- e. Pendinginan secara *evaporatif* merupakan pendinginan dengan meningkatkan kelembaban udara dan menurunkan suhu. Hal tersebut termasuk dalam prinsip kerja pada pendinginan *evaporatif*. Penerapan pendinginan pada sistem ini yakni dengan melewati udara panas ke sekitar hamparan air yang akan diuapkan.



Gambar 2.10 Pendinginan Evaporatif

Sumber: Idham, (2015, p.108)

2.3.3 Kinerja Termal Bangunan

Cara untuk mengetahui kinerja termal pada bangunan yakni dengan menentukan penggunaan penghawaan alami maupun penghawaan buatan yang digunakan pada bangunan. Penghawaan alami merupakan kelancaran sirkulasi dan pergantian atau perputaran udara yang masuk kedalam ruangan pada bangunan yang berasal dari lingkungan. Pada prinsipnya, penghawaan alami tidak menggunakan bantuan alat teknologi seperti AC atau kipas angin. Penghawaan alami akan memanfaatkan bukaan seperti ventilasi dan

jendela pada bangunan yang disesuaikan dengan pola sirkulasi bangunan. Hal ini akan membuat sirkulasi udara masuk dan keluar yang lancar sehingga pergantian udara terjadi terus menerus.

Untuk mengetahui kinerja termal pada bangunan terdapat beberapa faktor yang menjadi tolak ukur pengukuran salah satunya yakni faktor lingkungan/eksternal. Faktor lingkungan / eksternal tersebut meliputi: temperatur udara (*air temperature*), kelembaban udara (*air humidity*), kecepatan udara/angin (*air speed*) dan radiasi termal (Nur Laela, 2015). Berikut merupakan penjabaran faktor eksternal tersebut.

1. Temperatur udara

Temperatur udara adalah keadaan panas atau dinginnya suatu daerah pada waktu tertentu (Irastuti, 2008). Perbedaan sudut datangnya matahari, posisi tinggi rendahnya daerah tersebut, arah angin dan arus laut, awan, serta lamanya intensitas penyinaran matahari merupakan faktor yang mempengaruhi adanya perbedaan temperatur udara antara daerah satu dengan daerah lainnya. Selain itu, temperatur udara memiliki standar nyaman yang sudah ditetapkan.

Pada kaitannya dengan kinerja termal, temperatur udara atau suhu merupakan salah satu variabel yang paling berpengaruh. Pertukaran panas baik dari dalam maupun keluar selubung bangunan akan mempengaruhi suhu dalam bangunan tersebut. Strategi dalam mengontrol aliran panas dalam bangunan dapat dilakukan dengan mengetahui suhu udara luar dan suhu udara nyaman. Untuk menentukan suhu udara nyaman dapat diketahui dari standar maupun suhu netral pada kota tersebut. Pada penelitian ini standar yang digunakan yakni mengacu pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Temperatur Udara

Standar	Temperatur udara	Keterangan
SNI-03-6572-2001	20.5°C – 22.8°C	Sejuk nyaman
	22.8°C – 25.8°C	Nyaman optimal
	25.8°C – 27.1°C	Hangat nyaman:
Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998	18°C - 26°C	Penyehatan udara ruangan
ASHRAE (1992-2004)	22.5°C - 26°C	Suhu nyaman temperatur operatif

Sumber: SNI-03-6572-2001, Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998 dan ASHRAE (1992-2004)

2. Kelembaban

Kelembaban udara adalah banyaknya kandungan uap air di atmosfer. Sedangkan kelembaban relatif (*relative humidity*) merupakan perbandingan antara jumlah uap air di udara dengan jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung dalam suatu ruangan dengan suhu tertentu. Kelembaban relatif dapat dihitung dengan membandingkan rasio antara jumlah air yang sebenarnya dari uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dapat ditahan oleh udara pada suhu tertentu (Szokolay, 1980). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kelembaban udara adalah radiasi matahari, suhu, tekanan udara, angin, ketinggian tempat dan kerapatan udara. Alat pengukur kelembaban adalah *hygrometer* dengan satuan dinyatakan dalam bentuk persen (%). Kelembaban udara memiliki standar yang sudah ditetapkan. Standar kelembaban yang digunakan yakni:

Tabel 2.3 Standar Kelembaban Udara

Standar	Kelembaban udara	Keterangan
SNI-03-6572-2001	40% ~ 50%	Kelembaban daerah tropis
Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998	40% ~ 60%	Penyehatan udara ruangan
ASHRAE (1992-2004)	50%	Kenyamanan operatif

Sumber: SNI-03-6572-2001, Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998 dan ASHRAE (1992-2004)

3. Kecepatan angin

Angin adalah massa udara yang bergerak. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun secara vertikal dengan kecepatan bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat yang lain merupakan faktor pendorong Bergeraknya massa udara. Kecepatan angin terendah dominan ditemukan pada musim panas daripada musim dingin. Pada beberapa tempat, kecepatan angin relatif di bawah setengah rata-rata atau lebih beberapa jam per bulan. Karena itu, sistem ventilasi alami sering dirancang untuk kecepatan angin setengah rata-rata dari musiman. Kecepatan angin atau pergerakan angin memiliki standar yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini standar kecepatan angin yang digunakan yakni;

Tabel 2.4 Standar Kecepatan Angin

Standar	Kecepatan angin	Keterangan
SNI-03-6572-2001	0, 15 – 0, 25 m/detik	Kecepatan angin dalam ruang daerah tropis
Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998	0, 15 – 0, 25 m/detik	Penyehatan udara ruangan
ASHRAE (1992-2004)	0,15 m/detik	Kecepatan udara operatif

Sumber: SNI-03-6572-2001, Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998 dan ASHRAE (1992-2004)

Selain standar yang disebutkan diatas terdapat standar pergerakan udara dan pengaruhnya terhadap sensasi termal manusia. Hal ini dikarenakan pergerakan udara berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal pada manusia. Sensasi subjektif tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Pergerakan udara dan pengaruhnya pada sensasi

Kecepatan Angin (m/s)	Sensation
Kurang dari 0,25	Tidak terasa
0,25 – 0,5	Menyenangkan
0,5 -1,0	Terasa dingin
1,0 – 1,50	Hembusan angin
Lebih dari 1,50	Angin yang mengganggu

Sumber: Nur Laela Latifah, Fisika Bangunan 1

4. Radiasi sinar matahari

Radiasi sinar matahari merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada kehidupan manusia. Radiasi matahari merupakan acuan dasar penentuan semua ciri umum iklim di dunia. Pemantulan pada permukaan bumi, berkurangnya radiasi matahari oleh penguapan, dan arus radiasi di atmosfer merupakan faktor yang dapat membentuk keseimbangan termal pada bumi (Y.B Mangunwijaya, 2000). Radiasi termal adalah panas yang terpancar dari sebuah benda. Radiasi termal mempengaruhi suhu ruang dari berbagai sumber panas dalam satu lingkungan.

Akumulasi dari rata-rata suhu radiasi atau disebut *mean radiant temperature* (MRT) memiliki dampak pada temperatur ruang. Material bangunan merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi MRT. Material pada bangunan harus dipilih dengan bahan isolasi yang rendah agar dapat menghambat perambatan panas yang berlebih. Salah satu cara pemilihan material bangunan ini dapat berdasarkan warna material.

