

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Kota Malang

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Kota Surabaya yang secara geografis terletak pada posisi 112,06°-112,07°BT dan 7,06°-8,02°LS dengan luas wilayah 11.006 Ha atau 110,06 Km², mencakup 5 (lima) Kecamatan terdiri dari 57 (lima puluh tujuh) Kelurahan dengan batas wilayah administrasi sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Kec. Singosari dan Kec. Karangploso Kab. Malang
2. Sebelah Timur : Kec. Pakis dan Kec. Tumpang Kab Malang
3. Sebelah Selatan: Kec. Tajinan dan Kec. Pakisaji Kab. Malang
4. Sebelah Barat : Kec. Wagir dan Kec. Dau Kab Malang.

Luas wilayah Kota Malang adalah 110,06 km² dan memiliki ketinggian antara 440–667 meter di atas permukaan air laut. Kota Malang diapit oleh beberapa deretan pegunungan, barisan Gunung Kawi dan Panderman, Gunung Arjuno, dan Gunung Semeru. Sungai yang mengalir di wilayah Kota Malang adalah Sungai Brantas, Amprong dan Bango.



Gambar 2.1 Peta pembagian administratif Jawa Timur

Sumber: <http://www.upload.wikimedia.org/>

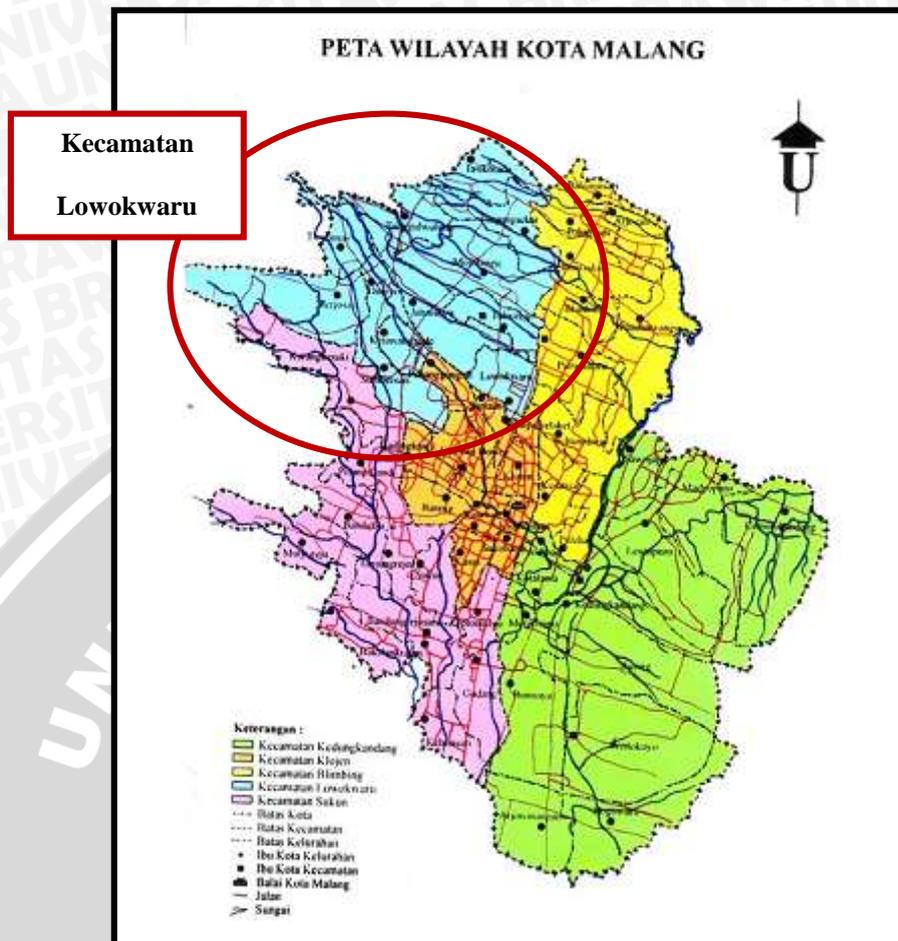
Secara administratif Kota Malang terbagi dalam lima wilayah kecamatan, yaitu Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru. Berdasarkan luasan kota dan persentase luasan kota, wilayah Kedungkandang merupakan kecamatan terluas dari Kota Malang. Luasan Kecamatan Kedung Kandang adalah 39,9 km² atau 36,2% dari total wilayah Kota Malang. Kecamatan Lowokwaru merupakan wilayah terluas kedua dengan luasan 22,6 km² atau 20,5% dari total Kota Malang.

Tabel 2.1 Luas Kecamatan (Km²) dan Presentase terhadap Luas Kota

Kecamatan	Luas Kecamatan (km²)	Persentase Terhadap Luas Kota (%)
Klojen	8,8	8,0
Blimbing	17,8	16,1
Sukun	20,9	19,0
Lowokwaru	22,6	20,5
Kedungkandang	39,9	36,2
Total	110,1	100,0

Sumber : Malang Dalam Angka, 2007





Gambar 2.2 Peta wilayah Kota Malang

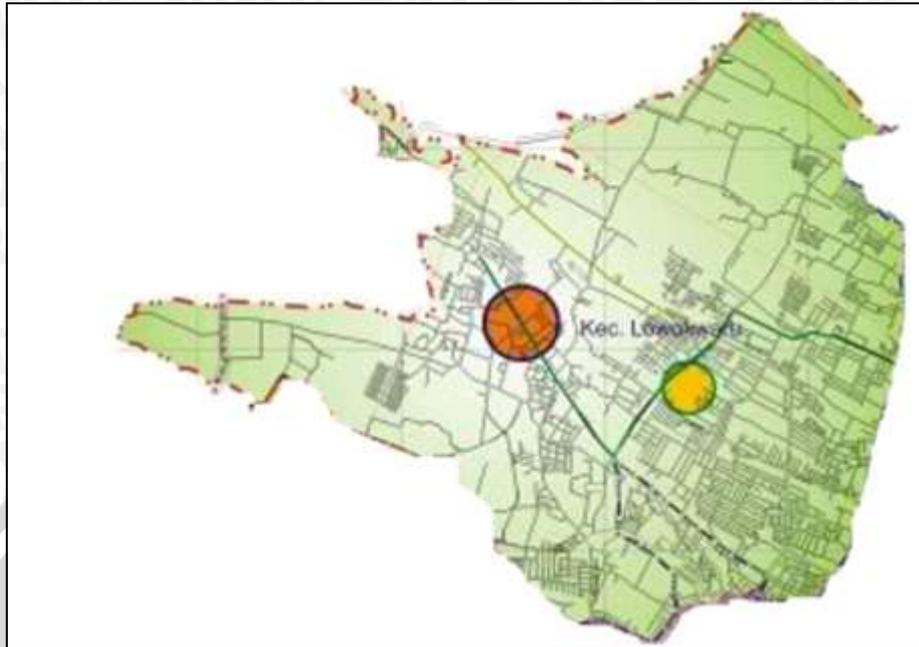
Sumber: Malang Dalam Angka, 2011

2.1.1 Tinjauan Kecamatan Lowokwaru

Kecamatan Lowokwaru terletak di posisi barat daya kota Malang yang merupakan lokasi dataran tinggi, dimana ketinggiannya 460 m dari permukaan laut. Sementara itu memiliki temperatur maksimum 28°C dan temperatur minimum 20°C dengan curah hujan maksimum yang pernah terjadi 2,71 mm dan minimum yang pernah terjadi 2,31 mm.

Luas Wilayah Kecamatan Lowokwaru 2089,513 Ha yang terbagi atas 12 Kelurahan. Batas Wilayah :

1. Disebelah Utara dibatasi oleh Kecamatan Karangploso
2. Disebelah Selatan dibatasi oleh Kecamatan Klojen
3. Disebelah Timur dibatasi oleh Kecamatan Blimbing
4. Disebelah Barat dibatasi oleh Kecamatan Dau.



Gambar 2.3 Peta wilayah Kecamatan Lowokwaru

Sumber: Hasil Pengolahan

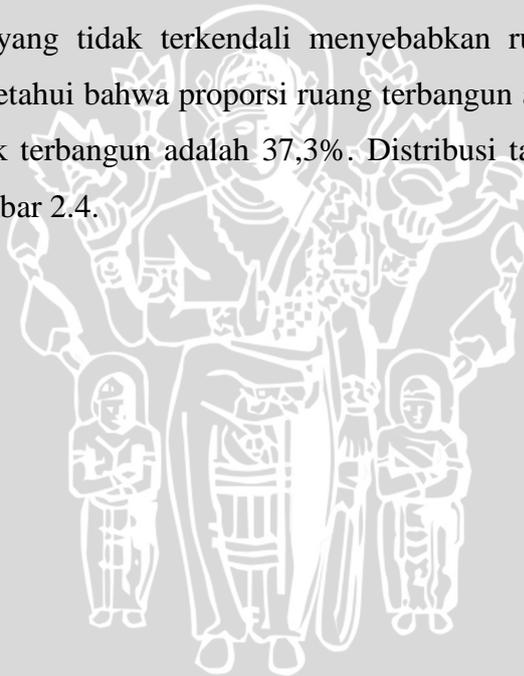
Tata guna lahan (*land use*) di Kota Malang didominasi oleh ruang terbangun dengan luasan total 6.902,7 ha, sedangkan lahan tidak terbangun dengan luasan total 4.102,9 ha (Tabel 2.2). Data tata guna lahan tersebut memperlihatkan ketimpangan orientasi penggunaan lahan yang cenderung terus bertumbuh untuk pembangunan permukiman dan fasilitas perekonomian lainnya. Kebijakan yang tidak berorientasi pada lingkungan diduga berdampak pada berkurangnya lahan peruntukan untuk ruang terbuka hijau dan area pepohonan yang menyebabkan penurunan kualitas dan kenyamanan hidup perkotaan.

Tabel 2.2 Tata Guna Lahan Kota Malang

NO	KECAMATAN	LUAS (Ha)	TATA GUNA LAHAN		JUMLAH PENDUDUK (JIWA)
			TERBANGUN (Ha)	TIDAK TERBANGUN (Ha)	
1.	KLOJEN	883	754,25	128,75	108.268
2.	BLIMBING	1.776,65	1.445,30	331,35	163.637
3.	SUKUN	2.096,57	1.235,40	861,17	166.675
4.	LOWOKWARU	2.260,00	1.598,01	661,993	182.839
5.	KEDUNGKANDANG	3.898,44	1.869,73	2.119,71	167.930
	TOTAL	11.005,66	6.902,69	4.102,97	789.349

Sumber: Malang Dalam Angka, 2007

Konversi lahan yang tidak terkendali menyebabkan ruang tumbuh ekologis berkurang. Dari data diketahui bahwa proporsi ruang terbangun adalah 62,4% dari total kawasan dan ruang tidak terbangun adalah 37,3%. Distribusi tata guna lahan di Kota Malang tersaji pada Gambar 2.4.



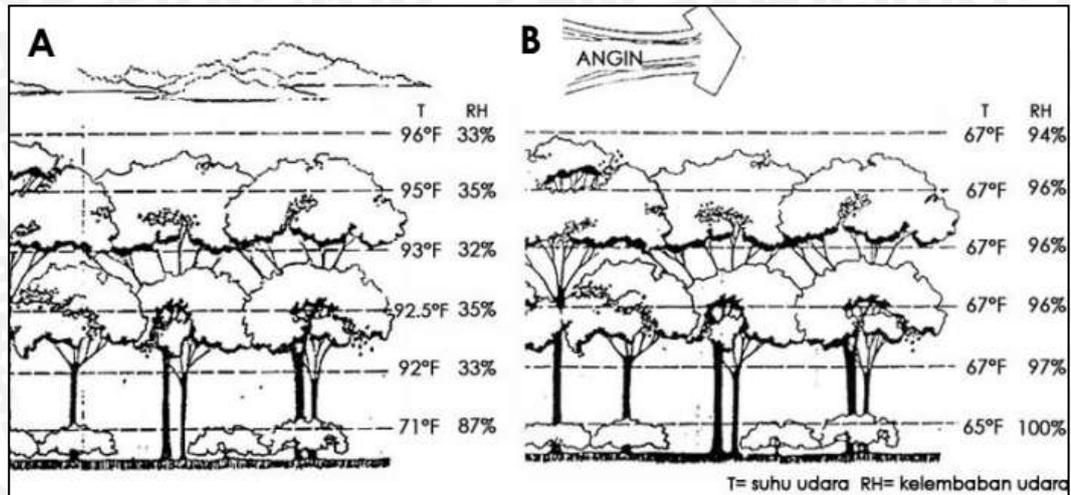


Gambar 2.4 Peta Rencana Tata Guna Lahan Kota Malang Tahun 2009-2029

Sumber : RTRW Kota Malang, 2009

2.1.2 Ruang terbuka hijau (RTH) Kota Malang

Ruang terbuka hijau (RTH) Kota Malang terbagi dalam tiga kategori berdasarkan fungsi dan bentuk ruang terbuka hijau. Ketiga jenis itu, antara lain ruang terbuka hijau ekologis, sosial ekonomi dan arsitektural. Ruang terbuka hijau ekologis bermanfaat sebagai area konservasi air dan tanah, jejaring habitat kehidupan liar, serta menurunkan tingkat pencemaran udara dan mencegah banjir.



Gambar 2.5 Suhu dan kelembaban udara di sekitar kanopi RTH: (A) tanpa pergerakan udara dan (B) ada pergerakan udara

Sumber: Grey dan Deneke (1978)

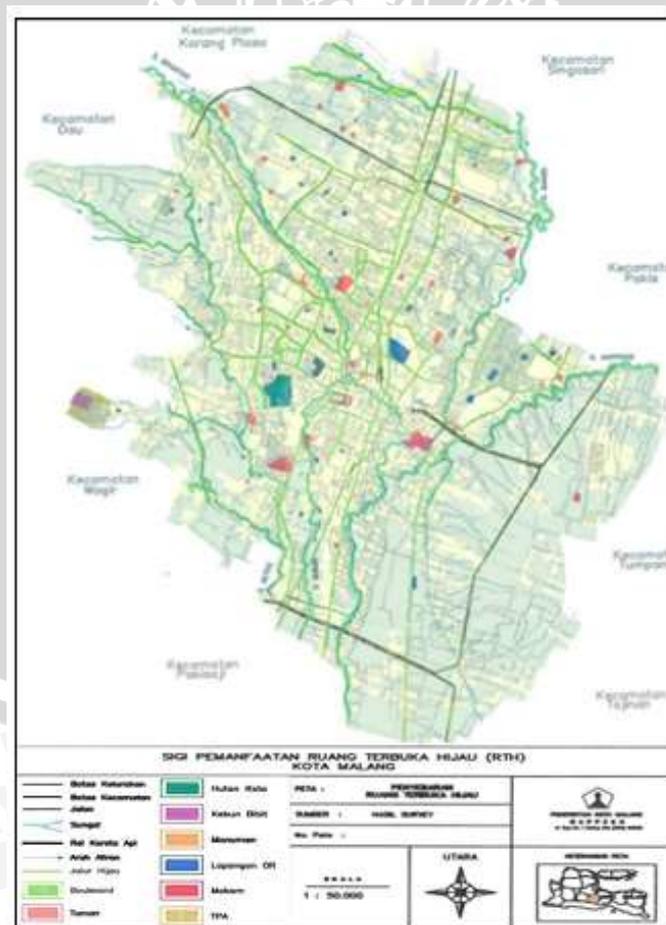
Pada (Gambar 2.5) bentuk RTH ekologis adalah hutan kota, taman kota, kawasan dan jalur hijau, sempadan sungai, kereta api dan jalur dibawah tegangan tinggi (SUTT). RTH sosial ekonomi kota Malang berupa hutan kota, taman kota, lapangan olahraga, taman rekreasi dan taman lingkungan perumahan dan permukiman. RTH tersebut bermanfaat sebagai pendidikan lingkungan, rekreasi kota dan ruang interaksi sosial. RTH arsitektural kota Malang bermanfaat sebagai kerapian dan keteraturan kota, kenyamanan dan keindahan kota. Kawasan RTH ini dapat berupa jalur hijau jalan, alun-alun dan monumen kota, taman lingkungan dan gedung komersial serta jalur pengaman jalan dan median jalan.

Kota Malang memiliki luasan ruang terbuka hijau yang tidak besar. Luasan total RTH di Kota Malang adalah 130,3 ha yang terbagi atas jalur hijau 7,9 ha, taman kota 36,7 ha, taman lingkungan 13,1 ha dan bentuk lain-lain adalah 72,7 ha (Bappeko,2007). Nilai ini relatif sangat kecil dan terhitung kurang memenuhi untuk standar kota besar. Ditinjau dari distribusinya, RTH kota Malang belum tersebar secara merata (Gambar 2.6).

Tabel 2.3 Luas Ruang Terbuka Hijau Kota Malang

Kecamatan	Luas Ruang Terbuka Hijau					
	Luas Kawasan (Ha)	Jalur Hijau (M ²)	Taman Kota (M ²)	Taman Lingkungan (M ²)	Lain-Lain (M ²)	Total (M ²)
Klojen	883,00	20.635	259.715	63.180	98.455	441.985
Blimbing	1776,65	10.588	4.075	16.306	165.463	196.432
Sukun	2096,57	12.467	77.858	14.272	276.940	381.537
Lowokwaru	2260,00	26.479	7.718	9.942	107.871	152.010
Kedung Kandang	3989,44	8.900	16.670	27.733	77.925	131.228
Total	11005,66	79.069	366.036	131.433	726.654	1.303.192

Sumber : Bappeko Kota Malang, 2007



Gambar 2.6 Distribusi RTH di Kota Malang

Sumber: Rawuli, 2013

2.1.3 Iklim di Kota Malang

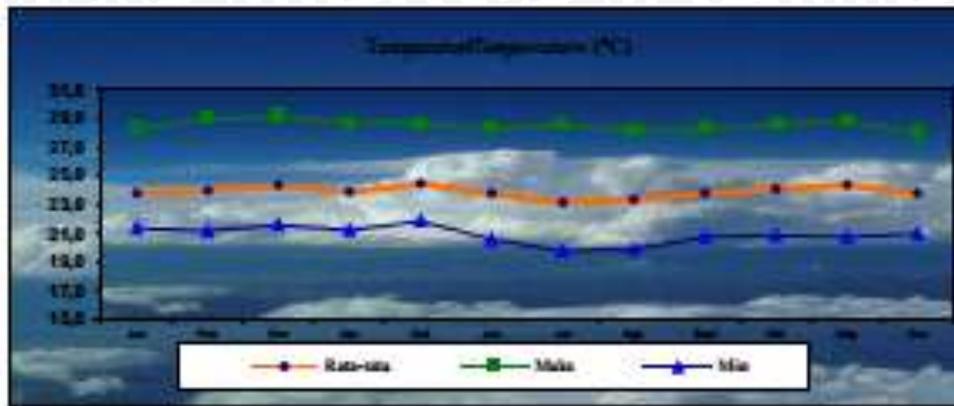
Terkait dengan faktor-faktor kenyamanan termal, terdapat 3 unsur iklim yang paling berpengaruh terhadap kondisi termal suatu bangunan, yaitu suhu, angin dan kelembaban. Ketiga unsur tersebut penting pengaruhnya dalam kenyamanan ruangan tertutup (Lippsmeier, 1994).

Kondisi iklim Kota Malang selama tahun 2011 tercatat rata-rata suhu udara berkisar antara 23,2°C-24,5°C. Suhu maksimum mencapai 30,6°C dan suhu minimum 18,0°C. Salah satu bulan dengan suhu rata-rata tertinggi pada tahun 2011 adalah bulan Maret yaitu mencapai suhu rata-rata maksimum sebesar 29,2°C. Sementara itu suhu rata-rata minimum terjadi pada Juli yaitu 19,8°C (Tabel 2.4).

Tabel 2.4 Suhu Rata-Rata, Suhu Maksimum dan Suhu Minimum Kota Malang.