Warna material yang semakin terang akan semakin memantulkan radiasi sinar matahari tersebut. Selain itu bahan dengan isolasi yang baik dapat menunda rambatan panas matahari atau *thermal lag* yakni kemampuan benda untuk menyimpan panas.

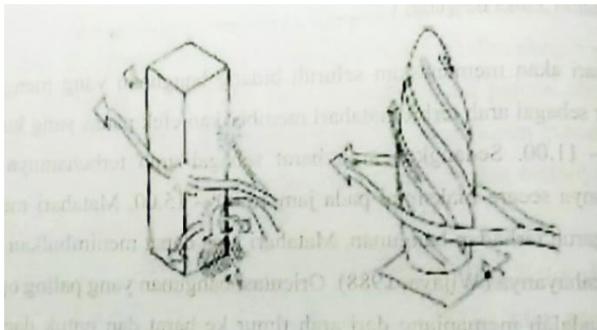
2.4 Tinjauan Kinerja Termal berdasarkan Desain Selubung Bangunan

2.4.1 Bentuk dan Orientasi Bangunan

Bentuk dan orientasi bangunan merupakan salah satu hal dasar yang mempengaruhi termal bangunan. Hal ini dikarenakan pergerakan harian dan tahunan dari matahari menyebabkan radiasi matahari yang diterima oleh selubung bangunan berbeda setiap orientasinya. Bentuk dan orientasi bangunan dijabarkan dalam penjelasan berikut:

A. Bentuk Bangunan

Menurut Fisika Bangunan 1, bentuk massa bangunan mempengaruhi berbagai aspek terutama terhadap angin. Bentuk massa bangunan yang tidak memiliki sudut memungkinkan aliran udara bergerak melalui selubung bangunan tanpa terjadi tabrakan yang dapat menyebabkan bayangan angin.



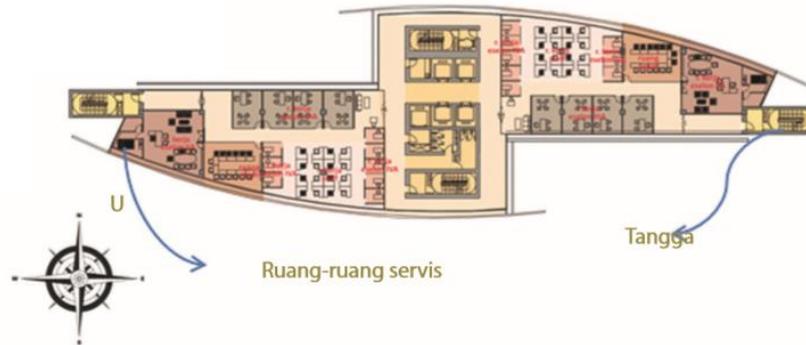
Gambar 2.11 Perbedaan Aliran Udara Massa Bangunan

Sumber: Nur Laela Latifah, Fisika Bangunan 1

B. Orientasi Bangunan

Orientasi pada bangunan akan menentukan besarnya radiasi matahari yang diperoleh oleh bangunan. Salah satu hal yang mempengaruhi orientasi yakni luas bidang/fasad. Semakin luas bidang yang menerima radiasi matahari secara langsung maka semakin besar panas yang diterima bangunan. Bukaan / jendela yang dihadapkan ke arah utara dan selatan juga dapat menghindari panas radiasi matahari yang berlebih pada selubung bangunan. Orientasi bukaan yang menghadap utara dan selatan ini memungkinkan jendela mendapatkan pencahayaan alami dengan tetap meminimalkan perolehan panas dari matahari secara langsung. Sedangkan pada sisi barat dan timur diletakkan ruang-

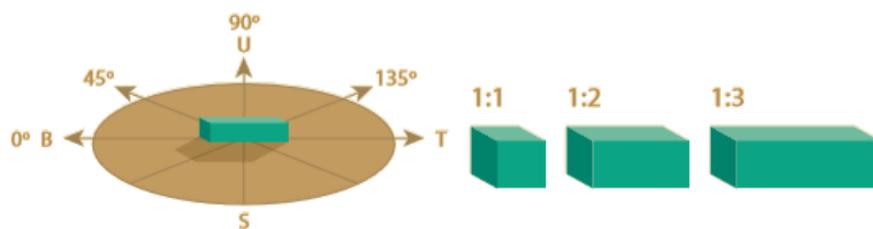
ruang berdinding masif dengan fungsi penunjang seperti ruang servis dan tangga darurat. Hal ini dapat berfungsi sebagai *thermal buffer zones*.



Gambar 2.12 Bentuk bangunan memanjang barat ke timur

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

Pada daerah beriklim tropis, orientasi yang paling optimum yakni memanjang dari timur ke barat dengan proporsi lebar dan panjang adalah 1:1,7 dan proporsi yang bagus adalah 1:3. Orientasi pada hal ini terdapat kaitannya dengan posisi bukaan bangunan dimana posisi luar bukaan akan mempengaruhi jumlah radiasi sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan (Wijaya, 1988).



Gambar 2.13 Proporsi Orientasi Optimum pada Bangunan

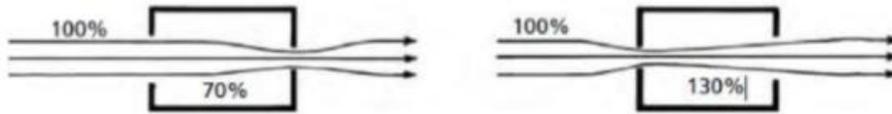
Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

2.4.2 Luas Jendela

Proporsi antara luas jendela dengan luas lantai maupun luas fasad atau yang disebut WWR (*Wall window ratio*) mempengaruhi beban pendingin bangunan. Hal ini dikarenakan beban pendingin menentukan total perolehan panas yang masuk ke dalam bangunan. Jendela kaca pada bangunan dapat memasukkan panas ke dalam bangunan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan dinding masif. Selain itu luas jendela akan mempengaruhi sirkulasi udara pada bangunan/ruangan (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012).

Jendela sebagai pengatur sirkulasi udara pada bangunan juga memiliki fungsi sebagai ventilasi. Jendela sebagai bukaan angin memiliki dua fungsi yaitu sebagai tempat masuknya

udara (*inlet*) dan tempat keluarnya udara (*outlet*). Ukuran *inlet* yang sama besar dengan *outlet* akan membuat sirkulasi menjadi seimbang. Ukuran *outlet* yang lebih besar akan menaikkan kecepatan angin sebesar 30% sedangkan *inlet* yang lebih besar akan mengurangi kecepatan angin sebanyak 30% (Lencher, 2015).