Bulan/Month	Temperatur /Temperature (°C)				
	Rata ²	Maks	Min	Maks Absolut	Min Absolut
	<i>Average</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Max Absolute</i>	<i>Min Absolute</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Januari	23,8	28,4	21,4	30,3	19,9
<i>January</i>					
Pebruari	24,0	29,0	21,2	30,3	19,8
<i>February</i>					
Maret	24,4	29,2	21,6	30,4	19,8
<i>March</i>					
April	23,9	28,7	21,3	29,9	20,2
<i>April</i>					
Mei	24,5	28,7	21,9	30,2	20,4
<i>May</i>					
Juni	23,8	28,3	20,6	30,1	18,0
<i>June</i>					
Juli	23,2	28,6	19,8	30,2	18,2
<i>July</i>					
Agustus	23,4	28,2	19,9	29,4	18,2
<i>August</i>					
September	23,8	28,3	20,8	30,6	19,0
<i>September</i>					
Oktober	24,1	28,6	20,9	30,2	18,9
<i>October</i>					
Nopember	24,4	28,9	20,8	30,0	18,4
<i>November</i>					
Desember	23,8	28,0	21,0	29,6	18,6
<i>December</i>					

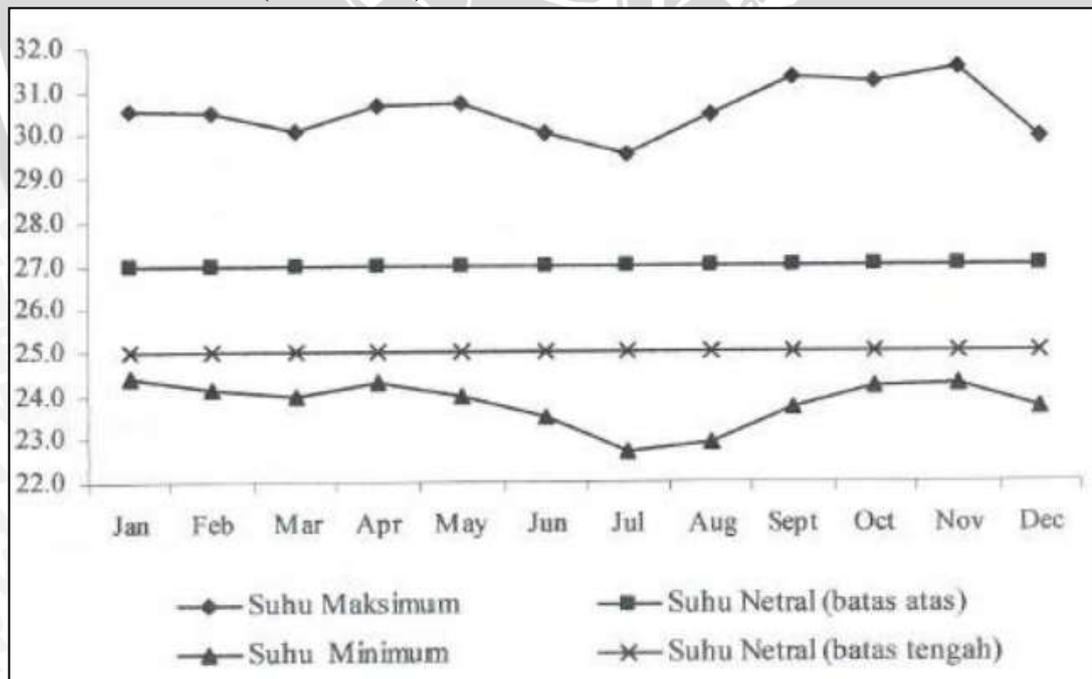
Sumber: Malang Dalam Angka, 2011



Gambar 2.7 Suhu rata-rata, suhu maksimum dan suhu minimum Kota Malang.

Sumber: Malang Dalam Angka, 2011

Terkait dengan kenyamanan termal, untuk mengetahui seberapa besar batas maksimum suhu di dalam bangunan terasa nyaman, dapat diukur menggunakan suhu netral. Tiap wilayah di Indonesia dapat memiliki suhu netral yang berbeda tergantung pada suhu bulanannya. Sama halnya dengan perbedaan antara daerah di dataran rendah dan dataran tinggi. Dengan menggunakan rumus persamaan $(17,6 + 0,31 \times \text{suhu bulan})$ diperoleh suhu netral Kota Malang adalah 25°C untuk batas tengah dan 27°C untuk batas atas (maksimum).



Gambar 2.8 Suhu netral Kota Malang

Sumber: Rawuli, 2013

Suhu Kota Malang relatif sejuk. Namun, berdasarkan data meteorologi dan fenomena pemanasan global yang terjadi mengakibatkan kenaikan suhu minimum Kota Malang setiap tahunnya. Berkaitan dengan hal tersebut penelitian ini dilakukan pada suhu yang dirasakan melebihi garis batas maksimum zona kenyamanan. Sehingga ditetapkan bahwa suhu netral yang digunakan sebagai 20 standar batas kenyamanan suhu adalah 27°C. Suhu 27°C merupakan suhu netral yang beradapada garis batas atas (maksimum), diatas suhu tersebut maka dinilai kurang memenuhi kenyamanan.

Tabel 2.5 Kecepatan Angin Maksimum dan Rata-Rata Kota Malang

Bulan <i>Month</i>	Kecepatan Angin(Km/Jam)/ <i>Wind Velocity</i>	
	Maksimum <i>Max</i>	Rata-rata <i>Average</i>
(1)	(2)	(3)
Januari <i>January</i>	27 / B	4,14
Pebruari <i>February</i>	21,6 / T	4,86
Maret <i>March</i>	28,8	5,76
April <i>April</i>	25,2 / T	16,02
Mei <i>May</i>	36 / TL	7,02
Juni <i>June</i>	30,6 / TL	4,68
Juli <i>July</i>	28,8 / T	4,14
Agustus <i>August</i>	36,0 / TL	5,22
September <i>September</i>	28,8 / S	4,5
Oktober <i>October</i>	46,0 / U	7,2
Nopember <i>November</i>	43,2 / TL	5,2
Desember <i>December</i>	45,0 / S	3,96

Sumber: Malang Dalam Angka, 2011

Catatan kecepatan angin Kota Malang pada 2011 kecepatan maksimum terjadi di bulan Oktober-Desember. Rata-rata kecepatan angin berkisar antara 3,96-16,02 (km/jam), dengan kecepatan maksimum 46,0 (km/jam) dan minimum mencapai 21,6 (km/jam). Sementara untuk kelembaban maksimum terjadi pada bulan Januari dan

November dengan besar kelembaban 99%. Sementara kelembaban minimum juga terjadi di bulan November dengan kelembaban 45% dengan kelembaban rata-rata antara 78-86%.

Tabel 2.6 Kelembaban Maksimum, Minimum dan Rata-Rata Kota Malang

Bulan <i>Month</i>	Lembab Nisbi <i>Relative Humidity (%)</i>		
	Rata-rata <i>Avarage</i>	Maksimum <i>Max</i>	Minimum <i>Min</i>
(1)	(2)	(3)	(4)
Januari <i>January</i>	83	99	48
Pebruari <i>February</i>	84	98	53
Maret <i>March</i>	83	98	56
April <i>April</i>	86	97	59
Mei <i>May</i>	83	98	57
Juni <i>June</i>	80	94	46
Juli <i>July</i>	81	98	62
Agustus <i>August</i>	78	94	64
September <i>September</i>	80	96	55
Oktober <i>October</i>	80	98	47
November <i>November</i>	78	99	45
Desember <i>December</i>	82	97	51

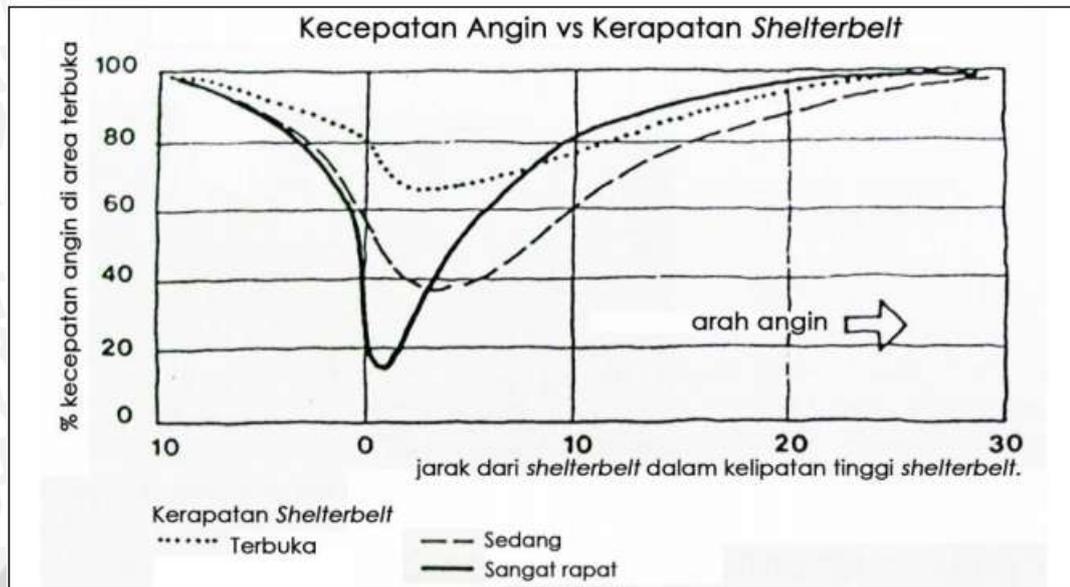
Sumber : Badan Meterologi Dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso

Sumber: Malang Dalam Angka, 2011

Kaitan antara suhu, angin dan kelembaban dalam mewujudkan sebuah zona kenyamanan termal di dalam suatu bangunan. Pada saat suhu netral 27°C, maka kebutuhan udara di dalam ruang sebaiknya adalah 0,5m/s dengan kelembaban 80% (kelembaban rata-rata adalah 76% ~ 80%). Kecepatan angin di Kota Malang tergolong di atas batas kenyamanan (0,89m/s), sehingga pada kondisi suhu nyaman bangunan perlu meminimalisir masuknya angin ke dalam bangunan (Rawuli, 2013).

Meski demikian, sirkulasi udara harus tetap baik dan terus menerus, Menurut Lippsmeier (1994), Jika di daerah lembab diperlukan sirkulasi udara yang terus menerus, karena itu dimungkinkan di daerah tropika basah dinding-dinding luas sebuah bangunan terbuka untuk sirkulasi udara lebih besar daripada yang dibutuhkan untuk pencahayaan. Namun, pertimbangan pada kecepatan angin yang optimal juga diperlukan dalam perencanaan ventilasi.





Gambar 2.9 Angin dalam pemerataan pendinginan udara

Sumber: Grey dan Deneke (1978)

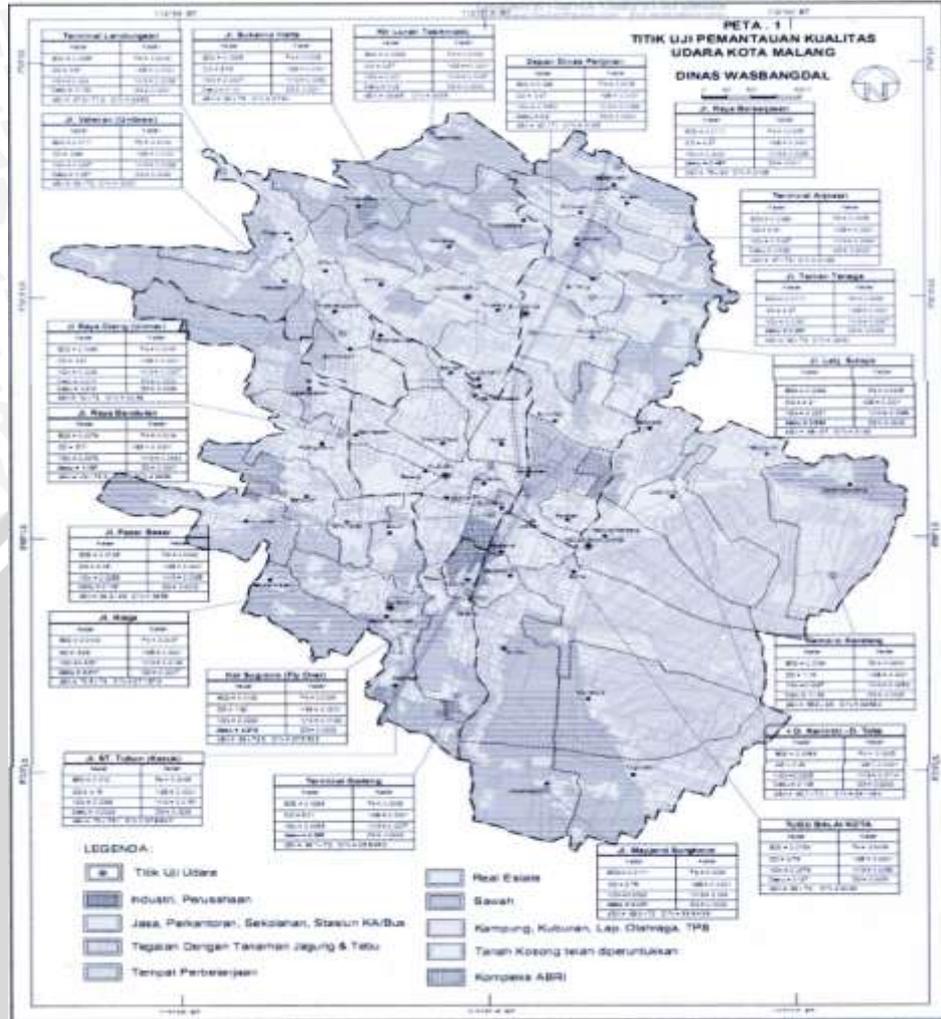
2.1.4 Sumber dan jenis utama pencemaran udara Kota Malang

Sumber dan jenis utama pencemaran udara Kota Malang terbagi menjadi delapan, yaitu *sulfur dioksida*, *karbon monooksida*, *nitrogen dioksida*, *ozon*, *total suspended particulate (TSP)*, *suspended particulate matters (SPM)*, timah hitam dan *hidrokarbon*. Kadar polutan udara Kota Malang dinilai berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan pada skala provinsi Jawa Timur. Baku mutu kualitas udara disajikan dalam Tabel 2.7, sedangkan kualitas udara Kota Malang tersaji pada Tabel 2.8 dan Gambar 2.10.

Tabel 2.7 Baku Mutu Kualitas Udara

Jenis Utama Pencemaran Udara	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	
		Nasional	Jawa Timur
Sulfur dioksida	1 jam	900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,34 ppm)	
	24 jam	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,11 ppm)	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Karbon monoksid	1 tahun	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,02 ppm)	
	1 jam	30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (26 ppm)	2260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	8 jam	10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 ppm)	
Nitrogen dioksid	1 tahun		
	1 jam	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,21 ppm)	
	24 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,08 ppm)	92,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Oksidan sebagai O ₃	1 tahun	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05 ppm)	
	1 jam		
	24 jam	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,08 ppm)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Partikulat tersuspensi (TSP)	1 tahun		
	24 jam	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 tahun	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Partikulat tersuspensi (SPM)	24 jam		
	1 tahun		
Timah hitam	24 jam	2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 tahun		
Hidrokarbon	3 jam	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,24 ppm)	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sumber: Bappeko,2007



Gambar 2.10 Peta kualitas udara

Sumber : Bappeko, Wasbangdaling Kota Malang, 2007

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian kualitas udara Kota Malang pada beberapa titik uji (Tabel 2.10), diketahui partikel pencemar udara yang dominan dan melebihi ambang batas adalah partikulat debu. Konsentrasi partikel debu yang melebihi ambang batas ($0,26 \text{ mg/m}^3$) berkisar antara $0,32 - 0,49 \text{ mg/m}^3$.

Tabel 2.8 Data Hasil Pengamatan Konsentrasi Udara di 3 Kota di Indonesia

NO	Daerah	Konsentrasi Polutan ($\mu\text{g/m}^3$)				
		Pm ₁₀	SO ₂	CO	NO ₂	O ₃
1	Medan (2010)	187.1	35.8	8.4	*)	135.4
2	Malang (2007)	385	-	4.95	22.2348	200
3	Yogyakarta (2007)	296.48	1006	-	160	104.84

Sumber: <http://blh.sumutprov.go.id/silhsu/Id udara.html>

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) (*English: Air Pollution Index / API*) adalah laporan kualitas udara kepada masyarakat untuk menerangkan seberapa bersih atau tercemarnya kualitas udara kita dan bagaimana dampaknya terhadap kesehatan kita setelah menghirup udara tersebut selama beberapa jam atau hari. Penetapan ISPU ini mempertimbangkan tingkat mutu udara terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan, dan nilai estetika.

ISPU ditetapkan berdasarkan 5 pencemar utama, yaitu: *karbon monoksida* (CO), *sulfur dioksida* (SO₂), *nitrogen dioksida* (NO₂), *Ozon permukaan* (O₃), dan *partikel debu* (PM₁₀). Di Indonesia ISPU diatur berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997 (Wikipedia). Jika *API* (*air pollution index*) melebihi 500, keadaan darurat diumumkan di area pelaporan. Biasanya, ini berarti bahwa layanan pemerintah *non-esensial* ditangguhkan, dan semua pelabuhan di daerah yang terkena ditutup. Ada juga mungkin larangan kegiatan sektor swasta komersial dan industri di daerah pelaporan termasuk sektor makanan. Nilai *API* (*air pollution index*) tertinggi yang pernah tercatat adalah 839 di Kuching, Malaysia pada 23 September 1997 selama 1997 kabut Asia Tenggara (Wikipedia).

Tabel 2.9 Angka Dan Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Indonesia

Indeks	Kategori
1-50	Baik
51-100	Sedang
101-199	Tidak Sehat
200-299	Sangat Tidak Sehat
300- lebih	Berbahaya

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Air_Pollution_Index

2.2 Rumah Sederhana Sehat (Rs Sehat)

2.2.1 Kebutuhan minimal masa (penampilan) dan ruang (luar-dalam)

Kebutuhan ruang per orang dihitung berdasarkan aktivitas dasar manusia di dalam rumah. Aktivitas seseorang tersebut meliputi aktivitas tidur, makan, kerja, duduk, mandi, kakus, cuci dan masak serta ruang gerak lainnya. Dari hasil kajian, kebutuhan ruang per orang adalah 9 m² dengan perhitungan ketinggian rata-rata langit-langit adalah 2.80 m, contoh kebutuhan luas minimum untuk rumah sederhana sehat adalah 27 m² (Tabel 2.10).

Rumah sederhana sehat memungkinkan penghuni untuk dapat hidup sehat, dan menjalankan kegiatan hidup sehari-hari secara layak. Kebutuhan minimum ruangan pada rumah sederhana sehat perlu memperhatikan beberapa ketentuan sebagai berikut:

- Kebutuhan luas per jiwa
- Kebutuhan luas per Kepala Keluarga (KK)
- Kebutuhan luas bangunan per kepala Keluarga (KK)
- Butuhan luas lahan per unit bangunan.

Tabel 2.10 Kebutuhan luas minimum bangunan dan lahan untuk rumah sederhana sehat (Rs sehat)

Standar per jiwa (m ²)	Luas (m ²) untuk 3 jiwa				Luas (m ²) untuk 4 jiwa			
	Unit	Lahan			Unit	Lahan		
		Minimal	Efektif	Ideal		Minimal	Efektif	Ideal
(ambang batas) 7,2	21,6	60,0	72 - 90	200	28,8	60,0	72 - 90	200
(Indonesia) 9,0	27	60,0	72 - 90	200	36	60,0	72 - 90	200
(internasional) 12,0	36	60,0	----	----	48	60,0	----	----

Sumber : Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat

2.2.2 Kebutuhan kesehatan dan kenyamanan

Rumah sebagai tempat tinggal yang memenuhi syarat kesehatan dan kenyamanan dipengaruhi oleh 3 (tiga) aspek, yaitu pencahayaan, penghawaan, serta suhu udara dan kelembaban dalam ruangan. Aspek-aspek tersebut merupakan dasar atau kaidah perencanaan rumah sehat dan nyaman.

- Pencahayaan

Matahari sebagai potensi terbesar yang dapat digunakan sebagai pencahayaan alami pada siang hari. Pencahayaan yang dimaksud adalah penggunaan terang langit, dengan ketentuan sebagai berikut: cuaca dalam keadaan cerah dan tidak berawan, ruangan kegiatan mendapatkan cukup banyak cahaya, ruang kegiatan mendapatkan distribusi cahaya secara merata.

b. Penghawaan

Udara merupakan kebutuhan pokok manusia untuk bernafas sepanjang hidupnya. Udara akan sangat berpengaruh dalam menentukan kenyamanan pada bangunan rumah. Kenyamanan akan memberikan kesegaran terhadap penghuni dan terciptanya rumah yang sehat, apabila terjadi pengaliran atau pergantian udara secara kontinyu melalui ruangan-ruangan, serta lubang-lubang pada bidang pembatas dinding atau partisi sebagai ventilasi. Agar diperoleh kesegaran udara dalam ruangan dengan cara penghawaan alami, maka dapat dilakukan dengan memberikan atau mengadakan peranginan silang (ventilasi silang) dengan ketentuan sebagai berikut: (1) Lubang penghawaan minimal 5 % (lima persen) dari luas lantai ruangan; (2) Udara yang mengalir masuk sama dengan volume udara yang keluar; (3) Udara yang masuk tidak berasal dari asap dapur atau kamar mandi/WC.

c. Suhu udara dan kelembaban

Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan bangunan disekitarnya. Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan ruangan kegiatan dalam bangunan seperti: ruangan keluarga, tidur, tamu dan kerja. Suhu udara dan kelembaban rumah dinyatakan sehat dan nyaman, apabila suhu udara dan kelembaban udara ruangan sesuai dengan suhu tubuh manusia normal. Suhu udara dan kelembaban ruangan sangat dipengaruhi oleh penghawaan dan pencahayaan. Penghawaan yang kurang atau tidak lancar akan menjadikan ruangan terasa pengap atau sumpek dan akan menimbulkan kelembaban tinggi dalam ruangan. Untuk mengatur suhu udara dan kelembaban normal untuk ruangan dan penghuni dalam melakukan kegiatannya, perlu memperhatikan: (1) keseimbangan penghawaan antara volume udara yang masuk dan keluar; (2) Pencahayaan yang cukup pada ruangan dengan perabotan yang tidak bergerak; (3) Menghindari perabotan yang menutupi sebagian besar luas lantai ruangan.

2.2.3 Kebutuhan minimal keamanan dan keselamatan

Pada dasarnya bagian-bagian struktur pokok untuk bangunan rumah tinggal sederhana adalah: pondasi, dinding (dan kerangka bangunan), atap serta lantai. Sedangkan bagian-bagian lain seperti langit-langit, talang dan sebagainya merupakan estetika struktur bangunan saja. Perumahan sehat harus memenuhi syarat kesehatan

lingkungan, ketertiban, keserasian lingkungan, prasarana dan sarana. Persyaratan tersebut di antaranya:

- a. Memenuhi segi kesehatan lingkungan artinya komponen-komponen perumahan yang mempengaruhi kesehatan masyarakat hendaknya dilengkapi sesuai dengan kebutuhan, seperti: (1) penyediaan prasarana lingkungan; (2) penyediaan fasilitas lingkungan; (3) pengamanan lingkungan terhadap pencemaran
- b. Memenuhi segi ketertiban perumahan akan berada pada kondisi aman dan tertib, apabila: (1) mematuhi peraturan tata letak bangunan dan perumahan agar terhindar dari berbagai bencana seperti kebakaran dan longsor; dan (2) dilengkapi dengan penerangan jalan yang cukup dan warga bertanggungjawab terhadap pemeliharannya
- c. Memperhatikan keserasian lingkungan, Untuk dapat tinggal dengan aman dan nyaman dalam suatu perumahan, perlu diusahakan hal-hal sebagai berikut: (1) melestarikan pohon pelindung dan taman untuk menguatkan tanah dan penyimpanan air dan penyegaran udara serta memberikan pemandangan indah; (2) memberi penerangan alami dan buatan yang mencukupi; (3) mengatur tata letak perumahan sehingga cukup serasi; (4) cukup jauh jaraknya dengan kompleks industri yang mengeluarkan banyak asap kotor dan mengandung racun atau debu atau dapat menyakitkan pencemaran udara atau air dan tanah; dan (5) cukup jauh dari tempat-tempat yang dapat mengganggu kesehatan, kesejahteraan dan moral masyarakat.
- d. Terpenuhi prasarana lingkungan yang lengkap sesuai dengan jumlah dan kebutuhan penduduknya: (1) jaringan jalan dan jembatan; (2) sistem pemberian air minum atau air bersih; (3) jaringan listrik; (4) jaringan telepon; (5) sistem pembuangan air hujan (saluran terbuka atau tertutup dan air kotor atau limbah rumah tangga); dan (6) sistem pengangkutan dan pembuangan sampah dan kotoran lainnya.

2.3 Tinjauan Umum Taman Vertikal

Penanaman taman vertikal ini dilakukan pada struktur vertikal seperti tanggul atau dinding penahan (*retaining wall*) yang pada umumnya dibangun untuk menahan lereng. Penanaman atau penghijauan pada area ini selain membantu meningkatkan

kestabilan lereng, juga menjadikan dinding lebih menarik dan bahkan dapat menciptakan habitat satwa. Taman vertikal sebenarnya sudah diterapkan sejak dulu dan merupakan perkembangan dari konsep vertikultur. Vertikultur sendiri biasanya lebih dikenal dalam istilah pertanian sebagai salah satu teknik menanam pada media vertikal. Vertikultur adalah istilah Indonesia yang diambil dari istilah *verticulture* dalam bahasa Inggris. Istilah ini berasal dari dua kata yaitu vertikal dan culture. Makna vertikultur adalah sistem budidaya pertanian yang dilakukan secara vertikal atau bertingkat (Widarto, 1997).

Vertical greenery memberikan dampak positif bagi lingkungan sekitar terutama bagi perubahan lingkungan daerah perkotaan yang padat. Adanya *vertical greenery* dapat mengurangi dampak emisi, contohnya pada area parkir atau jalan raya di pusat kota. *Vertical greenery* dengan sejumlah massa daun tanaman yang ada, dapat menyerap karbondioksida (CO₂) dan partikel logam berat. Sementara faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya manfaat dari *vertical greenery* meliputi:

1. Luas daun
2. Kerapatan daun
3. Kondisi lokasi
4. Skala proyek.

2.3.1 Teori mengenai taman vertikal

Blanc (2008), menyatakan bahwa vertikal *garden* atau vertikal *greenery* merupakan tanaman yang disusun secara vertikal dan dapat menciptakan iklim mikro yang spesifik di sekitarnya karena tanaman berperan penting dalam keseimbangan lingkungan. Tanaman dapat menyediakan ruang yang sejuk dan kaya oksigen untuk manusia. Dalam arti lain *vertical greenery* merupakan suatu gagasan memindahkan efek natural ke dalam sebuah lingkungan perkotaan.

Banyak manfaat dari konsep dari *vertical greenery* dalam mengatasi permasalahan manusia dengan lingkungan sekitarnya. Manfaat yang diberikan dari konsep *vertical garden* sendiri antara lain:

1. Menambah keindahan alami lingkungan
2. Mereduksi panas dari luar
3. Menciptakan taman indah dilahan terbatas
4. Mengurangi polusi udara
5. Mengurangi tingkat kebisingan suara

6. Menangkap partikel-partikel kotor
7. Mengurangi efek tampias hujan
8. Menyerap karbondioksida
9. Meningkatkan suplai oksigen.

Menurut Simond dan Strake (2006), perancangan ditujukan pada penggunaan volume dan ruang yang memiliki bentuk, tekstur, ukuran, bahan, warna dan kualitas. Semuanya dapat diekspresikan dan diakomodasikan kedalam fungsi-fungsi yang ingin dicapai sehingga dapat memberikan dampak yang berbeda pada psikologis manusia.

2.3.2 Media tanam

Elemen dalam perancangan taman vertikal menurut Blanc (2008), terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: bingkai logam, lapisan PVC dan lembaran holding. Bingkai logam yang digantungkan di dinding berfungsi untuk memberikan lapisan udara yang bertindak sebagai sistem isolasi efisien. Lapisan PVC diberikan ke seluruh struktur sehingga membuat struktur tersebut tahan air. Lapisan holding berfungsi untuk meningkatkan kapilaritas distribusi air yang homogen. Karena lapisan ini terbuat dari poliamida dan tahan korosi serta mempunyai kapilaritas tinggi.

Media tanam yang digunakan untuk *vertical greenery* atau taman vertikal menurut Blanc (2008), yaitu menggunakan media felt. Felt adalah bahan semacam kain yang dibuat dari bulu binatang. Bahan ini cocok digunakan untuk bidang bangunan yang tinggi. Bahan ini digunakan untuk tempat pegangan akar, sehingga memungkinkan membuat zona perakaran yang tipis, tidak lebih dari 5 cm.



Gambar 2.11 *Felt* sebagai media penanaman *vertical garden*

Sumber: Blanc, 2008

Tanaman tidak sepenuhnya memerlukan tanah untuk proses tumbuh. Tanaman dapat tumbuh dengan baik karena proses fotosintesis dengan air, bahan mineral yang mencukupi, karbondioksida, sinar matahari dan kebutuhan nutrisi. Kriteria media tanam yang dapat digunakan pada model taman vertikal antara lain:

1. Media dapat menopang tanaman secara kokoh, agar tanaman dapat tumbuh optimal, media tanam yang digunakan harus tahan lama dan tidak mudah lapuk
2. Media harus bersifat porous, agar mampu mengalirkan kelebihan air. Air yang berlebihan dapat menyebabkan kelembaban pada tanaman, sehingga beresiko tanaman menjadi busuk atau serangan jamur pada tanaman. Media yang digunakan mampu menciptakan rongga yang menciptakan proses drainase dan aerasi berjalan dengan baik
3. Media mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Unsur hara tersebut meliputi hara makro maupun mikro. Hal ini perlu diperhatikan agar tanaman mendapatkan nutrisi yang mencukupi
4. Media tanam bersifat steril, agar terhindar dari serangan serangga, jamur, virus dan mikroorganisme yang merugikan. Salah satu upaya agar media tanam menjadi steril, yaitu melakukan proses pengukusan media tanam.
5. Media yang digunakan sesuai dengan jenis tanaman. Hal ini dilakukan karena setiap tanaman mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

Media tanam yang digunakan pada *vertical greenery* dibedakan menjadi dua menurut bahan pembentuknya yaitu media tanam organik dan anorganik. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan media tanam adalah bobot. Oleh karena bobot media tanam mempengaruhi berat total dari *vertical greenery*, media tanam yang digunakan dipilih yang memiliki bobot relatif ringan.

Tabel 2.11 Jenis media tanam

MEDIA TANAM	
Organik	Anorganik
sabut kelapa	felt
humus	gel
rumpun laut	pasir
pupuk kandang	Kerikil
arang	pecahan batu bata
batang pakis	Spons
moss	tanah liat
	vermikulit dan perlite

Sumber: Blanc, 2008

Menurut Sujayanto (2011), jenis media tanam yang dapat digunakan pada taman vertikal memiliki karakter ringan, menyimpan air, dan memiliki unsur yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Untuk tipe VGM, media tanam yang digunakan adalah sekam bakar, *cocopeat*, pakis, krikil, batu apung, dan zeolit. Untuk tipe framekarpet, media tanam yang digunakan adalah *rockwool*, arang sekam, dan pakis. Media tanam yang digunakan memiliki kelebihan masing-masing untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara vertikal. Untuk *jeniszeolit*, pakis, dan *rockwool* memiliki kekurangan mencakup ketersediaan media tersebut. Jenis *zeolit* dan *rockwool* sulit ditemukan di Indonesia, sehingga harganya mahal. Jenis media pakis yang berasal dari pohon pakis termasuk bahan yang dilindungi karena pertumbuhan yang lambat.

2.3.3 Persyaratan jenis tanaman

Menurut Blanc (2008), jenis tanaman yang dapat digunakan adalah tanaman yang biasanya tumbuh alami pada beberapa lokasi seperti tebing air terjun (*waterfall*), pinggiran sungai (*river banks*), tebing (*cliffs*), gua (*caves*), lantai hutan, cekungan.

Semua jenis tanaman tersebut memiliki karakter akar yang adaptif yang tumbuh menempel secara alami.

Pemilihan tanaman yang tepat sangat penting untuk menciptakan model *vertical greenery* yang baik. Menurut Hortpark (2009), kriteria tanaman yang digunakan untuk *vertical greenery* disesuaikan dengan sistem pemasangan, konsep penanaman, faktor lingkungan, anggaran dan tingkat pemeliharaan yang diharapkan. Tanaman yang digunakan harus dapat mentolerir kondisi kering pada suhu di siang hari yang panas, sinar matahari yang intens dan kelembaban tanah yang rendah. Hal tersebut diperhitungkan terutama untuk sistem *vertical greenery* dengan substrat atau lapisan media yang dangkal yaitu ± 100 mm. Profil media tanam yang dangkal, mengakibatkan pengeringan dengan cepat dan berkontribusi terhadap tingginya tingkat penguapan. Oleh sebab itu digunakan tanaman yang toleran kekeringan untuk sistem *vertical greenery*.

Sementara pemakaian tanaman tersebut dirasa kurang manfaatnya jika taman vertikal diterapkan pada kasus rumah tinggal sederhana pada perumahan perkotaan. Pemilihan tanaman hendaknya memiliki manfaat kesehatan dan ketahanan pangan bagi penghuninya selain fungsi estetika. Tanaman sayur dan tanaman obat keluarga dirasa pemilihan yang tepat untuk taman vertikal dalam penerapan pada rumah tinggal.

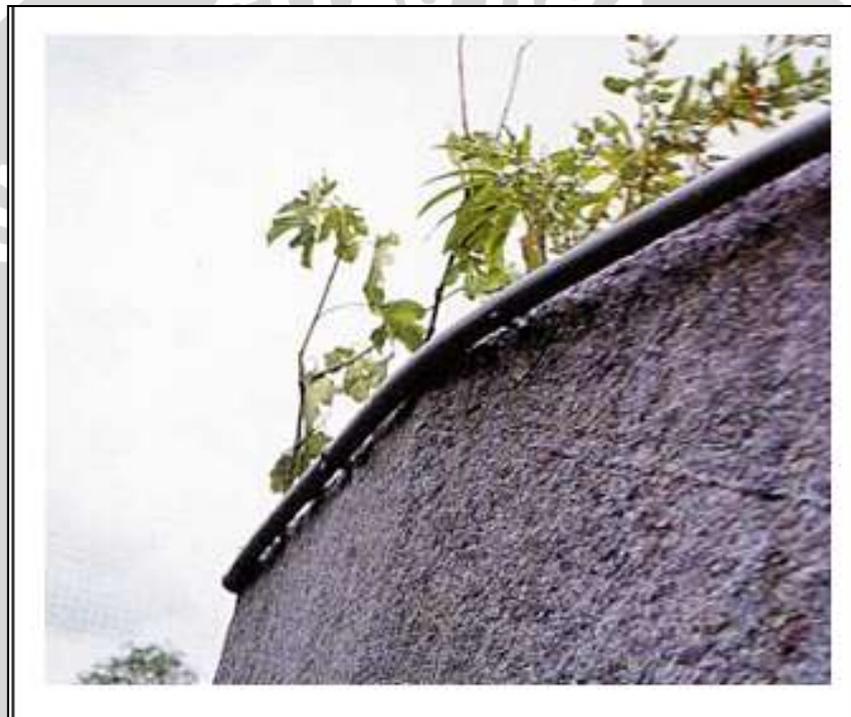
Menurut Sujayanto (2011), jenis tanaman yang digunakan adalah tanaman yang memiliki perakaran lunak, karena media tanam yang digunakan terbatas. Selain jenis tersebut, tanaman yang memiliki akar untuk mencengkram atau jenis epifit cocok untuk taman vertikal. Selain bentuk perakaran, hal yang perlu diperhatikan untuk pemilihan jenis tanaman adalah syarat kebutuhan matahari. Untuk model *vertical greenery* pada ruangan atau indoor, jenis tanaman yang digunakan tersebut toleran naungan. Untuk model *outdoor* atau terkena matahari langsung, jenis tanaman yang digunakan memiliki syarat tumbuh atau toleran terhadap cahaya matahari penuh.

2.3.4 Sistem irigasi

Menurut Blanc (2008), sistem irigasi yang digunakan pada taman vertikal dilakukan melalui tabung plastik sederhana, biasanya terbuat dari *low-density polyurethane*. Bahan ini digunakan untuk mentoleransi setiap pemuaian. Tabung atau pipa ditempatkan secara mendatar di bagian atas taman vertikal dengan ukuran 1/2-inch (2-mm) lubang yang menembus setiap 4 inci (10cm). Untuk tekanan air yang cukup (sekitar 3 bar, tekanan air baku untuk bangunan apartemen) segmen pipa tidak lebih dari

sekitar 10 meter. Sistem penyiraman dilakukan 3-5 kali sehari, tergantung tinggi dari taman vertikal. Untuk menjaga keseimbangan mineral akar tanaman, digunakan nutrisi yang sangat encer (0,2-0,3 gram per liter), sekitar sepuluh kali lebih rendah dari yang digunakan dalam hortikultura dan pertanian.

Pemilihan sistem irigasi untuk taman vertikal sendiri berdasarkan ketinggian taman vertikal, jarak taman vertikal, kapasitas tanaman dan lebar segmen taman vertikal. Aspek kelembaban juga mempengaruhi proses irigasi agar tanaman mendapatkan kelembaban yang cukup.



Gambar 2.12 Pemasangan pipa irigasi

Sumber: Blanc, 2008

Menurut Hortpark (2009), irigasi adalah aspek penting dalam sistem *vertical greenery*. Tanaman pada *vertical greenery* dapat tumbuh dengan baik dengan sistem irigasi yang tepat. Sistem *vertical greenery* biasanya menggunakan irigasi tetes (*drip irrigation*), tetapi cara tersebut tidak cukup untuk mengairi daerah akar. Untuk tanaman lanskap tropis, irigasi tetes tidak bisa mengimbangi irigasi menggunakan alat *sprinkler* yang dapat mengairi daerah perakaran. Sistem irigasi yang digunakan disesuaikan dengan jenis tanaman menurut lokasi tumbuh. Selain itu, hal yang penting dalam sistem irigasi pada *vertical greenery* adalah waktu, efisiensi irigasi, dan volume penggunaan.

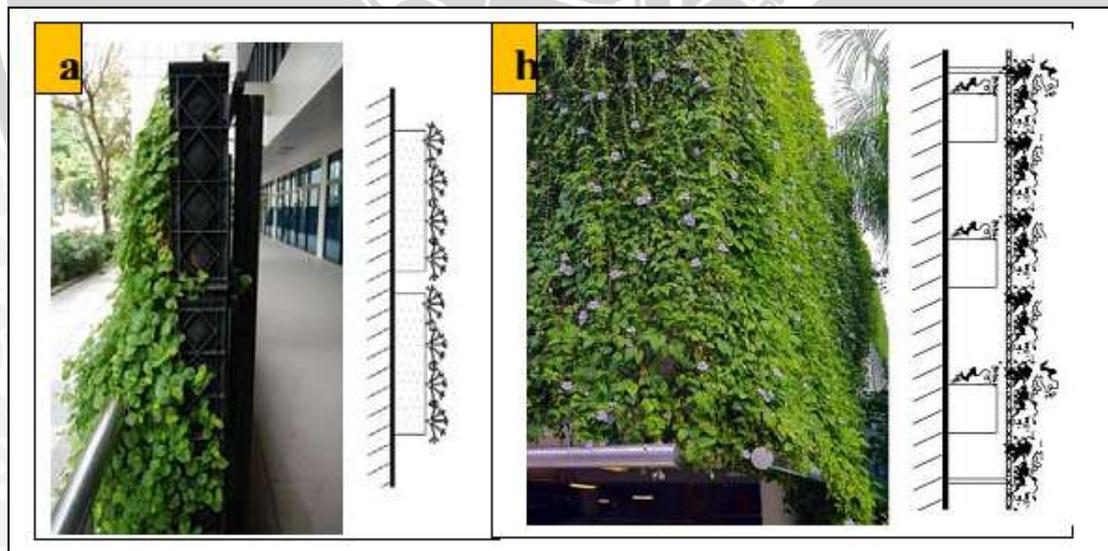
Sistem irigasi secara bertahap terdiri dari sumber kran, filter, waktu, pengatur tekanan, modul pupuk cair. Air dan pupuk cair, semuanya mengarah ke jalur suplai, selanjutnya disalurkan ke jalur yang lebih kecil yang terpasang pada *drippers* atau *sprinkle*.