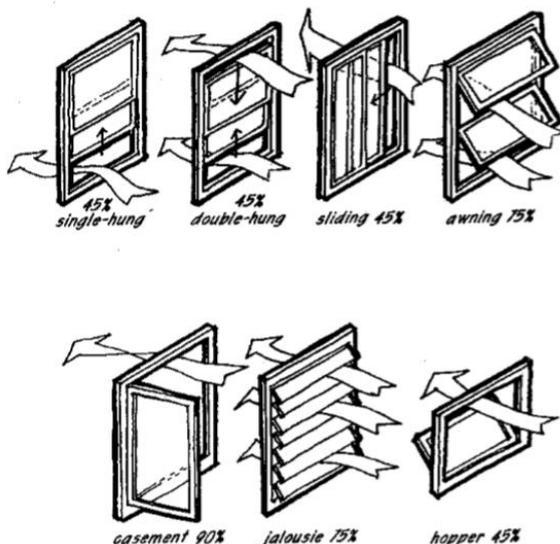
Gambar 2.14 Pengaruh Dimensi *Inlet* dan *Outlet*

Sumber: Lencher, 2015

Agar sirkulasi pada bangunan/ruangan berjalan dengan optimal, diperlukan luas minimal bukaan udara masuk (*inlet*) dengan nilai tertentu. Luas ini adalah nilai yang diperlukan untuk ventilasi atau penghawaan alami pada suatu ruang iklim tropis basah dengan kondisi kecepatan udara/angin yang normal ($0,6 \text{ m/s} > V < 1,5 \text{ m/s}$). Cara perhitungan luas minimal suatu bukaan udara (*inlet*) pada suatu fasad ruang adalah:

- Berdasarkan luas dinding ruang 40% - 80% luas dinding
- Berdasarkan luas ruang 20% luas ruang

Desain bukaan pada jendela ini juga dipengaruhi oleh faktor lokasi, penempatan, dimensi dan tipe jendela yang digunakan. Tipe jendela yang baik cenderung mengarahkan aliran angin untuk tetap berada pada posisi horizontal atau menaikkan ke atas. Tipe jendela dengan kemampuan memasukkan anginnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.15 Tipe Jendela dan Kemampuan Aliran Udara

Sumber: Noor Cholis I, Arsitektur dan Kenyamanan Termal

2.4.3 Material Kaca

Selain luas bukaan, jenis material kaca juga salah satu hal yang mempengaruhi termal bangunan. Material kaca memiliki beberapa karakteristik yang berbeda berdasarkan sifat termalnya. Karakteristik ini dapat dilihat dari sifat transmisi radiasi matahari, daya serap radiasi matahari, daya pantul radiasi matahari dan transmisi cahaya. Karakteristik transmisi termal pada material kaca diukur dari Nilai-U atau *U-Value* sebagai nilai konduksi dan koefisien perolehan matahari (*solar heat gain coefficient*) sebagai nilai radiasi (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012). Berikut merupakan tabel material kaca berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* 2013.

Tabel 2.6 Tabel material kaca

	Clear glass	Reflective glass	Laminated glass	Double glazed Low E
SHGC	0,794	0,6	0,495	0,219
Direct solar transmission	0,74	4,97	0,443	0,128
Light transmission	0,86	0,507	0,792	0,229
U-Value	5,66	5,582	3,161	1,764

Sumber: *A Preliminary Study of Thermal Comfort in Malaysia's Single Storey Terraced Houses*, 2013.

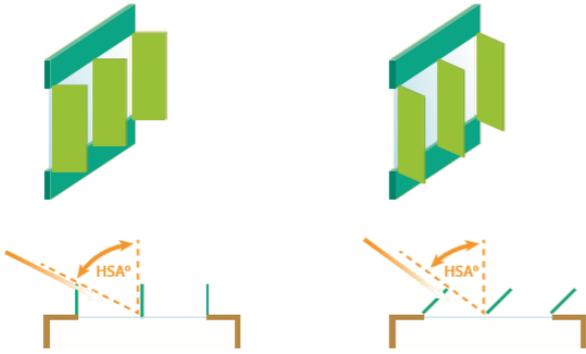
2.4.4 Peneduh Eksternal

Peneduh eksternal atau yang lebih sering disebut dengan *shading device* dinilai lebih efektif dalam mengurangi perolehan panas matahari dibandingkan dengan peneduh internal. Peneduh eksternal dapat menghalangi radiasi matahari sebelum mencapai selubung bangunan. Selain menghalangi radiasi matahari, peneduh eksternal ini dapat menciptakan arsitektur yang estetik (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012). Menurut Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1 terdapat 3 jenis peneduh eksternal yakni:



Gambar 2.16 Jenis Peneduh Eksternal Generik: Overhang

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012



Gambar 2.17 Jenis Peneduh Eksternal

Generik: Sirip Vertikal

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

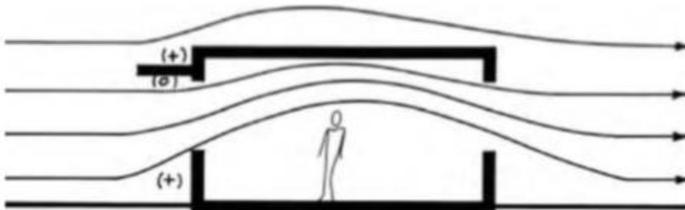


Gambar 2.18 Jenis Peneduh Eksternal

Generik: Eggcrate

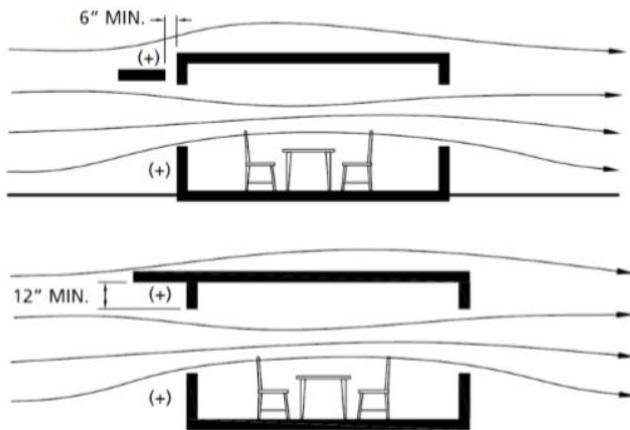
Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

Salah satu peneduh eksternal yang banyak digunakan di Indonesia yakni peneduh eksternal *overhang*. Kelemahan dari *overhang* ini adalah penempatan *overhang* pada posisi horizontal tepat di atas jendela dapat menyebabkan aliran angin membelok ke arah plafon. Hal ini disebabkan oleh terhalangnya tekanan positif oleh *overhang* untuk menyeimbangkan tekanan positif di bawah jendela. Angin yang membelok ke arah plafon ini akan bergerak menjauhi zona aktifitas manusia (Lechner, 2015).

Gambar 2.19 Pengaruh peletakkan *overhang*

Sumber: Lencher, 2015

Hal tersebut sebenarnya masih baik diterapkan pada desain namun terdapat beberapa solusi peletakkan *overhang*. Solusi peletakkan *overhang* yakni dengan memberi jarak antara *overhang* dengan dinding bangunan. Pemberian jarak ini mampu meneruskan aliran angin ke dalam zona aktifitas manusia. Selain itu peletakkan *overhang* yang lebih tinggi dari jendela juga dapat menjaga arah aliran tetap mengarah ke zona aktifitas manusia (Lechner, 2015)

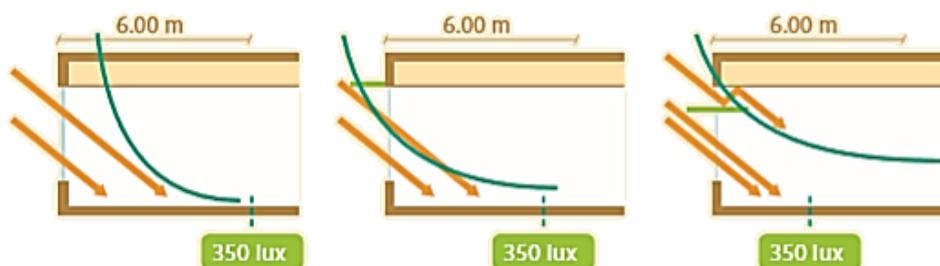


Gambar 2.20 Solusi peletakkan *overhang*

Sumber: Lencher, 2015

2.4.5 Reflektor Cahaya (*Lightshelf*)

Reflektor cahaya merupakan salah satu solusi untuk memantulkan transmisi panas pada selubung bangunan. Reflektor cahaya merupakan elemen horizontal yang membagi jendela menjadi dua bagian. Jendela bagian atas sebagai pencahayaan alami dan jendela bagian bawah sebagai pandangan (*vision*). Kaca pada bagian atas dapat menggunakan material dengan VT (*visible transmittance*) yang lebih tinggi, sedangkan kaca pada bagian bawah dapat memiliki SGHC dan VT yang lebih rendah (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012). Untuk dapat lebih jelas mengenai reflektor cahaya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.21 Kinerja Tipikal Reflektor Cahaya

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

Selubung bangunan pada gambar pertama merupakan selubung tanpa peneduh. Jenis ini dapat memiliki nilai transmisi panas sebanyak $47,44 \text{ W/m}^2$. Reflektor jenis kedua yakni *overhang* dengan transmisi panas yang berkurang menjadi $31,93 \text{ W/m}^2$. Jenis yang terakhir yakni reflektor cahaya dan dapat mengurangi transmisi panas mencapai $33,01 \text{ W/m}^2$.

2.4.6 Peneduh Internal

Peneduh internal dapat menahan radiasi matahari setelah melewati jendela dan mencegah radiasi matahari yang langsung ke penghuni maupun interior bangunan. Peneduh internal pada bangunan dapat berupa tirai maupun gordena. Pada pengaruhnya terhadap termal bangunan, peneduh internal tidak seefektif peneduh eksternal. Peneduh internal bisa diatur sepenuhnya untuk memenuhi kebutuhan / keinginan individu dari penghuni dan tersedia dengan berbagai desain dan warna. Hal ini membuat peneduh internal dapat dipadupadankan dengan rancangan elemen interior lainnya. Dari segi desain, peneduh internal dapat dibedakan sebagai peneduh rol (*roller shades*), tirai horizontal (*horizontal blinds*), tirai vertikal (*vertical blinds*) dan gordena. Di antara semua itu, tirai horizontal memiliki kinerja yang lebih baik dengan memantulkan cahaya matahari ke langit-langit untuk meningkatkan kinerja pencahayaan alami ke bagian interior yang letaknya jauh dari jendela.

2.4.7 Dinding

Dinding bangunan terdiri atas beberapa lapisan material dengan ketebalan dan sifat termal yang berbeda. Gabungan nilai konduktansi (k) dan nilai resistensi (R) dari setiap lapisan bahan menentukan sifat termal keseluruhan dari dinding tersebut yang dapat direpresentasikan dengan Nilai-U. Semakin rendah Nilai-U semakin baik karena transfer termal yang lebih rendah (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012).

Selain ketebalan dinding yang berpengaruh terhadap termal bangunan, terdapat material dinding yang diatur dalam SNI 03-6389-200 Departemen Pekerjaan Umum tentang Nilai K Bahan Bangunan yakni sebagai berikut:

Tabel 2.7 *U-Value* Bahan Bangunan menurut SNI 03-6389-200

No.	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m ² .K)
1	Beton	2.400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Beton dengan lapisan plaster	1.760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca	-	1,154
5	Plesteran pasir-semen	1.568	0,533
6	Kaca lembaran	2.512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170

No.	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m ² .K)
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fiberglass	32	0,035
13	Paduan alumunium	2.672	211
14	Tembaga	8.784	385
15	Baja	7.840	47,6
16	Granit	2.640	2,927
17	Marmar/terazo/keramik/mozaik	2.640	1,298

Sumber: SNI 03-6389-200

2.4.8 Atap

Aspek terakhir yang mempengaruhi termal pada desain selubung bangunan yakni atap. Pada bangunan berlantai rendah dengan bidang atap yang luas dapat menjadi sumber utama perolehan panas sebuah bangunan. Untuk meminimalisir kenaikan panas melalui atap, material dengan reflektifitas dan emisivitas yang tinggi harus dipilih. Hal ini dikarenakan bahan atap biasanya memiliki Nilai-U yang tinggi sehingga pemilihan material bangunan dapat mengurangi fenomena *urban heat island* (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012).

Material pada atap bangunan juga memiliki standar Nilai-U yang mempengaruhi termal bangunan. Menurut *Tables of U-values and thermal conductivity* oleh *Scottish goverment*, Nilai-U pada material atap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 *U-Value* Material Atap Bangunan

No.	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m ² .K)
1	Aerated concrete slab	500	0,16
2	Asphalt	2100	0,70
3	Felt/bitumen layers	1100	0,23
4	Screed	1200	0,41
5	Stone chippings	2000	2,0
6	Tiles (clay)	2000	1,0
7	Tiles (concrete)	2100	1,5
8	Wood wool slab	500	0,10

Sumber: <http://www.gov.scot>, 2018

2.5 Tinjauan Selubung Bangunan

2.5.1 Selubung Bangunan

Selubung bangunan berdasarkan Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1 merupakan salah satu elemen pembentuk bangunan yang terdiri dari komponen tak tembus cahaya (misalnya dinding) dan sistem fenestrasi atau komponen tembus cahaya (misalnya jendela) yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luar. Selubung bangunan memberikan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi dan lain sebagainya.

Selubung bangunan dari segi fisika bangunan memiliki tugas atau fungsi sebagai berikut:

1. Fungsi pemikul beban di atasnya
2. Fungsi penutup atau pembatas ruang, baik visual maupun akustik
3. Menghadap alam luar dan dalam :
 - Radiasi sinar cahaya dan sinar kalor dari matahari
 - Radiasi sumber-sumber kalor dari dalam
 - Isolasi atau penghalang kalor yang datang dari luar
 - Pemeliharaan suhu yang diminta dalam ruangan
 - Pelindung terhadap hempasan hujan dan kelembaban dari luar
 - Pengatur serajat kelembaban di dalam ruang
 - Pelindung terhadap arus angin luar
 - Pengatur ventilasi di dalam ruang

Selubung bangunan ini memiliki pengaruh penting dalam bangunan. Selain dapat menjadi estetika bangunan, selubung bangunan juga dapat menjadi salah satu pengatur pencahayaan alami, penghawaan alami, penghalang kebisingan dan view dari dalam maupun luar bangunan. Selubung bangunan juga merupakan salah satu faktor penting dalam mendesain bangunan berefisiensi energi. Meskipun selubung bangunan tidak secara langsung mengkonsumsi energi, desainnya berpengaruh kuat pada beban pemanasan dan penyejukan (energi HVAC). Perolehan panas pada selubung bangunan jika diuraikan terdiri atas tiga komponen yaitu konduksi panas melalui selubung masif, konduksi panas melalui selubung transparan, dan radiasi matahari melalui kaca.