2.3.5 Jenis taman vertikal

Menurut Hortpark (2009), dalam merancang *vertical greenery* ada beberapa jenis menurut sistem pemasangan media, tanaman dan struktur pendukung, yaitu:

1. *System Morphology*

System morphology merupakan sistem dalam teknik pemasangan pada bidang vertikal. Teknik tersebut dibagi menjadi dua sistem, yaitu *carrier system* dan *support system* (Gambar 2.13). *Carrier system* merupakan suatu sistem dari *vertical greenery* yang memodifikasi pertumbuhan tanaman secara vertikal. Kelas ini menggunakan struktur pendukung untuk menopang media tanam dan tanaman *vertical greenery*. *Support system* merupakan suatu sistem dari *vertical greenery* dimana tanaman tumbuh vertikal secara alami pada suatu bidang. Sistem ini menggunakan sifat morfologi tanaman yang bisa tumbuh secara vertikal, contohnya pada tanaman merambat (*climber plant*).

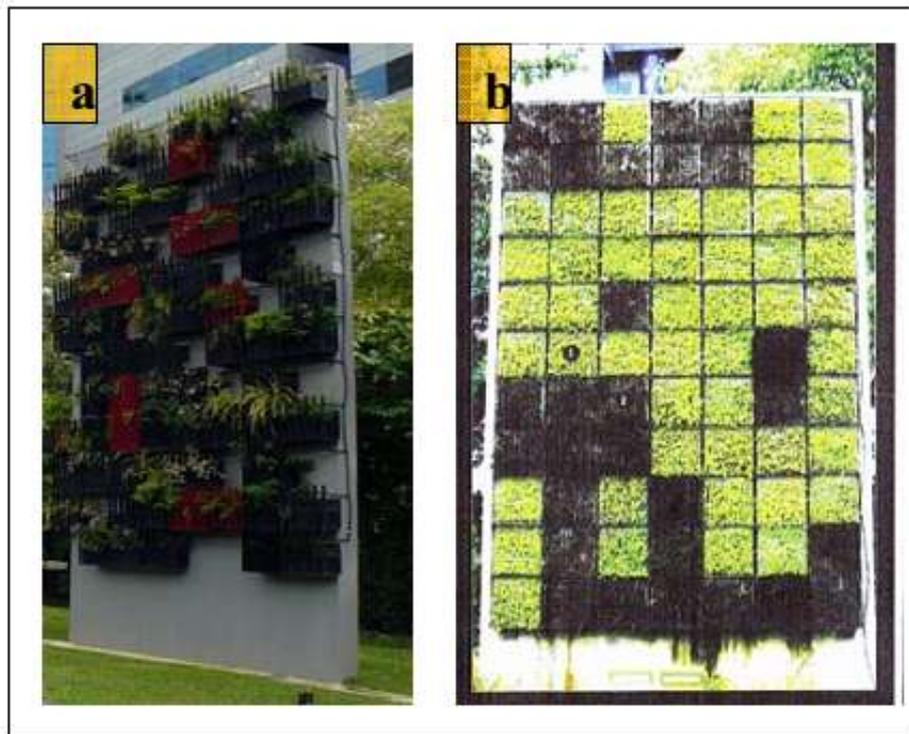


Gambar 2.13 *System morphology* (a. *Carrier system*, b. *Support system*)

Sumber: Hortpark, 2009

a. *Carrier Class*

Carrier class merupakan teknik pemasangan untuk *vertical greenery*. Teknik tersebut dibagi menjadi dua, yaitu *horizontal class* dan *vertical class* (Gambar 2.14). *Horizontal class* merupakan teknik dari *vertical greenery*, yang menempatkan tanaman pada bidang normatif horizontal dan disusun secara vertikal. Selain itu, teknik ini menggunakan daun tanaman yang terurai untuk menciptakan efek vertikal. *Vertical class* merupakan teknik dari *vertical greenery*, dimana tanaman dirancang untuk ditanam secara vertikal dengan menggunakan dinding sebagai cakupannya.



Gambar 2.14 *Carrier class* (a. *Horizontal class*, b. *Vertical class*)

Sumber: Hortpark, 2009

b. *Carrier Type*

Tipologi *carrier type* dibagi dua, yaitu *planter pocket* dan *porous* (Gambar 2.15). *Planter pocket* merupakan kategori jenis *carrier* yang menggunakan planter untuk menempatkan media dan tanaman. Tipe ini khusus digunakan pada jenis penanaman *horizontal class*. *Planter pocket* disusun secara vertikal pada bidang dinding. *Porous* adalah kategori jenis *carrier* yang menggunakan modul atau kantong jaring sebagai tempat menyimpan media dan tanaman. Tipe ini khusus

digunakan pada jenis penanaman vertical class. Tipe ini sering disebut *vertical green module* (VGM) yang pada umumnya berbentuk sebuah box.



Gambar 2.15 Carrier type (a. Planter pocket, b. Porous)

Sumber: Hortpark, 2009

2. Support Type

Support type merupakan teknik dari *vertical greenery* yang khusus untuk tanaman merambat (*climber plant*). Teknik tersebut didukung dengan konstruksi beragam sistem kawat tunggal. *Support type* dibagi menjadi dua jenis, yaitu *singular* dan *mesh* (Gambar 2.16). *Singular* merupakan teknik dari *support type* yang menggunakan konstruksi kawat tunggal. Konstruksi tersebut membentuk suatu model tiang yang disusun dengan jarak tertentu. *Mesh* merupakan teknik dari *support type* yang menggunakan konstruksi kawat ganda. Konstruksi tersebut dibentuk menyerupai jaring yang membentuk suatu dinding.

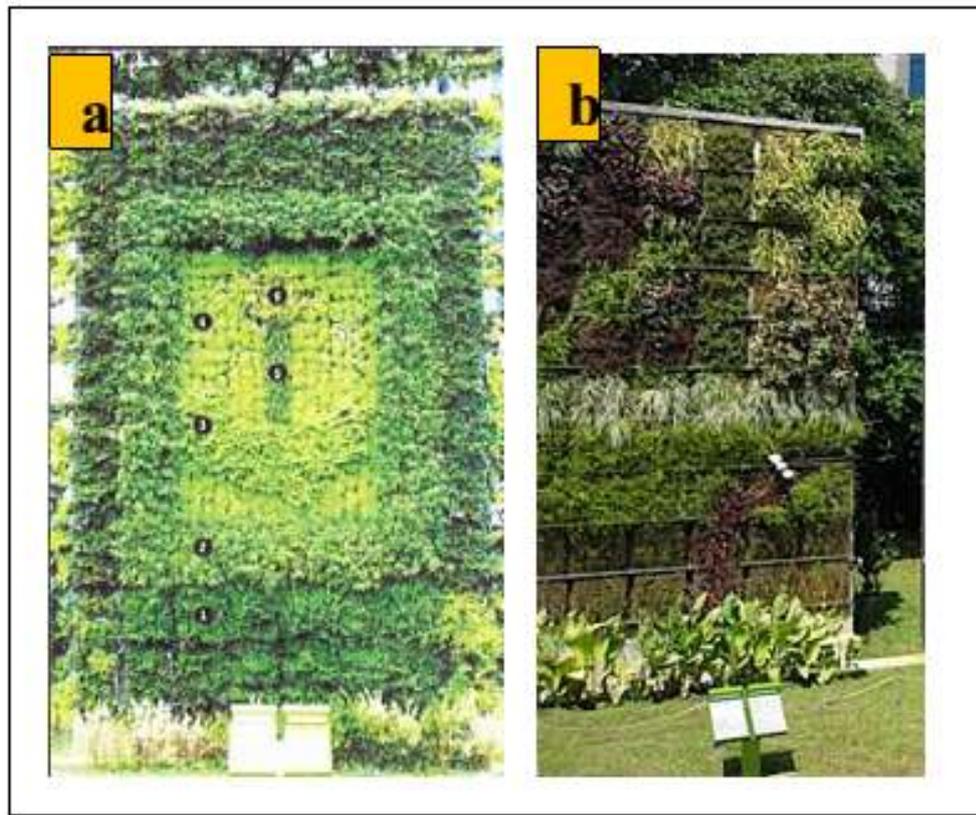


Gambar 2.16 Support type (a. Singular, b. Mesh)

Sumber: Hortpark, 2009

3. Structure Class

Structure class merupakan kelas *vertical greenery* yang membagi struktur pendukung yang menghubungkan tanaman dan media dengan dinding. Kelas tersebut dibagi menjadi dua, yaitu *individual class* dan *framed class* (Gambar 2.17). *Individual class* merupakan struktur yang langsung menghubungkan unit individu langsung ke dinding. Struktur tersebut tanpa menggunakan konstruksi bingkai untuk menahan unit individu. *Framed class* merupakan struktur yang membutuhkan sebuah *frame* untuk membingkai keseluruhan unit individu yang berupa tanaman dan media.



Gambar 2.17 *Structure class* (a. *Individual class*, b. *Framed class*)

Sumber: Hortpark, 2009

4. *Structure Sub-Class*

Structure sub-class merupakan struktur yang tanpa menggunakan sistem frame untuk menghubungkan unit individu dengan dinding. Sub kelas tersebut dibagi menjadi dua jenis, yaitu *individual mounting* dan *group mounting* (Gambar 2.18). *Individual mounting* merupakan unit individu yang memiliki sistem struktur mandiri dalam teknik pemasangan langsung ke bidang vertikal. *Group mounting* merupakan kumpulan unit individu yang memiliki sistem rel untuk teknik pemasangannya. Teknik pemasangan pada sistem rel tersebut menghubungkan setiap individu pada sebuah rel besi untuk dihubungkan pada dinding.



Gambar 2.18 *Structure subclass (a. Individual mounting, b. Group mounting)*

Sumber: Hortpark, 2009

Menurut Sujayanto (2011), teknologi *vertical greenery* atau taman vertikal semakin cepat berkembang, karena ditemukannya bahan untuk menopang keberadaan tanaman agar dapat tumbuh dalam bidang vertikal tanpa merusak dinding rumah atau gedung. Untuk merancang suatu taman vertikal dibutuhkan struktur *frame* atau kerangka penghubung. Struktur ini berfungsi menahan media tanam dan tanaman agar dapat terhubung dengan bidang vertikal. Tanpa stuktur tersebut akan sulit untuk merancang atau menempatkan tanaman pada bidang vertikal. Jenis *frame* atau kerangka penghubung yang sering digunakan terbagi menjadi dua jenis, yaitu *vertical green module* (VGM) dan *geotextile (frame karpet)* (Gambar 2.19).

1. *Vertical Green Module* (VGM)

Vertical Green Module (VGM) adalah material jenis bingkai yang terbuat dari berbagai macam bahan. VGM yang biasa digunakan memiliki ukuran 50x56x25 cm dan 50x56x12 cm. Modul ini terdiri dari enam lempeng plastik yang dirakit membentuk persegi (Gambar 2.19). Setelah dirakit, VGM dilapisi dengan *geotextile* dan diisi dengan media tanam. Kelebihan dari VGM adalah memiliki prinsip sistem pemasangan seperti *puzzle*, sehingga lebih mudah untuk membentuk pola desain. Selain itu, VGM lebih tahan terkena sinar matahari langsung dan air hujan. Kekurangan dari VGM adalah memiliki batas bingkai tebal, sehingga penutupan oleh tanaman kurang sempurna.



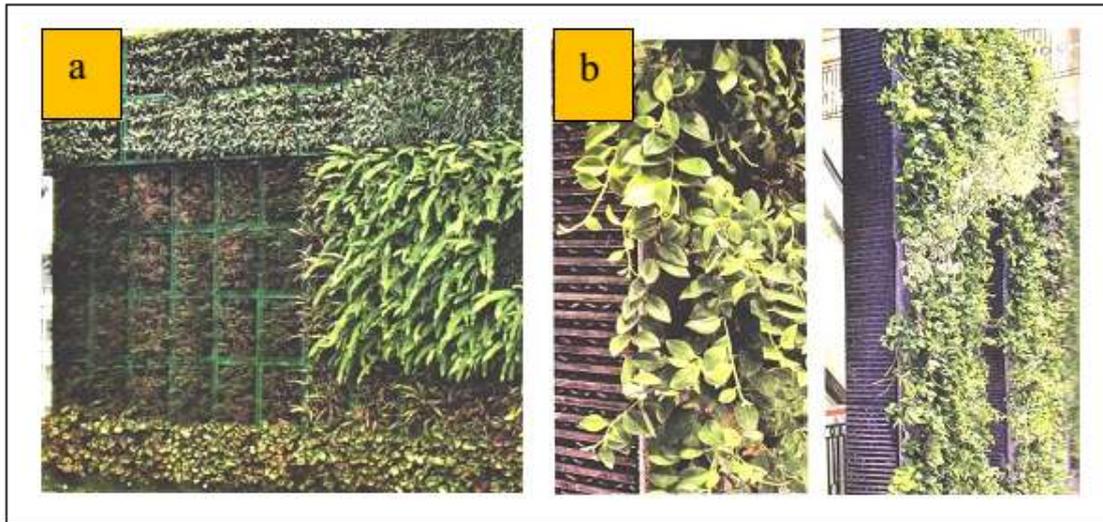
Gambar 2.19 Vertikal Greening Module (VGM)

Sumber: www.trisigma.co.id

2. Geotextile (Frame Karpet)

Geotextile (Frame Karpet) adalah material yang memiliki bentuk seperti lembaran kain. *Geotextile*terbuat dari bahan serat plastik yang memiliki ketahanan sampai sepuluh tahun. Kelebihan dari bahan ini adalah memiliki berat kurang dari 5 kg per meter persegi, sehingga lebih ringan dibandingkan material lain. Bahan

tersebut bisa memungkinkan penanaman ke segala arah dengan berbagai bentuk bidang dinding, sehingga penutupan tajuk tanaman lebih sempurna. Kekurangan dari material ini adalah dalam hal pemasangan dan penggantian tanaman yang kurang praktis.



Gambar 2.20 a. *Vertical Green Module* (VGM) dan b. *Geotextile* (Frame Karpét)

Sumber: Hortpark, 2009

2.3.6 Proses perancangan tata taman vertikal

Menurut Laurie (1986), perancangan merupakan perluasan dari perencanaan tapak. Perancangan menyangkut seleksi komponen-komponen rancangan, bahan-bahan, tumbuh-tumbuhan, dan kombinasinya sebagai pemecahan terhadap masalah-masalah tertentu di dalam rencana tapak. Selain itu, aspek visualitas menjadi perhatian utama dalam perancangan lansekap.

Proses perancangan menurut Reid (2002), ada lima tingkatan atau tahapan yang umum dalam proses desain, yaitu:

1. Pengembangan Program

Pengembangan program adalah sebuah tahap riset dan pengumpulan informasi yang diperoleh dari pemilik lahan, administrator pemerintah daerah setempat, dan pengguna.

2. Inventarisasi dan Analisis

Pada tahapan ini, kegiatan yang dilakukan adalah mengumpulkan dan mencatat informasi tentang karakteristik fisik dari sebuah tapak, seperti: ukuran tapak dan

bangunan, vegetasi, tanah, iklim, drainase, arah-arrah pandangan dan faktor-faktor lain yang mempunyai pengaruh baik.

3. Konsep desain

Pada tahapan ini, idea awal sebuah desain dan hubungannya dengan fungsi mulai dikembangkan. Produk grafis yang dihasilkan, yaitu: denah konsep (*conceptual plan*), diagram fungsi atau rencana skematik.

4. Pengembangan desain

Pada tahapan ini, ide perancangan yang spesifik mulai diformulasikan. Hasil pemikiran awal yang berupa sketsa pada tahapan sebelumnya, dikembangkan dan diperhalus untuk mengintegrasikan kriteria-kriteria fungsi dan estetika. Produk grafis yang dihasilkan berisi informasi yang spesifik dalam hal organisasi ruang, bentuk, warna, material yang digunakan dan potensi penggunaannya.

5. Desain akhir

Tahapan yang merupakan ide akhir arsitek lanskap setelah mendapat persetujuan dari klien. Pada tahapan ini produk grafis didiskusikan bersama pelaksana proyek yang akan mengerjakan proyek perancangan di lapang. Produk grafis yang dihasilkan pada tahapan ini berupa satu set dokumen pelaksanaan yang berisi rencana lanskap, gambar kerja konstruksi dengan instruksi-instruksi yang detail, seperti: teknis konstruksi, informasi ukuran-ukuran yang tepat, bentuk potongan, perspektif.

2.3.7 Vertikultural taman sayur

Saat ini banyak orang di pemukiman perkotaan mengelola lahannya dengan taman, untuk pemukiman menengah kebawah cenderung menanam tanaman produktif (tanaman sayur atau obat-obatan) sehingga memiliki banyak manfaat, disamping bersifat estetika juga bermanfaat untuk menunjang fungsi lingkungan, ekonomi, kesehatan, sosial dan lain-lain. Taman pertanian perkotaan (*Urban Agriculture*) secara makro akan dapat meningkatkan ketahanan pangan di perkotaan (Zoer'aini, 2008).

Pertanian urban didefinisikan sebagai semua kegiatan pertanian yang terletak di dalam kota (intera urban) atau di pinggiran kota (peri urban), mandiri atau kolektif yang dikembangkan untuk konsumsi sendiri atau tujuan komersialisasi, melibatkan budidaya/produksi atau pemeliharaan, mengolah dan mendistribusikan beragam produk pangan atau non pangan dengan menggunakan kembali sumberdaya manusi dan

material, produk serta jasa yang diperoleh dari dalam dan sekitar daerah urban dan pada gilirannya memberikan kontribusi sebagian besar sumberdaya manusia dan material yang cukup ke daerah urban tersebut.

Pada contoh penataan taman sayur vertikal umumnya digunakan untuk taman pada lahan-lahan sempit bahkan yang tidak mempunyai lahan pekarangan yaitu dengan menggunakan system tanam vertikultural sehingga model-model ini dapat ditempatkan pada *space* yang lebih sempit. Teknik vertikultural ini dapat menggunakan bahan dari bambu, plastic/pvc atau alumunium yang disusun sehingga dapat menampung cukup banyak tanaman. Penataan tempat menanam (media tanam) berupa bambu atau plastik pvc disusun sedemikian rupa sehingga air buangan dari media tanam di atasnya tidak mengganggu media tanam yang berada di bawah, demikian juga pertumbuhan daun tanaman yang berada di bawah tidak terhambat, namun diupayakan penataan yang memberi kesan estetika atau keindahan.



Gambar 2.21 Sayuran vertikultura

Sumber : www.organik-indonesia.info

Produktivitas taman sayur yang tidak bergantung pada musim menjamin penyediaan produksi yang tidak berhenti sepanjang tahun, hal ini memungkinkan menurut (Zoer'aini, 2008) karena :

1. Taman dibuat oleh keluarga sesuai dengan keinginan dan kebutuhan anggota keluarga
2. Pemeliharaan dapat lebih teliti, sepanjang waktu oleh anggota keluarga
3. Dapat menyalurkan hobi anggota keluarga, misalnya koleksi tanaman
4. Dapat dipetik sepanjang tahun, berkualitas tinggi dan dapat dinikmati sepanjang tahun

5. Dapat dipetik sepanjang waktu saat diperlukan seperti tanaman obat atau bumbu sayur
6. Dapat memetik hasil dalam keadaan segar masak di pohon.

Menurut Pracaya (2009), pola tanam secara organik dapat dilakukan dengan sistem monokultur dan polikultur. Dari kedua sistem ini, polikultur paling banyak digunakan karena lebih memiliki banyak kelebihan. Monokultur adalah pola tanam yang menggunakan satu jenis tanaman pada lahan dan waktu yang sama. Kelebihan pola tanam ini yaitu teknik budidayanya lebih mudah karena hanya menggunakan satu jenis tanaman. Adapun kelemahannya yaitu tanaman tersebut mudah diserang hama atau penyakit. Dan apabila terserang maka seluruh tanaman akan rusak. Sedangkan dari sisi estetika taman ini akan terlihat monoton karena tidak memiliki variasi dalam hal ini warna, luasan tajuk daun dan perbedaan ketinggian tangkai. Sedangkan polikultur ialah pola tanam yang menggunakan lebih dari satu jenis tanaman pada lahan dan waktu yang sama.

2.4 Tinjauan Jenis Tanaman Sayur dan Tanaman Obat Keluarga (Toga)

Taman pekarangan dapat berguna untuk kesehatan yang memenuhi kepuasan jasmaniah dan rohaniah tentunya dengan menanam tanaman yang produktif. Pemanfaatan pekarangan dengan tanaman produktif seperti tanaman hortikultura (tanaman buah-buahan, sayur-sayuran, dan tanaman hias), rempah-rempah, obat-obatan, dan lainnya akan memberikan keuntungan berlipat ganda (Zoer'aini, 2008).