2.5.2 Selubung Bangunan Tropis

Menurut Szokolay (1974) tropis dapat didefinisikan sebagai daerah yang terletak di antara garis isotherm di sebelah bumi utara dan selatan atau daerah yang terdapat di antara $23\frac{1}{2}^{\circ}$ lintang utara dan $23\frac{1}{2}^{\circ}$ lintang selatan. Secara umum iklim tropis terbagi dalam dua zona, yaitu iklim tropis kering dan tropis lembab. Indonesia sendiri termasuk ke dalam iklim tropis lembab dengan kelembaban udara yang relatif tinggi pada umumnya di atas 90%.

Kibert (2008) menjelaskan hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan pemilihan bahan dinding, yaitu resistansi termal, termal mass dari permukaan terluar selubung bangunan, dan penempatan insulasi pada selubung bangunan. Selubung bangunan di sisi barat dan timur bangunan pada daerah beriklim tropis lembab memiliki kemampuan sebagai kapasitor kalor. Kapasitor kalor ini dapat menyimpan dan melepas kalor saat terjadi perbedaan temperatur udara pada ruang dalam dengan ruang luar bangunan. Hal ini memiliki kandungan energi yang besar karena mendapat sinar matahari yang banyak. Pentingnya penerapan insulasi termal pada selubung bangunan pada daerah beriklim tropis lembab dapat dijadikan sebagai strategi pencegahan pemanasan untuk mendinginkan bangunan. Salah satu cara penerapannya yakni dengan menghambat terjadinya penyerapan kalor melalui teknologi insulasi material pada selubung bangunan. Penggunaan insulasi material yang tepat pada bangunan berkontribusi dalam mengurangi beban pendinginan yang diperlukan, mengurangi biaya energi tahunan, dan membantu dalam memperluas periode kenyamanan termal tanpa ketergantungan pada penghawaan buatan seperti AC.

Selubung bangunan untuk Indonesia (daerah tropis) mempunyai karakteristik tersendiri dan mempunyai SNI tahun 2011 berjudul Konservasi Energi Pada Selubung Bangunan. Dalam SNI tersebut terdapat beberapa kriteria khusus yaitu :

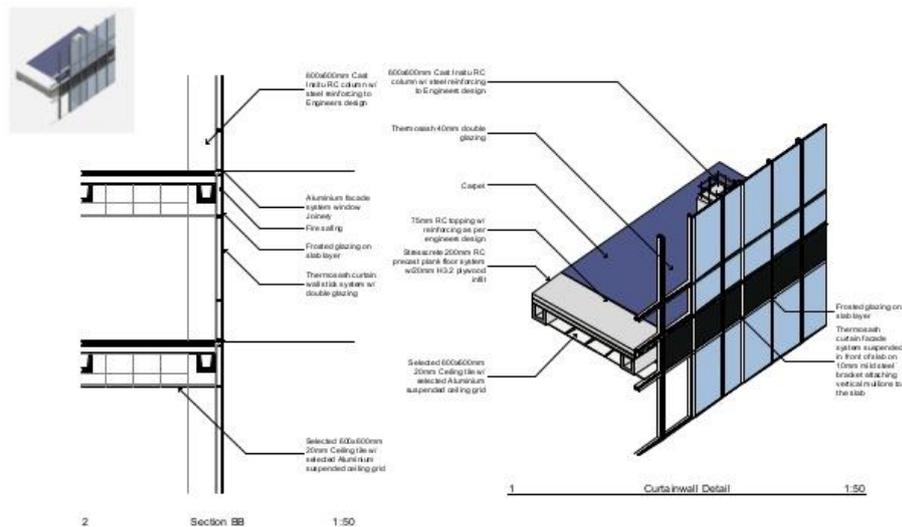
1. Standar SNI selubung bangunan tahun 2011 berlaku untuk komponen dinding (termasuk jendela) dan atap pada bangunan yang dikondisikan. Bangunan yang dikondisikan umumnya menggunakan air Conditioning (AC/tata udara), oleh karena itu semakin kecil perpindahan panas kedalam bangunan maka akan memperkecil beban pendingin sehingga akan menghemat energi.
2. Berdasarkan SNI tersebut ditetapkan perolehan panas radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi harga perpindahan panas menyeluruh (OTTV) yaitu 45 Watt/m². Meskipun untuk negara-negara ASEAN lain tahun 2003 menetapkan OTTV adalah 20 Watt/m².

2.5.3 Macam-macam Selubung Bangunan Tropis

Selubung bangunan yang cocok digunakan pada iklim tropis kini sudah mulai semakin bervariasi. Menurut Priatman (1999), pada hakikatnya macam-macam selubung bangunan tropis khususnya pada bangunan tinggi tetap berdasarkan komponen dasarnya yakni; *Support Framing* (rangka penunjang), insulasi (proses perpindahan panas atau kalor), *joints* (sambungan), *Internal Drainage*, *Interior Finishes* dan Material Eksterior. Selubung bangunan yang terdapat pada iklim tropis yakni:

1. *Curtain wall system*

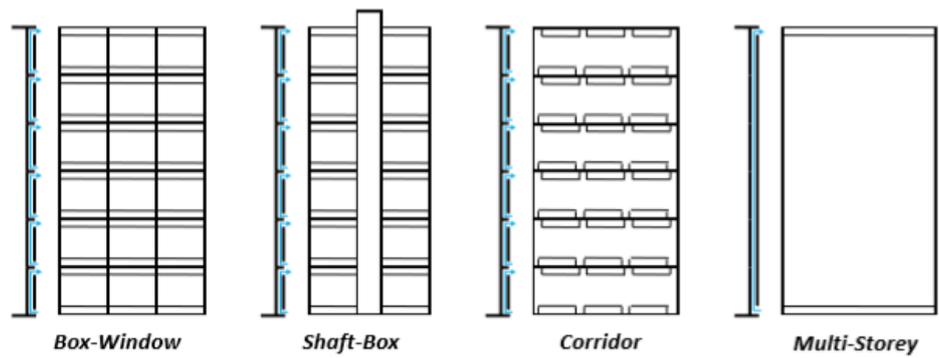
Merupakan selubung bangunan dengan dinding tipis, biasanya berbingkai aluminium, yang mengandung kaca, panel logam, atau batu tipis. Pembingkai melekat pada struktur bangunan dan tidak membawa beban lantai atau atap bangunan (www.wbdg.org/guides-specifications/building-envelope-design-guide/fenestration-systems/curtain-walls, 2016)



Sumber: google.com

2. *Double skin facade*

Merupakan sebuah selubung bangunan yang terdiri dari dua buah bidang elemen terpisah yang memungkinkan terjadinya pertukaran udara ruang dalam dan ruang luar melalui sistem tersebut (Arons, 2006). Berikut merupakan jenis *double skin facade*;



Gambar 2.23 Jenis *Double Skin Facade*

Sumber: Saelens (2002)

3. *Secondary-skin*

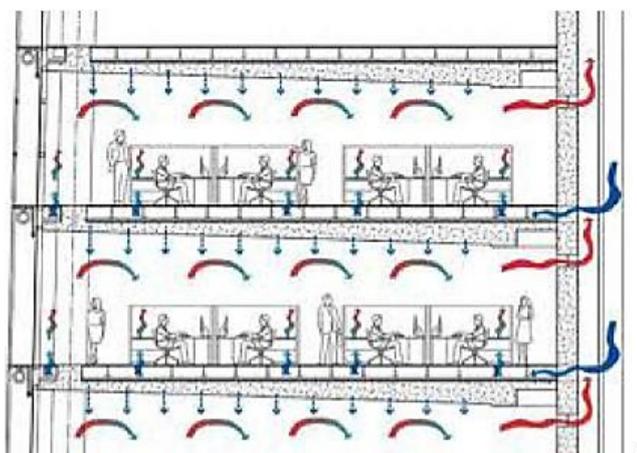
Merupakan elemen arsitektur yang dipasang sebagai lapisan tambahan setelah dinding terluar bangunan untuk membentuk bayangan dan menyediakan rongga udara antara luar dan dalam. Fungsinya menahan panas matahari masuk ke dalam rumah, namun membantu untuk memasukkan cahaya dan angin sebagai kenyamanan termal dalam ruang dapat terjaga (Claessens and De Herde dalam Poirazis, 2006).

4. *Breathing wall*

Merupakan dinding dinamis yang berfungsi mengalirkan udara melalui rongga pada dinding. Umumnya selubung bangunan ini terdiri dari 1 lapis material (Krarti, 2018).

5. *Triple dan Multiple skin facade*

Merupakan sebuah selubung bangunan yang terdiri dari tiga buah bidang elemen atau lebih yang terpisah.



Gambar 2.24 Selubung Bangunan *Triple Skin Facade*

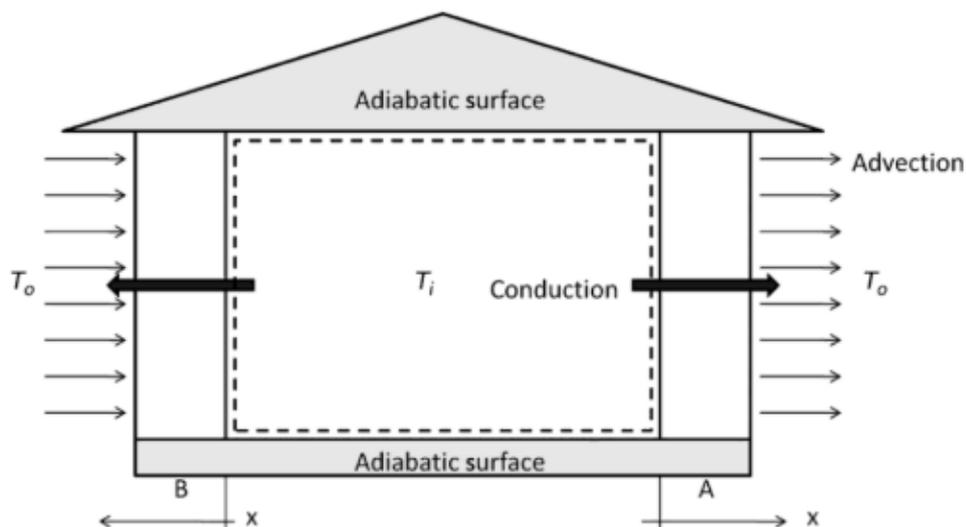
Sumber: google.com

Selain jenis selubung bangunan yang digunakan hal lain yang menjadi pertimbangan memilih selubung bangunan yakni material selubung bangunan. Material yang digunakan oleh selubung bangunan tropis yakni *cementitious, masonry*, material bahan batu, metal, kaca, keramik, polimer dan *technical textile*.

2.5.4 Breathing Wall

Breathing wall atau dinding bernafas merupakan salah satu jenis selubung bangunan yang mampu menciptakan suatu sistem sirkulasi udara dari luar hingga ke dalam ruangan. *Breathing wall* ini bertujuan untuk menjaga pencahayaan maupun penghawaan dalam ruang agar cahaya matahari cukup dan ruang juga tetap terasa sejuk/segar tanpa menggunakan bantuan media lain seperti pintu atau jendela. Penggunaan *breathing wall* di Indonesia masih jarang digunakan padahal *breathing wall* ini dapat menjadi solusi pengolah penghawaan dan pencahayaan alami yang baik.

Breathing wall juga biasa disebut sebagai dinding dinamis. Dinding dinamis ini berfungsi mengalirkan udara melalui dinding untuk menimalisir penggunaan energi termal. Energi termal dapat dikurangi dengan mekanisme sirkulasi udara yakni dengan memfilter udara segar melalui dinding dari luar ke dalam bangunan, kemudian udara di dalam bangunan akan didinginkan menggunakan dinding yang berfungsi sebagai pereduksi termal. (Krarti, 2018).



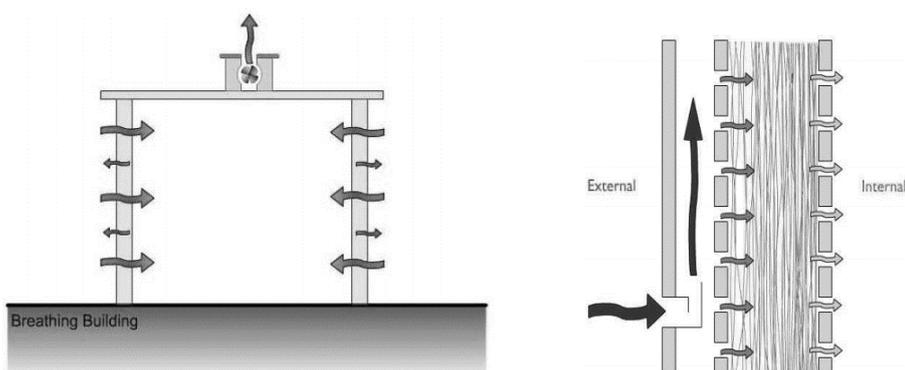
Gambar 2.25 Mekanisme Sederhana *Breathing Wall*

Sumber: Krarti (2018)

Yoon, S., *et al.* (2000) menjelaskan tentang beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan menjadi faktor penentu termal terkait konstruksi panel dinding berventilasi (*breathing wall*), yaitu:

- Jumlah lapisan insulasi internal;
- Ketebalan dinding;
- Tingkat aliran udara melalui dinding, dimana berpengaruh terhadap kemampuan insulasi termal;
- Diameter lubang atau jarak dan efektivitas area bukaan tiap lapisan insulasi internal, dimana berpengaruh terhadap tingkat aliran udara dan transmisi kelembaban.