2.4.1 Tinjauan umum tanaman bayam merah

Bayam selain digunakan sebagai sayuran pelengkap hidangan juga mempunyai banyak manfaat dan khasiat, termasuk bayam merah (*Blitum rubrum*). Bayam jenis ini mempunyai ciri-ciri: tinggi batang 0.4 – 1 mtr dan bercabang, batang lemah dan berair, daun bertangkai, berbentuk bulat telur, lemas, panjang 5-8 cm, ujung tumpul, pangkal runcing serta berwarna merah. Kandungan zat nutrisi pada tanaman bayam dalam per 100 gram porsi bayam adalah :



Gambar 2.22 Tanaman bayam merah

Sumber : krossx wordpress.com

Tabel 2.12 Kandungan nutrisi pada tanaman bayam per 100 gram

No	Kandungan Bayam	Berat
1.	Air	91,58 g
2.	Energi	22 kcal
3.	Protein	2,86 g
4.	Total Lemak	0,35 g
5.	Karbohidrat	3,5 g
6.	Serat	2,7 g
7.	Ampas	1,72 g

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1981

Tabel 2.13 Kandungan Mineral dan Vitamin pada Tanaman Bayam per 100 gram

No	Mineral	Berat	Vitamin	Berat
1.	Kalsium, Ca	99mg	Vitamin C, Asam Askorbat	28,1mg
2.	Besi, Fe	2,71mg	Thiamin	0,078mg
3.	Magnesium, Mg	79mg	Riboflavin Riboflavin	0,189mg
4.	Phospor, P	49mg	Niacin	0,724mg
5.	Pottasium, K	558mg	Asam Pathothenic	0,065mg
6.	Sodium, Na	79mg	Vitamin B-6	0,195mg
7.	Seng, Za	0,53mg	Folate	194,4mcg
8.	Tembaga, Cu	0,13mg	Vitamin B-12	0mcg
9.	Mangan, Mn	0,897mg	Vitamin A	672 mcg_RE
10.			Vitamin E	1,89mg_ATE

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1981

2.4.2 Tinjauan umum tanaman sawi

Sistematika tanaman sawi menurut Haryanto, dkk (2003) adalah Kingdom *Plantae*, Divisio *Spermatophyta*, Subdivisi *Angiospermae*, Kelas *Dicotyledonae*, Ordo *Brassicales*, Famili *Brassicaceae*, Genus *Brassica*, Spesies *Brassica Juncea L.*

Tanaman sawi berakar serabut yang tumbuh dan berkembang secara menyebar ke semua arah disekitar permukaan tanah, perakarannya sangat dangkal pada kedalaman sekitar 5 cm. Tanaman sawi tidak memiliki akar tunggang. Perakaran tanaman sawi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada tanah yang gembur, subur, tanah mudah menyerap air dan kedalaman tanah cukup dalam. Buah sawi termasuk tipe buah polong, yakni bentuknya memanjang dan berongga. Tiap buah (polong) berisi 2 - 8 butir biji. Biji sawi hijau berbentuk bulat, berukuran kecil, permukaannya licin dan mengkilat, agak keras dan berwarna coklat kehitaman (Fransisca, 2009).

Secara umum tanaman sawi biasanya mempunyai daun lonjong, halus, tidak berbulu, dan tidak berkrup. Tangkai daunnya agak pipih, sedikit berliku, tetapi kuat Haryanto, dkk (2003). Batang (*caulis*) sawi pendek dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun. Sawi umumnya mudah berbunga secara alami, baik didataran tinggi maupun dataran rendah. Struktur bunga sawi tersusun dalam tangkai bunga (*inflorescentia*) yang tumbuh

memanjang (tinggi) dan bercabang banyak. Tiap bunga berwarna kuning cerah, empat helai benang sari, dan satu buah putik yang berongga dua (Rukmana, 2007).



Gambar 2.23 Tanaman sawi

Sumber : om-tani.blogspot.com

Tabel 2.14 Kandungan Gizi Tanaman Sawi

No	Zat Gizi	Kandungan Gizi (mg/100g)
1.	Protein	23
2.	Lemak	3
3.	Karbohidrat	40
4.	Ca	220,0
5.	P	38,0
6.	Fe	2,9
7.	Vitamin A	1940,0
8.	Vitamin B	0,09
9.	Vitamin C	102

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1981

2.4.3 Tinjauan umum tanaman seledri

Klasifikasi tanaman seledri:

- Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Apiales
 Famili : Apiaceae
 Genus : *Apium*
 Spesies : *A. graveolens*

Seledri atau *celery* (*Apium graveolens* L.) pertama kali digunakan sebagai obat pada abad 5 M dan kemudian mulai dibudidayakan sebagai bahan makanan pada awal tahun 1600-an. Habitat aslinya adalah tanah rawa yang salin, diperkirakan berasal dari daerah yang luas dari mulai Swedia sampai Mesir, Algeria, Abyssinia, dan daerah-daerah Asia (Wijaya, 2006).



Gambar 2.24 Tanaman seledri

Sumber : dianrachma8.blogspot.com

Daun seledri merupakan daun majemuk menyirip, tipis, dan rapuh. Anak daun berjumlah 3-7 helai, berbentuk belah ketupat miring, berukuran panjang 2-7.5 cm, dan lebar 2-5 cm. Panjang tangkai anak daun 1-2.7 cm, sedangkan panjang tangkai daun mencapai 12.5 cm. Akar seledri merupakan akar tunggang, pendek, mempunyai cabang-cabang akar, dan berbentuk hampir silindris. Panjang cabang akar mencapai 25 cm dan tebal 2 mm (Wijaya, 2006).

Rubatzky dan Yamaguchi (1998) melaporkan bahwa menurut jenisnya, tanaman seledri terbagi menjadi 3 golongan yang mempunyai karakteristik hortikultura tersendiri, yaitu: seledri tangkai (*Apium graveolens L. Subsp. dulce (Mill.) Pers.*), seledri umbi atau celeriac (*Apium graveolens L. Subsp. rapaceum (Mill.) Gaud.*), dan seledri daun (*Apium graveolens L. Subsp. secalinum Alef.*). *Apium graveolens liar* merupakan tanaman rawa halofilik dan membutuhkan air tinggi, sedangkan tanaman budidayanya toleran terhadap tanah salin. Seledri daun lebih toleran terhadap panas dan dapat ditanam di dataran rendah. Penanamannya membutuhkan tanah lembab, gembur, subur, sedikit salin dengan pH 6 - 6.8 dan kandungan bahan organik yang tinggi (Orton, 1984 dalam Wijaya, 2006).

Menurut Rubatzky dan Yamaguchi (1998) seledri adalah tanaman yang sangat bergantung pada lingkungan. Kualitas dan produksi tinggi dapat diperoleh dengan menanam pada kondisi lingkungan yang tepat. Seledri daun lebih tahan terhadap panas daripada seledri umbi atau seledri tangkai (Wijaya, 2006).

Tabel 2.15 Kandungan gizi seledri dalam 100 gram bahan

Kandungan	Jumlah
Air (ml)	93.00
Protein (gram)	0.90
Lemak (gram)	0.10
Karbohidrat (gram)	4.00
Serat (gram)	0.90
Kalsium (mg)	50.00
Besi (mg)	1.00
Riboflavin (mg)	0.05
Nikotiamid (mg)	0.40
Asam askorbat (mg)	15.00

Sumber: Wijaya, 2006

2.4.4 Tinjauan umum tanaman kumis kucing

Tanaman kumis kucing berasal dari Afrika tropik kemudian menyebar ke wilayah Georgia, Kuba, Asia dan Australia tropik. Kumis kucing merupakan salah satu

jenis tanaman obat. Berdasarkan ilmu taksonomi, tata nama kumis kucing adalah sebagai berikut:

- Divisi : Spermatophyta
- Subdivisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledonae
- Subkelas : Sympetalae
- Famili : Laminaceae
- Genus : Orthosiphon

Tumbuhan ini tumbuh tegak, tinggi 50-150 cm. Batang berkayu, segi empat agak beralur, beruas, bercabang, berambut pendek atau gundul, berakar kuat. Daun tunggal, bulat telur, elips atau memanjang, berambut halus, tepi bergerigi, ujung dan pangkal runcing, tipis, panjang 2-10 cm, lebar 1-5 cm warnanya hijau. Bunga majemuk dalam tandan yang keluar di ujung percabangan, berwarna ungu pucat atau putih, benang sari lebih panjang dari tabung bunga. Buah berupa buah kotak, bulat telur, masih muda berwarna hijau, setelah tua berwarna cokelat. Biji kecil, masih muda berwarna hijau, setelah tua berwarna hitam (Kusumaningrum, 2005).



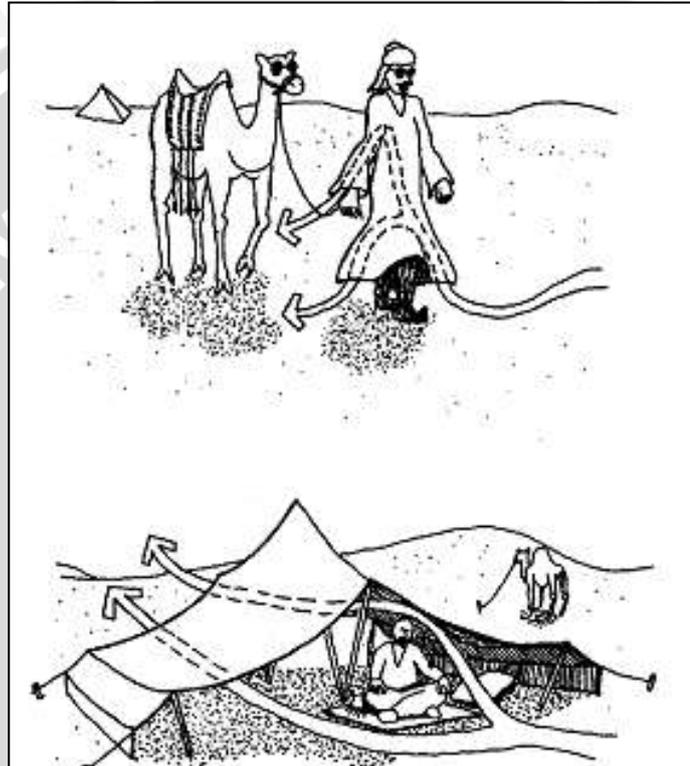
Gambar 2.25 Tanaman kumis kucing

Sumber : www.tokoherbalmuslim.com

Secara tradisional kumis kucing dapat digunakan sebagai obat untuk mengobati penyakit radang, peluruh kencing (diuretik), menghilangkan panas serta menghancurkan batu saluran ginjal. Kandungan kimia yang terdapat pada tanaman kumis kucing adalah orthosiphon, polyphenol, saponin, sapofonin, flavonoid, mioinositol, garam kalium (Kusumaningrum, 2005).

2.5 Penyediaan Kenyamanan Termal

Pakaian dan bangunan memiliki kesamaan bahwa keduanya menggunakan perangkat pasif untuk mengontrol aliran alami dari panas, udara, dan uap air untuk peningkatan kenyamanan pemakai atau penghuni. Tubuh manusia hanya menyesuaikan karakteristik termal dari lingkungan dalam bangunan untuk mengurangi tingkat kehilangan panas dari tubuh ke tingkat yang nyaman.



Gambar 2.26 Penyediaan kenyamanan termal pada tubuh manusia dan bangunan

Sumber: Allen, Edward / *How Buildings Work-The Natural Order of Architecture* (2005) 49-99

Menurut Olgy (1963), tingkat produktivitas dan kesehatan manusia sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat. Apabila kondisi iklim (berkaitan dengan suhu udara, kelembaban, radiasi matahari, angin, hujan, dan sebagainya) sesuai dengan kebutuhan fisik manusia, maka tingkat produktivitas dapat mencapai titik maksimum. Demikian pula halnya dengan tingkat kesehatan akan mencapai optimal apabila kondisi iklim juga mendukung pencapaian tersebut. Menurut Grey dan Deneke (1978), empat elemen utama iklim mikro yang dominan mempengaruhi manusia yaitu radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan pergerakan udara, dimana interaksi keempatnya membentuk zona nyaman bagi manusia.

Tabel di bawah ini menunjukkan alternatif cara yang tersedia untuk pengaturan kenyamanan termal manusia.

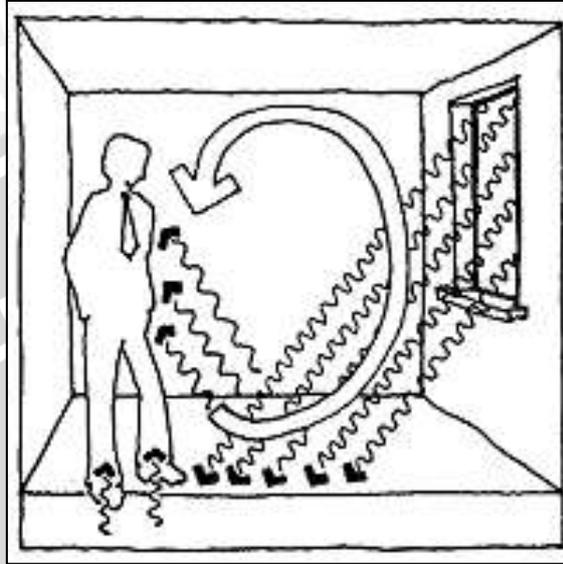
Tabel 2.16 Cara Pengaturan Kenyamanan Termal Manusia

	Physical Activity	Clothing	Radiation	Air Temperature	Humidity	Air Movement	Surface Contact
Means for cooling the body more rapidly	Passive	<ul style="list-style-type: none"> Extend body to maximize surface area Open or remove layers of clothing Saturate clothing with water 	<ul style="list-style-type: none"> Shade body from warm object Expose body to cooler object 	<ul style="list-style-type: none"> Keep sun from heating occupied space Use thermal mass to cool air Evaporate H₂O to cool air 	<ul style="list-style-type: none"> Dehumidify air by condensing water onto cool building surfaces 	<ul style="list-style-type: none"> Allow wind or convection currents to move past body 	<ul style="list-style-type: none"> Put body against cool, dense surface Keep body off warm or insulating surfaces
	Active	<ul style="list-style-type: none"> Reduce level of muscular activity 	<ul style="list-style-type: none"> Liquid-cooled space suit 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanically cool building surfaces 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanically refrigerate air 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanical dehumidification 	<ul style="list-style-type: none"> Use fan to move air
Means for cooling the body less rapidly	Passive	<ul style="list-style-type: none"> Contract body to minimize surface area Close or put on layers of clothing Dry out wet clothing 	<ul style="list-style-type: none"> Expose body to warm object Reflect back body heat with metallic surface 	<ul style="list-style-type: none"> Allow sun to heat occupied space Use thermal mass to release stored heat into air 	<ul style="list-style-type: none"> Allow sun to evaporate water into air 	<ul style="list-style-type: none"> Shelter body from wind 	<ul style="list-style-type: none"> Put body against warm or insulating surfaces
	Active	<ul style="list-style-type: none"> Raise level of muscular activity Snuggle with a friend 	<ul style="list-style-type: none"> Electric blanket Electric stockings 	<ul style="list-style-type: none"> Mechanically warm building surfaces Build fire 	<ul style="list-style-type: none"> Heat the air 	<ul style="list-style-type: none"> Boil water into air 	<ul style="list-style-type: none"> Reduce fan speed

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture (2005) 49-99

Puncak produktivitas dan kesehatan manusia dicapai pada iklim yang berbeda antara tempat satu dan lainnya di dunia ini. Di daerah kutub manusia mencapai tingkat produktivitas maksimum pada musim panas (Juli –September) sedangkan di daerah subtropis kondisi optimal tercapai pada musim dingin. Sementara itu di daerah tropis dengan panas matahari yang menyengat membuat manusia mudah lelah pada musim panas sehingga produktivitas menjadi rendah. Suhu udara merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kondisi nyaman (termal) manusia. Hoppe (1988) memperlihatkan bahwa suhu manusia naik ketika suhu ruang dinaikkan sekitar 21°C. Kenaikan lebih lanjut pada suhu ruang tidak menyebabkan suhu kulit permukaan naik, namun menyebabkan tubuh menjadi berkeringat.

Dalam sebuah bangunan ketika permukaan lantai dipanaskan oleh sinar matahari, udara di atas ruangan akan hangat dengan sendirinya, memancarkan panas ke tubuh manusia, dan memancarkan panas untuk bagian bawah tubuh manusia melalui kaki yang berada di permukaan lantai.



Gambar 2.27 Aliran udara panas dalam bangunan

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture (2005) 49-99

Udara panas memanaskan udara dan mengurangi kelembaban relatif, menguapkannya melewati penghuni ruangan dan menghangatkan permukaan ruangan dengan aliran udara panas yang dikirim ke dalam ruangan.

Menurut Lippsmeir (1994) batas-batas suhu nyaman untuk kondisi khatulistiwa adalah pada kisaran suhu udara $22,5^{\circ}\text{C}$ - 29°C dengan kelembaban udara 20–50%. Selanjutnya dijelaskan bahwa nilai kenyamanan tersebut harus dipertimbangkan dengan kemungkinan kombinasi antara radiasi panas, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan udara. Pada sumber lain menyatakan batas suhu yang nyaman dengan menggunakan suhu efektif (TE). Suhu efektif ini diperoleh dengan berbagai percobaan yang mencakup suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan udara. Menurut penelitian sebelumnya, batas-batas kenyamanan untuk kondisi khatulistiwa adalah 19°TE (batas bawah)- 26°TE (batas atas). Pada suhu 26°TE , sebagian besar orang mulai berkeringat. Sementara itu, kemampuan kerja manusia mulai menurun pada suhu $26,5^{\circ}\text{TE}$ - 30°TE sedangkan kondisi lingkungan yang mulai menyulitkan bagi manusia

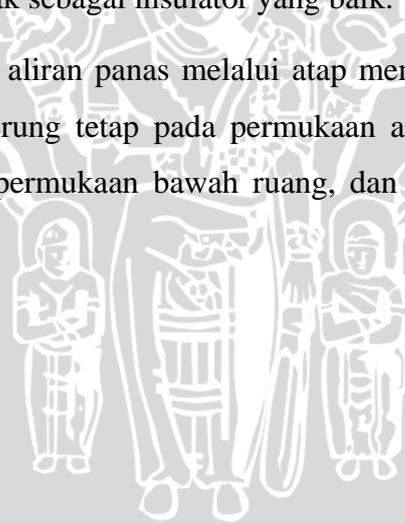
dirasakan pada suhu $33,5^{\circ}\text{TE} - 35,5^{\circ}\text{TE}$ dan semakin sulit atau tidak memungkinkan lagi pada suhu $35^{\circ}\text{TE} - 36^{\circ}\text{TE}$.

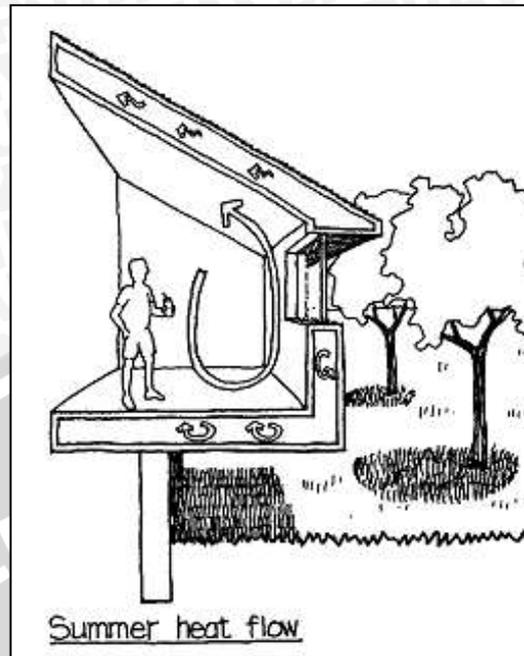
2.5.1 Sifat termal komponen bangunan

Setiap bahan yang digunakan dalam konstruksi bangunan telah memiliki keunikan sifat fisik relatif terhadap aliran panas. Arsitek biasanya memiliki tugas untuk memilih dan menggabungkan bahan bangunan sedemikian rupa untuk menghasilkan sebuah bangunan yang memiliki fungsi kontrol iklim contohnya sistem pendingin.