Breathing wall sendiri bekerja dengan menggabungkan insulasi dinamis, dimana ventilasi udara segera tertarik ke dalam bangunan menggunakan depresi aktif atau pasif. Penggabungan insulasi ini menawarkan alternatif menarik untuk mendapatkan ventilasi alami yang ideal. Penurunan temperatur dalam *breathing wall* dapat dilakukan dengan pemilihan material menggunakan Nilai-K atau *U- Value* yang rendah. Pemilihan ini dapat mengendalikan suhu nyaman bangunan tanpa konsumsi energi yang tinggi. Selain itu, *breathing wall* dapat mengurangi ketergantungan pada perawatan yang rumit dan mahal. Hal ini dapat dilakukan karena *breathing wall* mampu menyaring debu, gas dan polutan lainnya sehingga dapat menciptakan pemeliharaan selubung bangunan yang aman. Mekanisme dalam sirkulasi udara yang diciptakan oleh *breathing wall* yakni dengan menarik udara segar dari ruang luar dan mengalirkan ke dalam bangunan. Kemudian, udara panas yang dihasilkan dari dalam bangunan akan dikeluarkan seperti gambar 2.12. Aliran massa/udara panas dapat menghasilkan udara yang lebih sejuk dalam bangunan dengan efisiensi insulasi keseluruhan yang lebih tinggi (Imbabi dan Peacock, 2003)



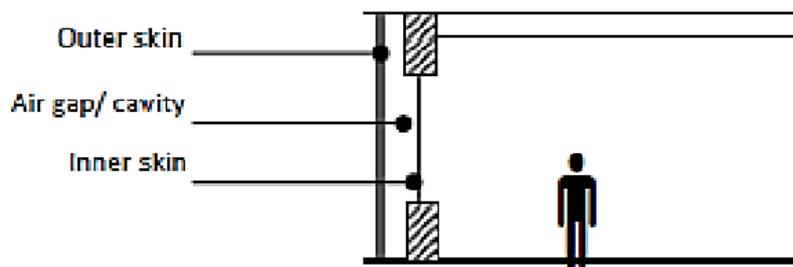
Gambar 2.26 Sirkulasi Udara pada *Breathing Wall*

Sumber: Imbabi dan Peacock (2003)

2.5.5 *Double Skin Facade*

Selubung bangunan dengan jenis *double skin facade* dikenalkan pertama kali pada tahun 1849 dan digunakan pertama kali pada bangunan Steiff-Factory di Jerman

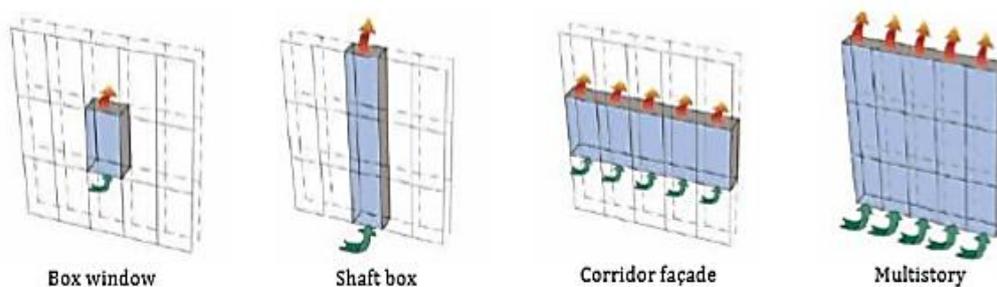
(Mulyadi, 2012). Alessi, 2008 menyebutkan bahwa *double skin facade* merupakan dinding bangunan tambahan yang pada umumnya transparan dan dipasang di atas dinding eksisting. Adanya jarak antara dinding tambahan dan dinding eksisting berfungsi sebagai insulasi bangunan. Menurut Dewi (Dewi, Huang, Nugroho, 2013) komponen utama pada *double skin facade* yakni dinding terluar (*outer skin*), jarak (*cavity/ air gap*) dan dinding bagian dalam/ dinding eksisting (*inner skin*). Pada beberapa penggunaan dapat diletakkan *shading device* pada jarak antara kedua dinding untuk dapat mereduksi panas yang masuk ke dalam bangunan.



Gambar 2.27 Komponen *Double Skin Facade*

Sumber: Strategi *Double Skin Fasade* pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi

Jenis *double skin facade* (Tacson, 2008), dikelompokkan menjadi empat macam berdasar bentuk penyekatan jarak antara dinding dalam dan luar. Jenis pertama yaitu *box window facade* yaitu *double skin facade* yang jarak antara dinding luar dan dalam disekat secara vertikal dan horizontal mengikuti bentuk jendela dan berfungsi untuk menghindari transmisi suara dan asap antar ruangan. Jenis yang kedua yaitu *shaft box facade* yaitu *double skin facade* tipe *box window* yang terhubung dengan shaft vertikal yang menerus. Jenis ketiga yaitu *corridor facade* yaitu *double skin facade* yang ruang jaraknya disekat secara horizontal sesuai dengan pembagian jumlah lantai bangunan. Jenis yang keempat yaitu *multistory facade* yaitu *double skin facade* yang ruang antara tidak dibagi dan menerus, lubang bukaan untuk ventilasi terdapat di bagian atas dan bawah fasad saja. Berikut merupakan keempat jenis *double skin facade* tersebut :



Gambar 2.28 Jenis Sirkulasi *Double Skin Facade*

Sumber: Tacson, 2008

2.6 Metode Simulasi

2.6.1 Software Ecotect

Software Ecotect Analysis merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Dr. Adrew J. Mars. Perangkat ini alat yang dapat digunakan dalam melakukan simulasi kondisi bangunan dengan keadaan lingkungan sekitarnya. *Ecotect* menyediakan fasilitas untuk mengolah data iklim, akustik, pencahayaan, dan energi.

Perangkat ini sudah digunakan untuk evaluasi maupun perencanaan suatu bangunan atau kawasan secara komersil. Dasar pemikiran dalam *Ecotect* adalah menggunakan prinsip-prinsip desain lingkungan yang berpengaruh terhadap kondisi bangunan. Aspek penting yang nantinya mempengaruhi kinerja bangunan yakni seperti geometri, material, dan orientasi. Aspek tersebut perlu diperhatikan pada saat melakukan tahap perancangan bangunan. Beberapa hal yang perlu diketahui dalam menggunakan *Ecotect Analysis* (Elmira, 2011) salah satunya yakni elemen simulasi. Elemen pada software *ecotect* yakni:

Tabel 2.9 Elemen Simulasi Ecotect

Elemen	Value
U-Value (W/m ² .K)	0.280
Admittance (W/m ² .K)	3.330
Solar Absorption (0-1)	0.6
Visible Transmittance (0-1)	0
Thermal Decrement (0-1)	1
Thermal Lag (hrs)	0.2
[SBEM] CM 1	0
[SBEM] CM 2	0
Thickness (m)	0.580
Weight (kg)	13.295

Sumber: Ecotect, 2011

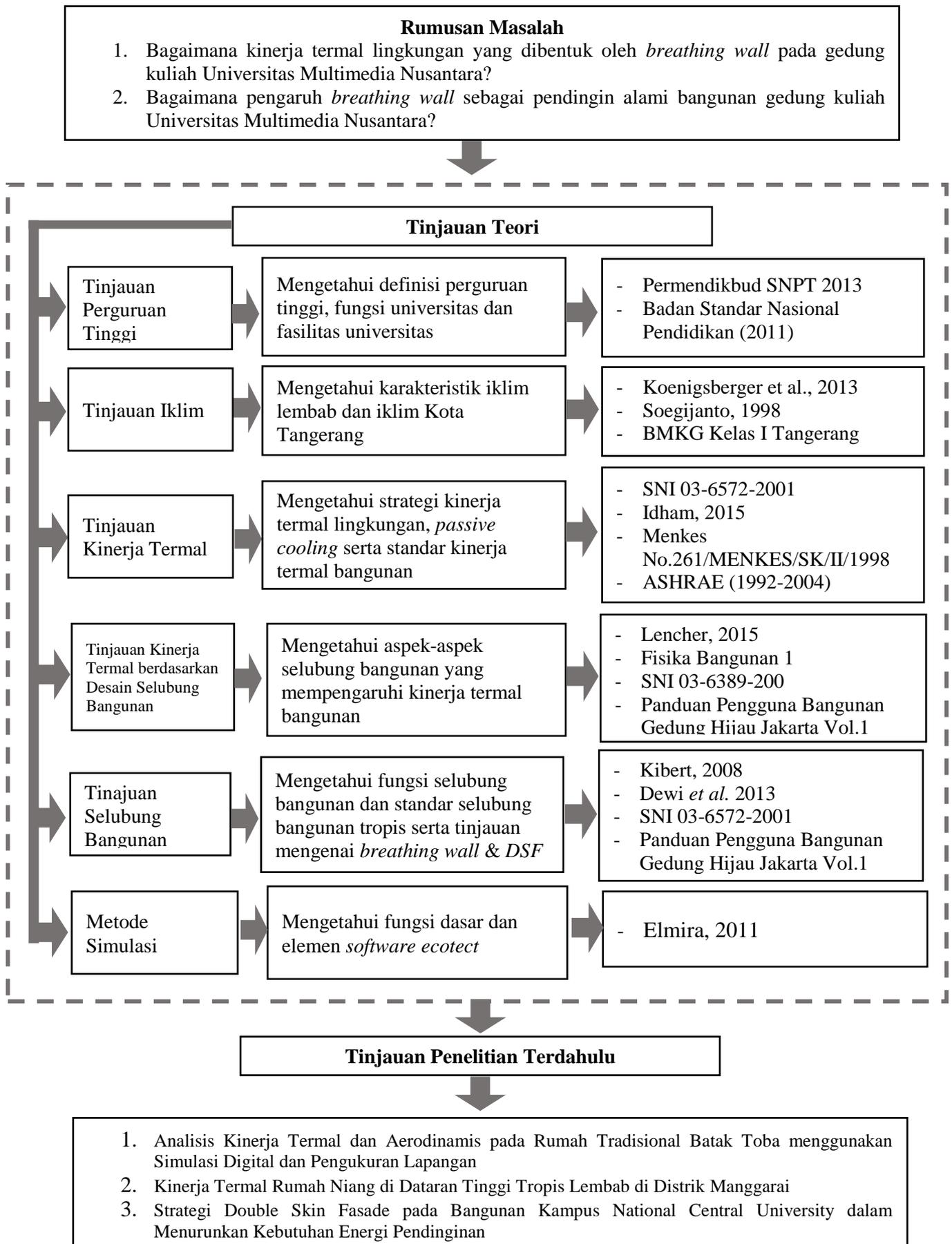
2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.10 Penelitian Terdahulu

Judul	Kinerja Termal Rumah Niang di Dataran Tinggi Tropis Lembab di Distrik Manggarai	Strategi Double Skin Fasade pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi Pendinginan
Penulis	Ditulis oleh P. Jhon Alfred D.D dari Program Studi Arsitektur, Universitas Flores, Ende dan I Gusti Ngurah Antaryama dan Sri Nastiti N.E dari Jurusan Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.	Ditulis oleh Cynthia Permata Dewi dan Agung Murti Nugroho dari Universitas Brawijaya, Rong-Yau Huang dari National Central University Taiwan.
Penerbit	Diterbitkan oleh Widyariset Jurnal Vol. 2 No. 2 pada 30 November 2016	Diterbitkan oleh Jurnal RUAS, Volume 11 N0 2, Desember 2013, ISSN 1693-3702
Tujuan	Menentukan kinerja termal dan aerodinamis Rumah Tradisional Batak Toba (RTBT)	Mengevaluasi pengaruh desain rumah Niang dalam merespon kondisi termal di dataran tinggi dan menganalisis perilaku material dari elemen desain yang berpengaruh terhadap kinerja termal rumah Niang.
Metode Penelitian	Deskriptif-kuantitatif	Deskriptif-kuantitatif

Instrumen	Software modeling Autocad dan Sketchup. Software simulasi meteonorm, ecotect, dan CFD-ACE+. IAQ QuesTemp 36, Anemomaster Kanomax A031.	Software simulasi ARCHIPAK versi 5.0, Thermohyrometer dan Anemometer	Design Builder Energy Plus 3.0.0.105 trial version,
Hasil	Hasil pengukuran lapangan memperlihatkan bahwa kondisi termal hasil pengukuran lapangan sepanjang hari berada di bawah referensi temperatur batas atas kenyamanan termal dengan ventilasi alami, yaitu 29 °C. Penggantian material atap dengan menggunakan seng gelombang tidak signifikan dalam memengaruhi kenyamanan termal di dalam bangunan, melainkan lebih dipengaruhi oleh temperatur luar bangunan. Orientasi bangunan RTBT yang optimal berada pada posisi sudut 52.5° dari arah utara, tetapi tidak ditemukan orientasi aturan menghadap arah mata angin tertentu.	Hasil akhir dalam penelitian ini menunjukkan bahwa desain rumah Niang belum dapat memberikan kenyamanan termal yang memadai terutama pada malam hingga pagi hari. Dari simulasi juga dapat diketahui bahwa lantai dan atap merupakan elemen yang paling kritis terhadap pelepasan panas. Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil akhir tersebut yakni; Elemen bangunan belum dapat memberikan kenyamanan termal yang memadai terutama pada malam hingga pagi hari, karakter elemen bangunan lebih cenderung sebagai pelepas panas karena nilai U-value tergolong besar dan time lag yang pendek, serta orientasi bangunan sudah tepat yaitu arah Utara-Selatan namun bentuk bangunan yang singel layer tidak dapat membantu memperlambat panas keluar.	Hasil akhir penelitian ini menunjukkan bahwa strategi DSF ini memungkinkan untuk diaplikasikan pada bangunan di daerah panas lembab seperti Taiwan. Penurunan energi pendinginan bangunan berbanding terbalik dengan ukuran lebar air gap. Penambahan lebar air gap memperbesar insulasi thermal pada bangunan. Air gap dengan ukuran 1,2m merupakan air gap paling optimal yakni dapat menurunkan hingga 34,69% energi. Kemudian, semakin kecil nilai SHGC dan U-value kaca maka semakin besar penurunan energi yang dapat dicapai. Penggunaan double glazed Low E menghasilkan penurunan energi paling besar diantara material kaca lainnya.

2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.24 Kerangka Teori