Resistor terbaik dari aliran panas yang umumnya tersedia untuk digunakan dalam bangunan adalah udara asalkan dapat disimpan dan bergerak. Lapisan udara yang terjebak di dinding berongga dari sebuah rumah kayu-frame biasa dalam jalinan longgar kaca atau mineral serat, mencegah udara itu untuk beredar, itu akan memiliki ketahanan panas yang sangat tinggi Fungsi dinding berrongga adalah untuk menciptakan perlawanan terhadap sirkulasi udara yang terjebak. Tujuannya bahwa udara tetap diam dan bertindak sebagai insulator yang baik.

Dalam musim panas, aliran panas melalui atap mengalir terbalik. Udara panas pada permukaan atas, cenderung tetap pada permukaan atap daripada beredar untuk menangkal pendingin pada permukaan bawah ruang, dan perpindahan panas melalui atap relatif lamban.



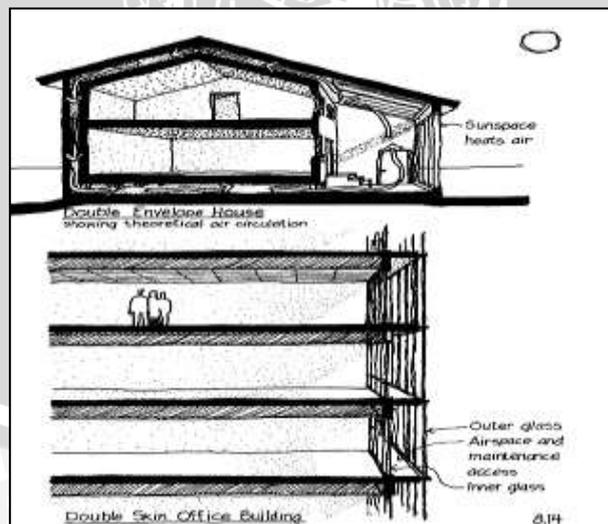


Gambar 2.28 Aliran udara panas bangunan pada musim panas

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

2.5.2 Kapasitas termal bangunan dan taman vertikal

Kapasitas termal sebagai kemampuan untuk menyimpan panas adalah sifat penting untuk bahan bangunan. Kapasitas termal sebanding dengan massa.



Gambar 2.29 Pengaturan aliran udara panas dalam bangunan

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

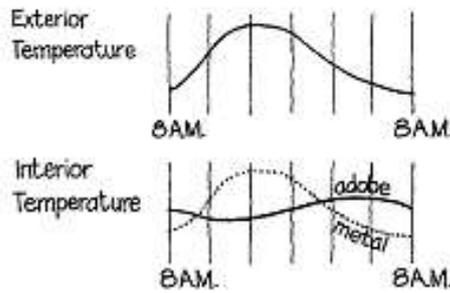
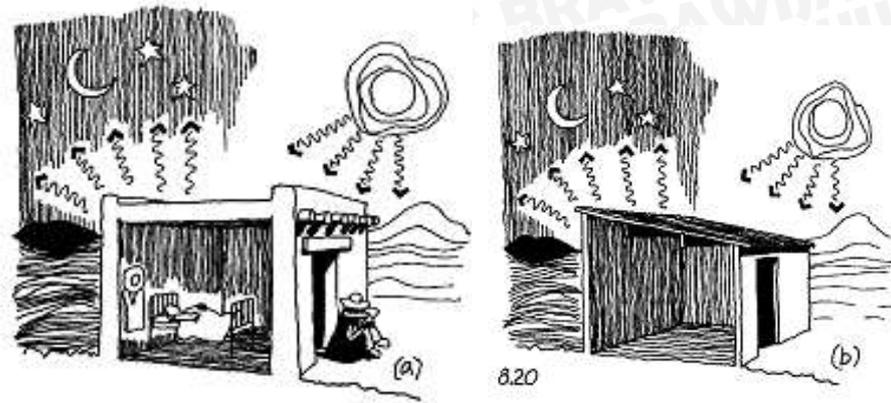
Tabel 2.17 Kapasitas Termal Bahan

	Per unit mass		Per unit volume	
	BTU lb°F	KJ kg°C	BTU ft ³ °F	KJ m ³ °C
Water	1.0	4.19	62	4160
Steel	0.12	0.50	59	3960
Stone	0.21	0.88	36	2415
Concrete	0.21	0.88	31	2080
Brick	0.20	0.84	25	1680
Clay soil	0.20	0.84	20	1560
Wood	0.45	1.89	14	940
Mineral wool	0.20	0.84	0.4	27

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

Sebagian bahan padat memiliki panas dalam jumlah besar. Sementara itu untuk bahan lembut dan berrongga memiliki panas dalam jumlah kecil. Kain merupakan bahan isolasi yang memiliki kapasitas termal paling rendah.

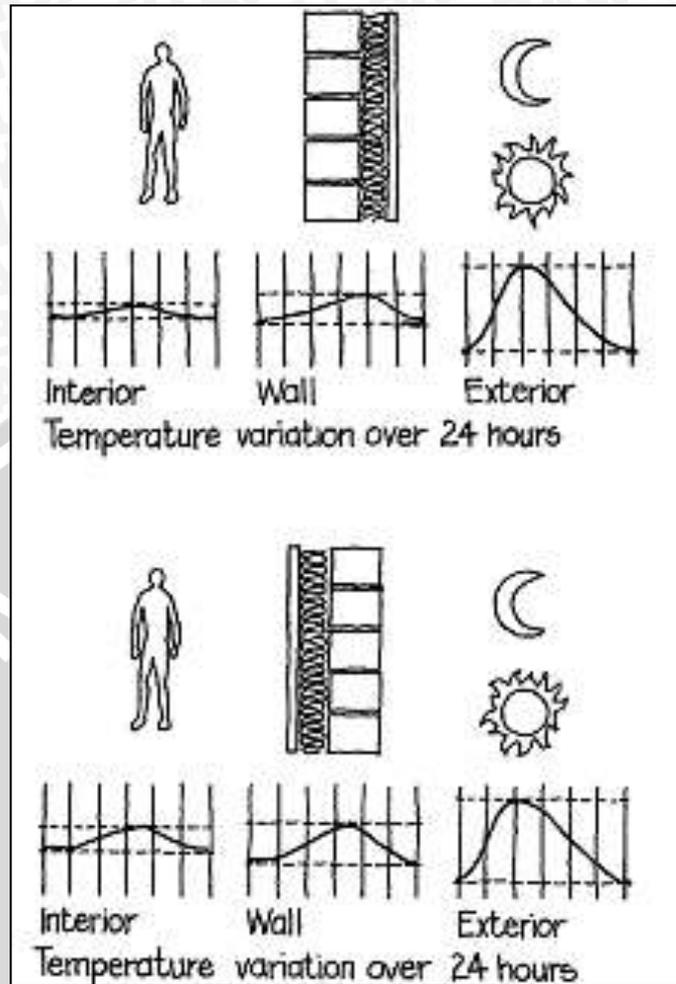
Ketika suhu udara di salah satu sisi dinding berkapasitas tinggi berfluktuasi, dinding bertindak untuk mengurangi dan menunda fluktuasi suhu di sisi lain. Efek pada interior bangunan lebih dingin dari sekitarnya pada siang hari dan hangat di malam hari, dengan tujuan penghuni perlu tetap nyaman.



Gambar 2.30 Kapasitas termal bangunan pada siang dan malam hari

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

Isolasi luar menawarkan keuntungan tambahan untuk melindungi bangunan, khususnya struktur atap, dari tekanan ekstrim termal ekspansi dan kontraksi. Contoh sebuah bangunan pada iklim gurun hangat dibangun dengan atap berkapasitas rendah yang terbuat dari tipis, bergelombang lembaran logam atau semen-asbes. Pada daerah beriklim sedang, penambahan kapasitas termal di dalam ruang dalam bangunan dengan baik-terisolasi untuk membantu tingkat fluktuasi suhu udara musim dingin yang disebabkan oleh panas matahari melalui jendela, kehilangan panas melalui jendela. Di musim panas, kapasitas tambahan untuk membantu suhu tinggi pada siang hari. Udara di gedung-gedung sering didinginkan oleh titik embun oleh permukaan yang dingin.



Gambar 2.31 Variasi dinding pada bangunan sebagai adaptasi suhu

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture (2005) 49-99

Liu (2012) melakukan penelitian tentang pengaruh tanaman terhadap kondisi termal pada sembilan jenis tanaman taman di daerah sub tropis (Taiwan). Jenis tanaman tersebut antara lain *Zoysia Matrella*, *Kalanchoe Garambiensis*, *Torilis Japonica*, *Bryophyllum Pinnatum*, *Spathaceo Compacta*, *Sedum Lineare*, *Ixora Williamsii*, *Sansevieria Trifasciata*, dan *Callisia Repens*.

Liu menyebutkan, faktor-faktor mulai dari morfologi tanaman, komposisi daun, ukuran, bentuk, sudut, dan jenis dapat menciptakan berbagai pengaruh yang berbeda masing-masing faktor. Inilah sebabnya mengapa peneliti memutuskan untuk melakukan dalam percobaan untuk tanaman pada atap hijau di Taiwan.

Data diambil melalui analisis kamera inframerah suhu, yang dapat mengurangi potensi kesalahan akibat morfologi tanaman yang rumit. Suhu di bawah tanaman diperoleh dari rata-rata titik pada area penempatan tanaman. Pengukuran diambil pukul 10:30-15:00, di mana data dihitung secara otomatis setiap menit, total 271 catatan dihasilkan setiap hari.



Gambar 2.32 Analisis termal efek dari kamera inframerah suhu pada (a) sembilan jenis tanaman, (b) *Bryophyllum pinnatum* ketinggian tanaman yang berbeda, (c) *Ipomoea batata* warna daun yang berbeda.

Sumber: T.-C. Liu et al. / Energy and Buildings 47 (2012) 180–188

Hasil yang didapat menunjukkan suhu rata-rata terendah pada permukaan daun adalah pada jenis *T. japonica* (Houtt.) DC. yaitu 35,8°C. Rata-rata tertinggi terjadi pada suhu permukaan *C. repens* L. yaitu 46,7°C. Analisis suhu permukaan daun dari Gambar 2.30 (a) menunjukkan bahwa suhu untuk kedua *T. japonica* (Houtt.) DC. (35.8°C) dan *I. williamsii* cv. (36.8°C) lebih rendah dari 40°C, yang secara signifikan berbeda dari tanaman lain. Suhu permukaan daun untuk tanaman sukulen adalah sebagian besar lebih tinggi.

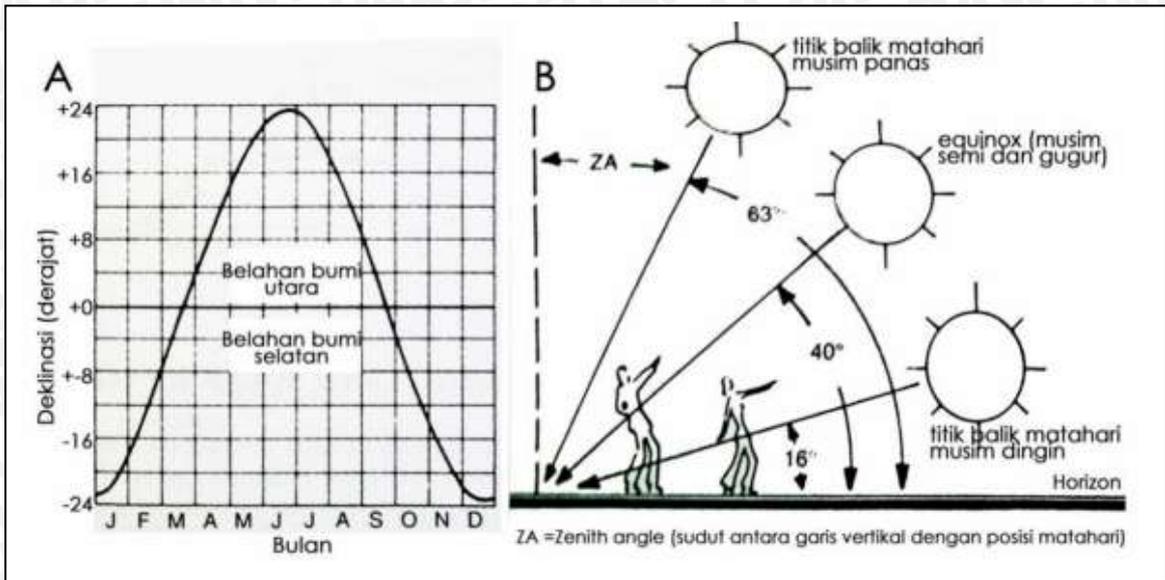
Perbedaan tertinggi antara suhu permukaan daun tanaman dan suhu di bawah tanaman terdapat pada *S. trifasciata* cv. *Hahnii* dengan perbedaan suhu rata-rata 17.9°C,

dan perbedaan terendah pada *T. japonica* (Houtt.) DC. sebesar 5,5°C. Efek pendinginan dapat diamati dengan membandingkan penurunan suhu di bawah tanaman dan suhu tanah. *I. williamsii* cv. memiliki perbedaan penurunan suhu tertinggi sebesar 17,1°C, kemudian diikuti oleh *S. trifasciata* cv. *Hahnii* sebesar 17,5°C, dan *B.pinnatum* Lam. *Kurz* sebesar 15,9°C. *C.repens* L. menghasilkan penurunan paling kecil yaitu sebesar 10,2°C. Sebagai lantai atas, dasar beton dengan suhu tinggi sekitar 35-40°C, perbedaan antara suhu tanah dan suhu di bawah tanaman dapat melebihi 15°C.

2.6 Mengontrol Radiasi Panas

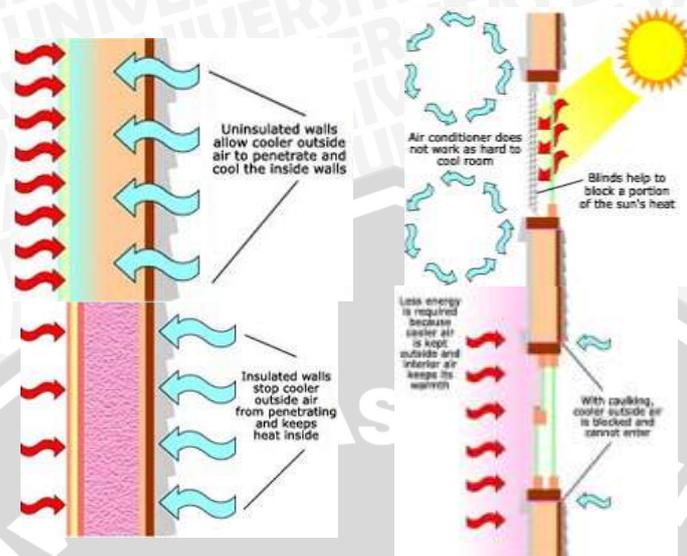
Salah satu peran penting dari sebuah bangunan dalam memberikan kenyamanan termal mengendalikan aliran radiasi termal ke dan dari tubuh manusia. Bangunan harus melindungi tubuh dari masuknya berlebihan panas radiasi dari matahari atau dari benda-matahari hangat. Perlindungan pada bangunan yang dibutuhkan untuk mencegah radiasi yang berlebihan panas dari tubuh ke lingkungan luar ruangan yang dingin. Radiasi yang berlangsung terus menerus antara tubuh dan sekitar permukaan interior bangunan. Suhu permukaan diatur untuk memastikan kenyamanan. Manipulasi radiasi yang tepat sebagai mekanisme utama dalam skema untuk mencapai kenyamanan termal bagi penghuni bangunan.

Menurut Brooks (1988), matahari berperan penting membentuk iklim dengan memancarkan energi ke bumi melalui sinar ultraviolet, sinar nampak, dan infra merah. Frekuensi sinar nampak (cahaya) berupa gelombang pendek dan frekuensi inframerah (panas) berupa gelombang panjang. Marsh (2005) menambahkan, radiasi mencapai bumi secara langsung (difusi dan refleksi) dan jumlahnya bergantung sudut datang matahari. Sudut datang matahari dihitung dengan terlebih dulu mengetahui deklinasi matahari sesuai tanggal (Gambar 2.35.A), menentukan sudut zenith (Gambar 2.35.B) hingga didapatkan sudut datang matahari (Marsh, 2005).



Gambar 2.33 Penentu sudut matahari: (A) Grafik deklinasi; (B) Sudut zenith
 Sumber: Marsh, 2005

Dalam mengurangi radiasi matahari, salah satu inovasi yang ditawarkan yaitu penggunaan fasad hijau. Salah satu mekanisme utama yang dimiliki oleh fasad hijau untuk pendinginan bangunan adalah mengurangi radiasi matahari yang mencapai selubung bangunan (kemampuan untuk teduh). Radiasi matahari yang melewati daun hidup atau kanopi disebut transmisi, sedangkan yang tercermin (memantul) disebut reflektansi. Radiasi matahari yang tidak ditransmisikan atau dipantulkan harus *beabsorbed* oleh daun. Radiasi matahari dapat diserap baik melalui energi fotosintesis, meningkatkan suhu daun, atau menghilangkan beban pendinginan evaporative transpirasi. Dengan demikian, memahami hubungan antara transmitansi surya (radiasi matahari) pada fasad hijau dapat menjadi kunci dalam memprediksi bahwa fasad hijau dapat memiliki efek pendinginan yang berarti padasebuah bangunan.

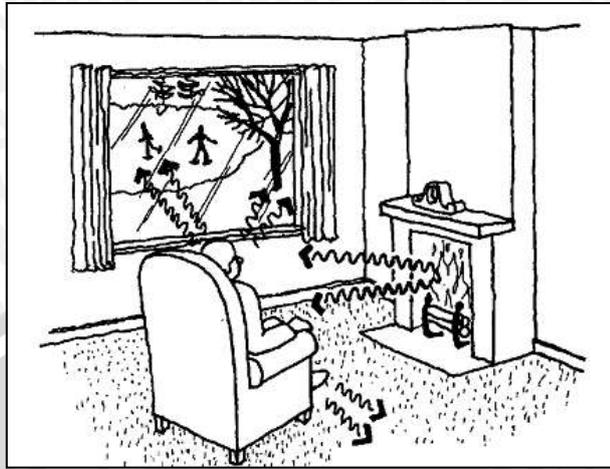


Gambar 2.34 Jenis aliran panas

Sumber: [lowes.com/cd_Understand+Heat+Transfer+and+Insulation_974680410_](https://www.lowes.com/cd_Understand+Heat+Transfer+and+Insulation_974680410_)

2.6.1 Pendinginan radiasi

Biasanya kita dikelilingi oleh benda yang berbeda suhu permukaan. Pada (Gambar 2.37) kursi berfungsi sebagai penghalang terhadap radiasi, sehingga tidak ada jumlah yang signifikan dari radiasi yang diberikan atau diterima melalui permukaan belakang tubuh Anda. Udara dingin dari AC akan tidak cukup untuk menghasilkan kenyamanan dalam cuaca panas jika tubuh terkena sinar matahari langsung datang melalui jendela atau skylight. Jika suhu rata-rata indoor tinggi di musim dingin, temperatur udara beberapa ada yang lebih rendah, sehingga mengurangi kehilangan panas melalui ruang dalam. Di musim panas, sebuah bangunan kapasitas termal tinggi cenderung memiliki interi atau suhu permukaan yang dingin, memungkinkan kenyamanan pada suhu udara yang lebih tinggi, dengan penghematan biaya pendinginan.

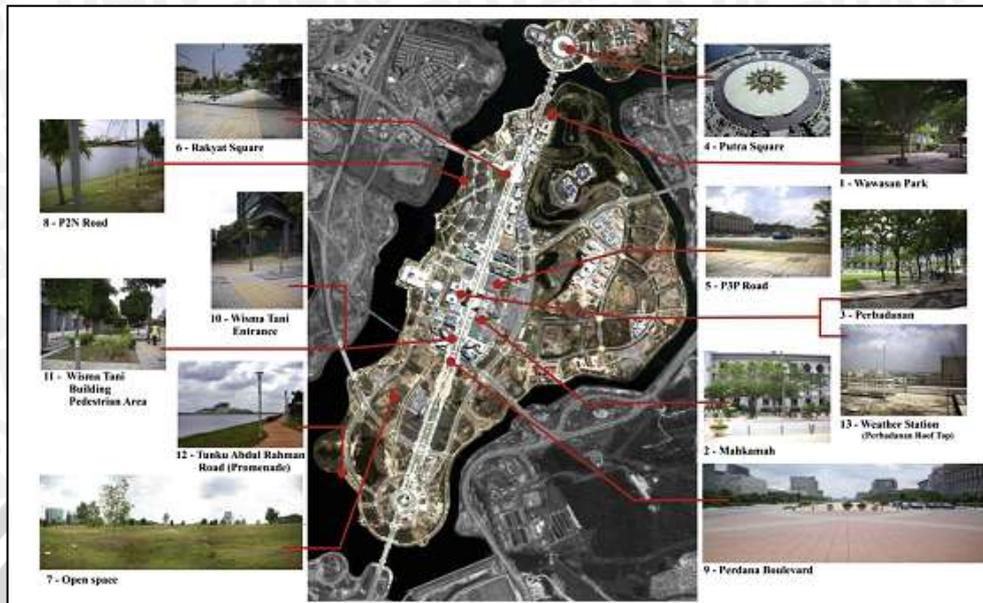


Gambar 2.35 Aliran radiasi dalam ruangan

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture (2005) 49-99

Kontoleon dan Eumorfopoulou (2010) mengeksplorasi pengaruh orientasi fasad menggunakan model bangunan energi sederhana dari sebuah jendela, kubus, dengan iklim yang dikendalikan dapat memprediksi bahwa model bangunan yang menghadap ke barat akan mengurangi beban pendinginan sebesar 20%, menghadap ke timur sebesar 18%, menghadap ke selatan sebesar 8%, sedangkan menghadap utara sebesar 5 %.

Temuan Shahidan (2012) menunjukkan bahwa jumlah pohon dan kepadatan kanopi merupakan salah satu faktor penting dalam penurunan suhu yang signifikan di daerah perkotaan. Semakin tinggi jumlah pohon dan kepadatan kanopi, semakin besar penurunan suhu. Namun, kombinasi dari pohon dan modifikasi material permukaan tanah diperlukan untuk mencapai efek pendinginan yang optimal yang dibutuhkan untuk meningkatkan intersepsi radiasi, efek shading (*solidnes*), proses evapotranspirasi dan penetrasi panas radiasi (radiasi gelombang pendek dan panjang) di bawah kanopi. Implementasi dari kombinasi tersebut dapat mengurangi suhu udara cukup besar dengan rata-rata dan maksimum suhu masing-masing $2,7^{\circ}\text{C}$ dan $3,5^{\circ}\text{C}$. Di sisi lain, pemilihan atau penggantian dengan bahan-bahan dingin (*cool materials*) dianjurkan pada penggunaan di daerah-daerah terbuka tanpa pohon karena dapat mengurangi suhu permukaan tanah.

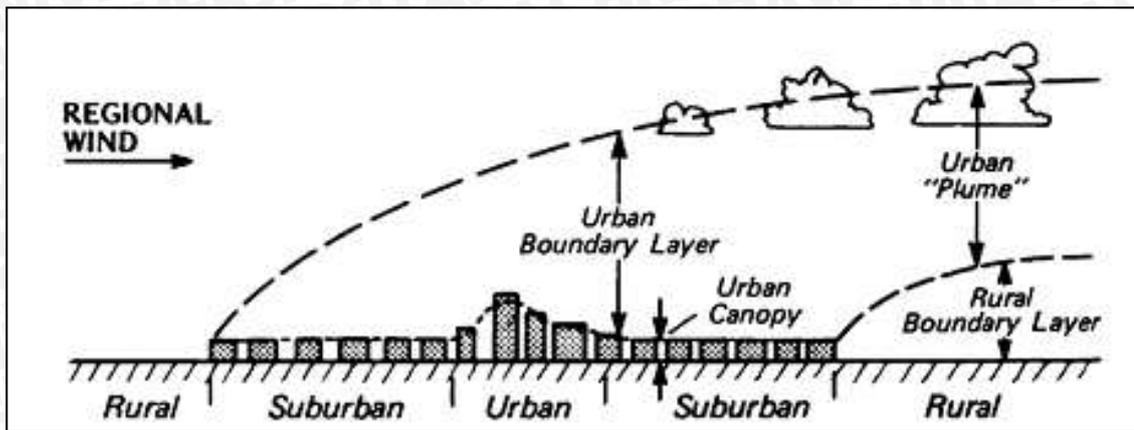


Gambar 2.36 Dua belas lokasi untuk pengukuran lapangan dengan lanskap lingkungan yang berbeda dan satu poin lokasi stasiun cuaca pada 25 agustus 2008

Sumber: M.F. Shahidan et al. / Building and Environment 58 (2012) 245-257

Efek tidak langsung yang optimum dari pemanfaatan pepohonan pada penghematan energi bangunan juga dapat ditinjau dari korelasi, dimana efek kuantitas pohon dan kerapatan kanopi yang lebih tinggi dengan kombinasinya menggunakan bahan-bahan dingin dapat menjadi solusi penghematan yang optimal bagi energi sebuah bangunan (Shahidan, 2012).

Menurut Edward (2012) ketinggian bangunan berimplikasi pada manfaat pendinginan penanaman di atap gedung. Ketika rasio tinggi bangunan dengan lebar jalan melebihi 1, manfaat dari efek pendinginan menjadi rendah. Oleh karena itu, penghijauan penting dan lebih penting lagi penanaman pohon diposisikan lebih dekat ke tingkat di mana aktivitas manusia terkonsentrasi.



Gambar 2.37 Skema representasi dari suasana perkotaan yang menggambarkan klasifikasi dua lapisan modifikasi termal

Sumber: E. Ng et al. / Building and Environment 47 (2012) 256-271

2.7 Mengontrol Suhu Udara dan Kelembaban

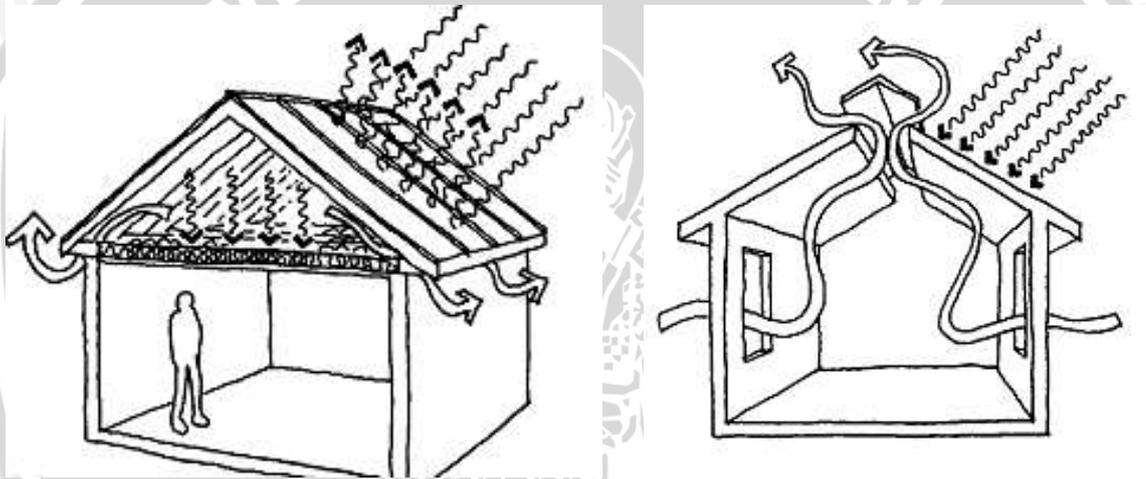
Suhu adalah derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan termometer bola kering. Suhu udara dipengaruhi musim, sudut matahari dan jumlah radiasi yang diterima, pengaruh daratan-lautan, topografi, angin, panas laten, penutup tanah, serta tipe tanah. Suhu udara berubah sesuai waktu dan tempat, serta memiliki variasi harian yang serupa (Tjasyono, 1996).

Menurut Brooks (1988), suhu udara harian terendah terjadi sesaat sebelum subuh, meningkat mulai matahari terbit hingga mencapai puncak saat tengah hari dan kemudian menurun secara bertahap hingga malam hari. Perbedaan suhu udara di lanskap merupakan pemicu terjadinya pertukaran panas baik secara konduksi, konveksi dan radiasi antara lingkungan dengan tubuh maupun bangunan. Ketika terjadi perbedaan suhu udara, energi panas akan ditrasferkan dari area bersuhu udara tinggi ke area dengan suhu udara yang lebih rendah.

Menurut Frick dan Suskiyanto (2007), kehangatan suhu udara di kota saat siang hari meningkat di pusat kota, membumbung di pusat kota, memadatkan partikel debu, dan sebagainya. Kubah debu tersebut terbentuk secara berkala di atas kota sebagai akibat dari aktivitas dalam kota. Udara kemudian tercemar dan membentuk kanopi kabut yang dapat menghalangi sinar matahari secara langsung. Pada malam hari, kanopi kabut tersebut mengurangi pemantulan radiasi ke angkasa sehingga

mengakibatkan peningkatan suhu sampai 6°C dan menghalangi angin sejuk untuk masuk ke dalam kota.

Perlakuan untuk atap naungan, dinding, dan jendela melawan musim panas dengan banyak matahari, permukaan pada eksterior dengan lapisan yang sangat reflektif melindungi dengan baik dan memberikan cukup kapasitas termal di permukaan interior bangunan untuk pemeliharaan suhu dingin sepanjang hari. Transmisi panas matahari dari atap ke langit-langit di dalam gedung dapat dikurangi dengan strategi penggunaan material tahan panas, manipulasi kapasitas termal, ventilasi ruang dalam struktur atap. Di bawah atap cenderung dari udara panas dapat memberikan kekuatan ventilasi untuk menghilangkan panas, jika atap tepat dirancang.

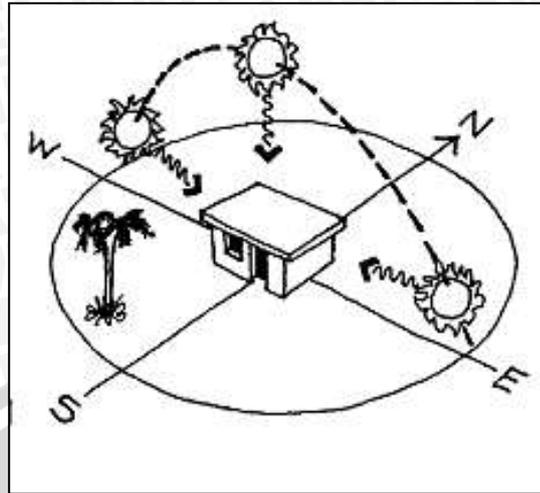


Gambar 2.38 Transmisi radiasi panas matahari pada bangunan di musim panas

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture

(2005) 49-99

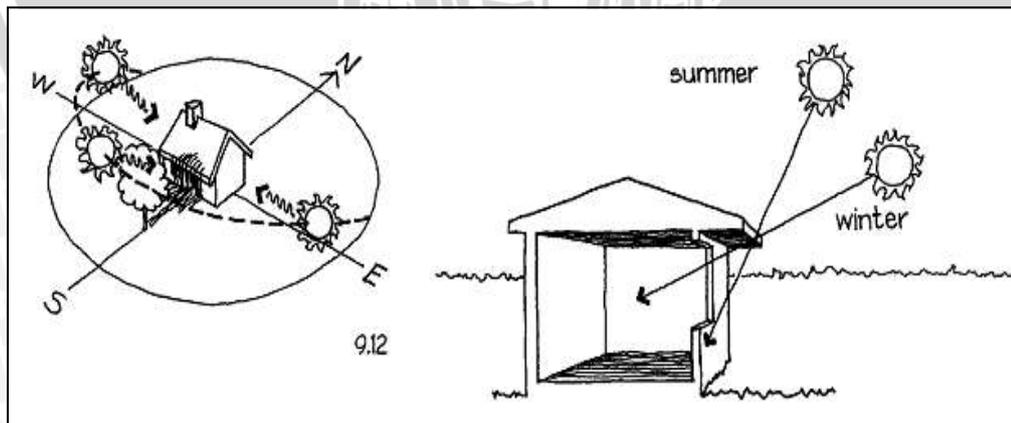
Di lintang tropis, matahari melewati begitu tinggi di atas kepala yang utara dan dinding selatan bangunan menerima radiasi matahari yang relatif sedikit, tapi dinding timur dan barat membutuhkan perlindungan dari jenis umum yang sama.



Gambar 2.39 Orientasi matahari pada musim panas

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

Pada arah utara, atap dan dinding timur dan barat membutuhkan perlindungan terhadap matahari musim panas dan juga dinding selatan. Untuk bagian rendah bangunan, pohon rindang daun dan tanaman merambat adalah metode yang disukai kontrol matahari, terutama karena mereka merontokkan daunnya dan memungkinkan sebagian sinar matahari menembus selama bulan-bulan dingin. Sebuah atap di atas menggantung atau perangkat shading horisontal lantai dapat memblokir suhu tinggi pada waktu musim panas, sinar matahari dari dinding menghadap ke selatan tapi masih mengakui cahaya dan panas dari matahari musim dingin rendah.



Gambar 2.40 Metode kontrol sinar matahari melalui pohon dan tanaman

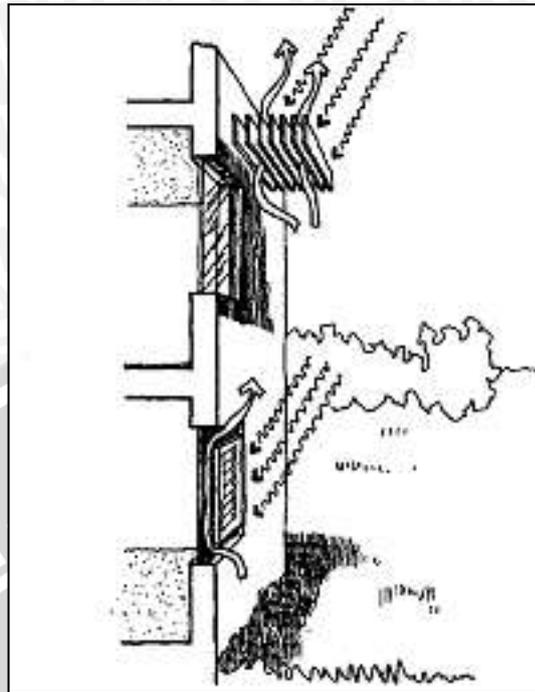
Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

Dalam cuaca dingin, tentu saja radiasi matahari seperti dapat diserap oleh atap dan dinding biasanya tambahan menyambut kandungan panas bangunan. Sebuah strategi yang lebih produktif adalah untuk melindungi permukaan dinding yang menghadap ke selatan dengan baik dan memanfaatkan besar selatan - menghadap jendela untuk menjebak panas matahari, menutup mereka pergi dengan isolasi jendela atau tirai berat atau nuansa (lebih reflektif panjang gelombang inframerah-) ketika matahari tidak keluar. Permukaan yang sama yang sangat reflektif eksterior yang berguna dalam mengurangi keuntungan panas matahari di musim panas juga dapat membantu mengurangi kerugian bangunan panas di musim dingin karena tingkat rendah emisi panas berseri-seri.

Dalam cuaca hangat, sinar matahari yang masuk melalui jendela dapat menghasilkan efek pemanasan yang tidak diinginkan pada interior bangunan dengan pemanasan permukaan interior yang pada gilirannya menghangatkan udara ruangan dan memancarkan panas untuk penghuninya. Dalam cuaca dingin, tentu saja, radiasi matahari seperti dapat diserap oleh atap dan dinding biasanya tambahan menyambut kandungan panas bangunan. Dalam cuaca hangat, sinar matahari yang masuk melalui jendela dapat menghasilkan efek pemanasan yang tidak diinginkan pada interior bangunan dengan pemanasan permukaan interior yang pada gilirannya menghangatkan udara ruangan dan memancarkan panas untuk penghuninya.

Sebuah strategi yang lebih produktif adalah untuk melindungi permukaan dinding yang menghadap ke selatan dengan baik dan memanfaatkan jendela menghadap arah selatan untuk menjebak panas matahari, menutup keluar dengan isolasi jendela (lebih reflektif panjang gelombang inframerah) ketika matahari tidak keluar. Permukaan yang sama yang sangat reflektif eksterior yang berguna dalam mengurangi panas matahari di musim panas juga dapat membantu mengurangi panas di musim dingin karena tingkat rendah emisi panas.

Jika memungkinkan, yang terbaik adalah mencegat sinar matahari di luar kaca, dengan pohon-pohon, tanaman merambat, overhang atap, kisi-kisi, atau awning.



Gambar 2.41 Strategi perlindungan permukaan dinding terhadap sinar matahari
Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture

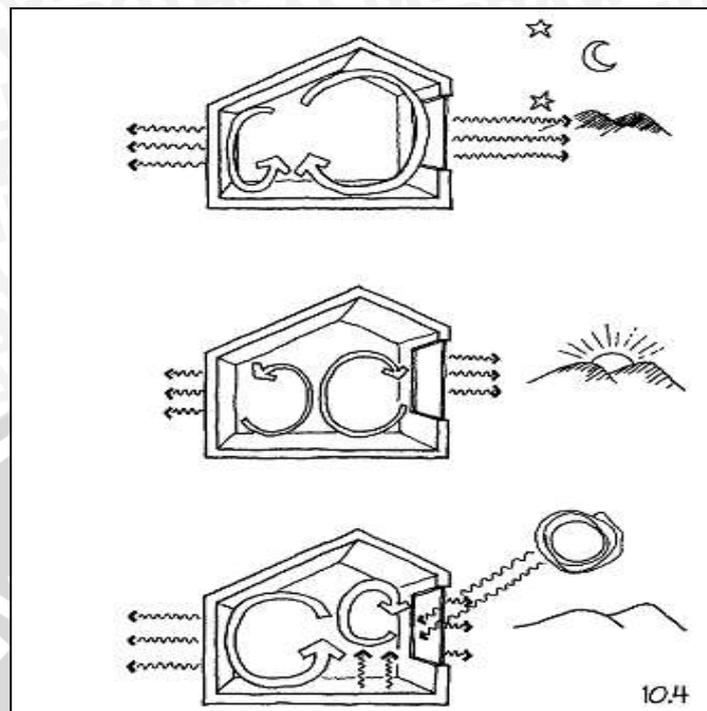
(2005) 49-99

Oleh karena itu, perangkat shading interior relatif di efektif dalam mengurangi pemanasan matahari dari udara di dalam gedung. Bagaimanapun, taman vertikal efektif dalam melindungi individu dari tinggi panas radiasi dari matahari dan menyerap sinar matahari langsung.

2.7.1 Kontrol pasif suhu udara dan kelembaban

Dengan demikian kita mengharapkan bangunan kita untuk mengatur suhu udara dan kelembaban, bersama dengan radiasi termal dan pergerakan udara, dalam waktu yang ditentukan.

Pada tengah malam, suhu di luar ruangan lebih rendah dari ruangan suhu dan permukaan interior, terutama kaca, yang Oleh karena itu lebih dingin dari udara dalam ruangan. Seperti udara dalam ruangan pendekatan ini permukaan, didinginkan dan menjadi lebih padat. Ia jatuh bersama keempat dinding, kehilangan lebih banyak panas saat berjalan, untuk mengumpulkan sebagai strata dingin dengan lantai.

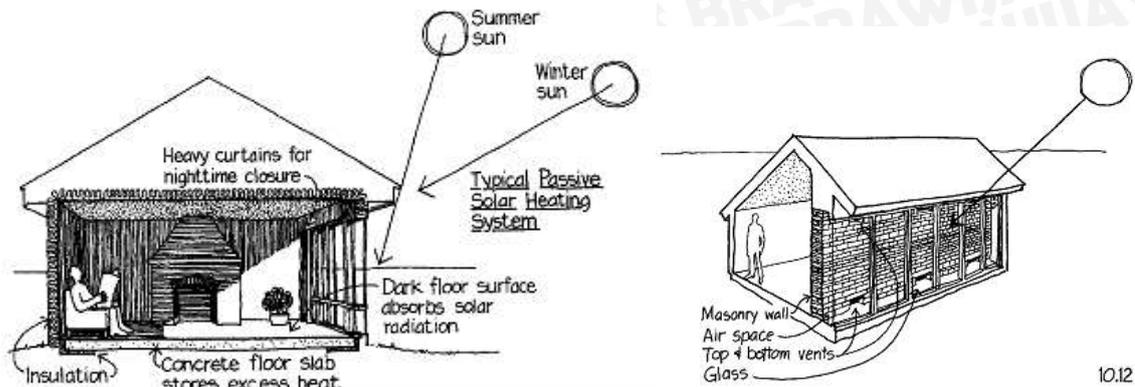


Gambar 2.42 Suhu ruangan pada pagi, siang dan malam hari pada musim panas

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

2.7.2 Radiasi sinar matahari

Jika jendela yang digunakan untuk mengumpulkan panas matahari di utara belahan bumi, mereka harus berorientasi dalam beberapa derajat arah selatan, untuk menangkap maksimum sinar matahari musim dingin. Untuk menghindari musim dingin selama pemanasan selama periode cerah dan menyimpan panas untuk malam dan periode matahari kurang, kapasitas penyimpanan panas harus disediakan dalam bangunan, menggunakan volume besar dari batu, beton, atau air, atau volume yang lebih kecil dari tertentu garam kimia yang menyimpan panas secara efisien.

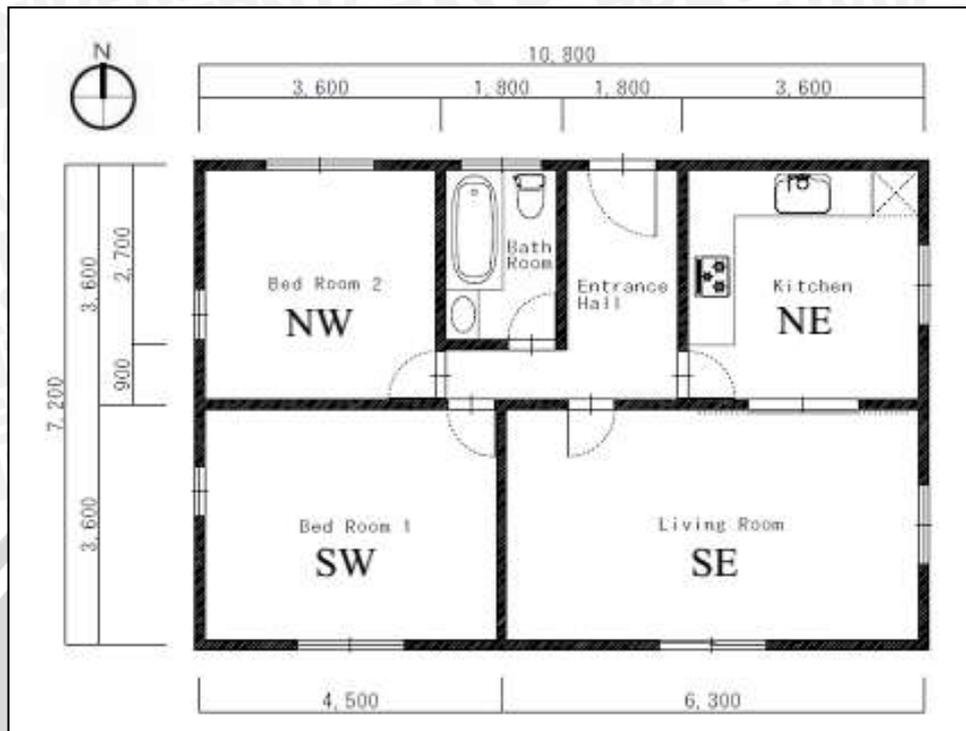


Gambar 2.43 Strategi pendekatan mengatasi panas matahari pada bangunan

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture (2005) 49-99

Pendekatan lain adalah untuk menempatkan dinding batu, beton, atau berisi air wadah hanya di dalam menghadap ke selatan kaca. Interior bangunan dari matahari dan menyerap panas matahari. ketika udara di dalam gedung lebih dingin dari dinding, itu keuntungan panas dari dinding. Semua pendekatan ini untuk pemanasan panas matahari pasif menambah biaya besar ke gedung untuk daerah jendela tambahan, penyimpanan panas, dan isolasi jendela penutupan.

Untuk simulasi suhu udara dalam ruangan, semua kamar yang diatur untuk ventilasi alami selama 24 jam untuk menghilangkan pengaruh pendingin udara mekanis pada suhu kamar. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penutup tanaman helpedto menstabilkan suhu kamar terlepas dari orientasi dan musim dengan mengurangi keuntungan radiasi matahari di siang hari dan kerugian panas konduksi di malam hari melalui simulasi (Gambar 2.46) di bawah ini. Pada permukaan utara rumah tidak menerima sinar matahari langsung, pengaruh tanaman penutup pada orientasi ini tidak signifikan pada suhu ruangan di musim panas. Di sisi lain, sisi utara dengan vegetasi pada zona NW dan NE hangat sepanjang hari selama periode musim dingin.



Gambar 2.44 Denah dan orientasi dari model simulasi suhu dalam ruangan

Sumber: Yoshimi (2011)

Untuk menyelidiki dampak termal dinding bervegetasi tergantung pada orientasi bangunan, simulasi dilakukan pada model dengan semua dinding terbuka dan vegetasi di masing-masing salah satu dari empat permukaan eksternal. Penelitian ini difokuskan pada suhu interior, keuntungan dan kerugian panas pasif, dan pemanasan dan beban pendinginan bangunan.

2.8 Mengontrol Pergerakan Udara

Pergerakan udara dibatasi oleh dinding, lantai, dan langit-langit bangunan dan dapat menjadi tidak nyaman lambat. Dengan demikian bangunan memerlukan sistem ventilasi untuk memastikan optimalisasi kecepatan pergerakan udara di dalam dan untuk mencairkan dan mengganti udara yang terkontaminasi dengan udara baru suhu yang dapat diterima serta bersih.

Menurut Grey dan Deneke (1978), konfigurasi vegetasi bermanfaat untuk ameliorasi iklim dengan memodifikasi pergerakan udara. Penanaman vegetasi searah dengan angin mampu membantu pemerataan kenyamanan termal karena angin efektif menggabungkan perbedaan suhu dan kelembaban. Komposisi vegetasi

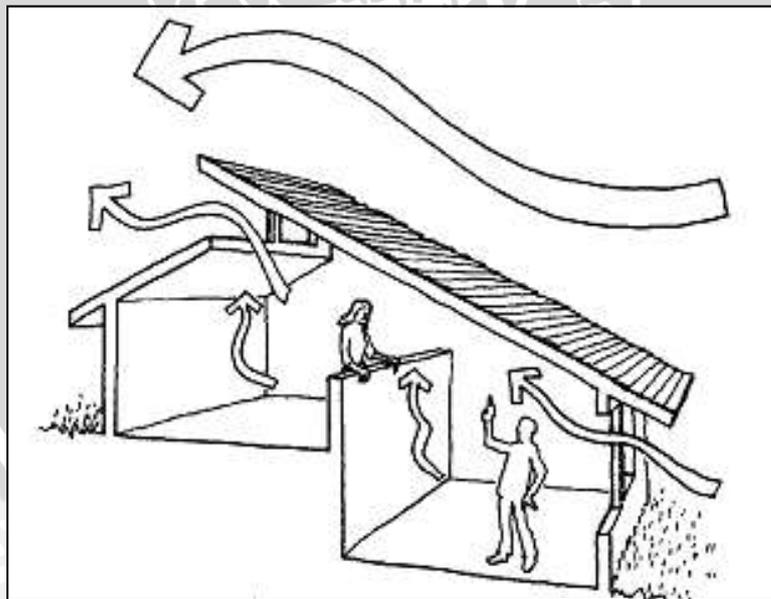
berupa pemecah angin (*shelterbelt*) dapat mengurangi kecepatan angin. Angin yang berhembus pada *shelterbelt* akan dibelokkan ke atas, menyebabkan kecepatan angin berkurang di daerah tersebut namun akan meningkat seiring bertambahnya jarak. Terdapat perbedaan perubahan kecepatan angin karena perbedaan kerapatan *shelterbelt*.

Dalam ruang terbatas pada bangunan, udara kehilangan beberapa oksigen sehingga karbondioksida melalui respirasi yang dikeluarkan oleh manusia melalui paru-paru menyebabkan bakteri dan virus menumpuk. Pergerakan udara di luar ruangan bervariasi pada musim panas. Ketika ada sedikit atau tidak ada angin pada musim panas udara terasa sesak dirasakan manusia sehingga mengganggu kenyamanan termal tubuh manusia

Pergerakan udara yang lambat yang dibatasi oleh dinding, lantai, dan langit-langit pada bangunan dapat menyebabkan tidak tercapainya kenyamanan termal bagi penguninya.

2.8.1 Pendinginan Alami pada Bangunan

Bangunan memerlukan sistem ventilasi untuk mengoptimalkan kecepatan pergerakan udara di dalam dan untuk menggantikan udara yang terkontaminasi dengan udara baru dan suhu yang dapat diterima.



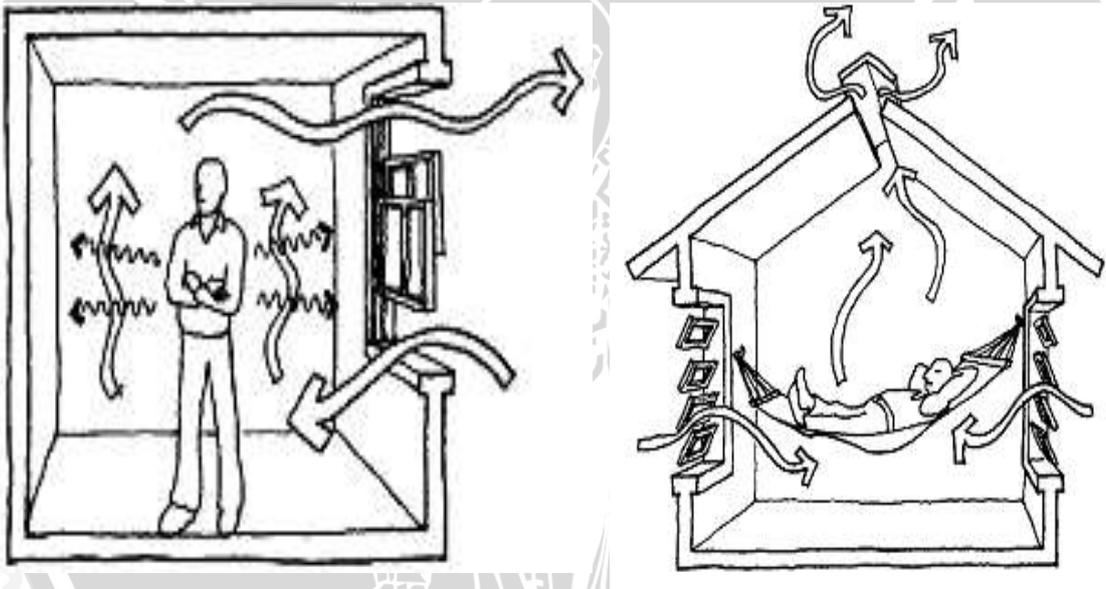
Gambar 2.45 Optimalisasi pergerakan angin pada bangunan

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

Menurut (Allen,2005) Sistem ventilasi bangunan memiliki empat komponen dasar:

- 1.Sumber udara dari suhu, kadar air,dan kebersihan yang dapat diterima
- 2.Kekuatan untuk mengalirkan udara melalui ruang huni dari bangunan
- 3.Sistem untuk mengendalikan volume, kecepatan, dan arah aliran udara
- 4.Sistem daur ulang udara yang terkontaminasi.

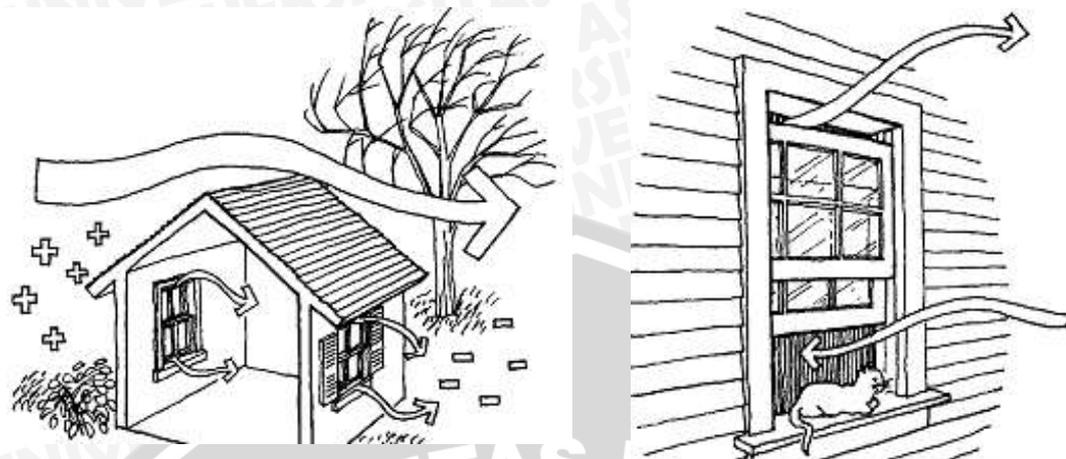
Udara mengalir melalui sebuah bangunan karena kecenderungan udara untuk bermigrasi dari daerah yang bertekanan rendah - tinggi. Dimana hanya dinding tunggal berbatasan alam, maka jendela dapat membantu dalam menciptakan perbedaan tekanan yang menginduksi aliran udara ruang dalam bangunan.



Gambar 2.46 Aliran udara yang melalui sebuah bangunan

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

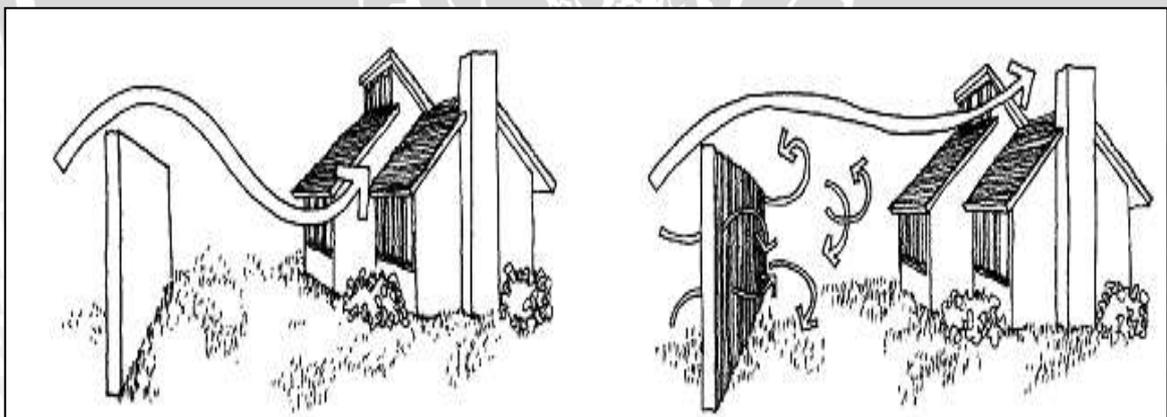
Sistem ventilasi sederhana dalam bangunan menurut (Allen,2005) ialah dengan memanfaatkan udara luar sebagai sumbernya. Serta keberadaan angin pada ventilasi sebagai kekuatan aliran udara pada bangunan dan memanfaatkan sisi bangunan sebagai proses pergantian udara.



Gambar 2.47 Sistem ventilasi sederhana

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

Kecepatan angin sekitar bangunan harus dikurangi, perangkat pelindung yang paling efektif adalah penghalang yang didirikan tegak lurus terhadap arah angin dan angin dari atas bangunan atau area luar bangunan yang akan dilindungi.



Gambar 2.48 Sistem pelindung angin pada bangunan

Sumber: Allen, Edward / How Buildings Work-The Natural Order of Architecture
(2005) 49-99

2.9 Penelitian Terdahulu

Dasar atau acuan yang berupa teori-teori atau temuan-temuan melalui hasil berbagai penelitian sebelumnya merupakan hal yang sangat perlu dan dapat dijadikan sebagai data pendukung. Salah satu data pendukung yang menurut peneliti perlu dijadikan bagian tersendiri adalah penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang sedang dibahas dalam penelitian ini. Dalam hal ini, fokus penelitian terdahulu yang dijadikan acuan adalah terkait dengan masalah pendinginan alami. Oleh karena itu, peneliti melakukan langkah kajian terhadap beberapa hasil penelitian berupa tesis dan jurnal-jurnal melalui internet.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan menyiratkan bahwa sebagian besar menyatakan bahwa variabel pendinginan alami seperti suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi variabel-variabel lain contohnya kualitas udara dan aliran udara. Variabel pendinginan alami juga mempunyai beberapa sub-variabel atau berbagai unsur/komponen seperti kapasitas termal. Secara khusus, peneliti melakukan inventarisasi terhadap sub-variabel atau komponen-komponen yang terdapat dalam variabel pendinginan alami melalui taman vertikal



Gambar 2.49 Road map penelitian sistem pendinginan alami melalui taman vertikal

Sumber: Nugroho, 2009

Sub-sub variabel dalam variabel pendinginan alami ini sekaligus akan menjadi acuan dalam menentukan berapa variabel yang diterapkan pada taman vertikal sebagai

pendinginan alami pada bangunan. Selanjutnya membuat skematis hasil penelitian tersebut dalam sebuah tabel yang disusun berdasarkan tahun penelitian dari yang terdahulu hingga yang terbaru. Untuk memudahkan pemahaman terhadap bagian ini, dapat dilihat pada tabel 2.17 berikut:

Tabel 2.18 Hasil Penelitian Terdahulu

NO	TAHUN	PENELITI	MASALAH PENELITIAN	VARIABEL YANG TERKAIT
1.	2013	Rawuli	Taman Vertikal Sebagai Sistem Pendingin Udara Alami Pada Pemukiman Perkotaan Malang.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu 2. Kelembaban 3. Penataan Taman Vertikal Diagonal dan Penuh
2.	2013	Racmad	Kinerja Penerapan Model Jendela Adaptif Pada Bangunan Rumah Tinggal Sederhana di Malang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rasio Orientasi terhadap Jendela Adaptif 2. Suhu 3. Kelembaban

Pada penelitian terdahulu pada objek penelitian yang sama oleh Rawuli dan Racmad pada tahun 2013 terdapat dua sistem dalam pencapaian pendinginan alami pada bangunan. Pada penelitian yang dilakukan Rawuli sistem taman vertikal dipakai untuk tercapainya pendinginan alami. Variabel yang dipakai pada penelitian rawuli adalah suhu, kelembaban dan penataan taman vertikal secara penuh dan diagonal. Dalam penelitian ini, penulis memakai alternatif pendinginan alami melalui taman vertikal dengan tinjauan pergantian udara dalam tercapainya pendinginan alami. Untuk perbandingan lebih jelas dapat dilihat pada tabel 2.18 sebagai berikut:

Tabel 2.19 Perbandingan Penelitian Terdahulu

NO	KETERANGAN	PENELITIA RRAWULI (2013)	PENELITIAN PENULIS
1.	Judul Penelitian	Taman Vertikal Sebagai Sistem Pendingin Udara Alami Pada Pemukiman Perkotaan Malang.	Taman Vertikal Sebagai Pendinginan Alami pada Rumah Sederhana Sehat di Kec.Lowokwaru
2.	Masalah Penelitian	Kenyamanan Termal sebagai Pendinginan Alami	Pergantian Udara sebagai Pendinginan Alami untuk tercapainya Kenyamanan Termal Bangunan dan Penghuni
3.	Waktu Penelitian	Musim Hujan	Musim Kemarau
4.	Waktu Pengukuran	52 Hari Pengukuran	72 Hari Pengukuran
5.	Alat Ukur	Hobo Data Logger	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hobo Data Logger 2. Telaire 3. Flir i3 4. Oxygenmeter
6.	Variabel Terkait	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu 2. Kelembaban 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu 2. Kadar CO₂ 3. Kapasitas Termal Permukaan Daun 4. Kadar O₂ 5. Indeks Luas Daun
7.	Variasi Variabel Penataan Taman Vertikal terhadap Bangunan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penataan Diagonal dan Penuh 2. Jarak 0,5 dan 1 meter terhadap Bangunan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tinggi Tingkat pada Taman Vertikal (2,4 dan 6 Tingkat) 2. Jarak 1 dan 2 meter terhadap Bangunan
8.	Pemilihan Jenis Tanaman	Bayam Merah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bayam Merah 2. Seledri 3. Sawi 4. Kumis Kucing
9.	Temuan yang Diberikan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Luas Bidang Taman Vertikal 2. Jarak Taman Vertikal terhadap Bangunan 3. Waktu Penurunan Suhu dan Kelembaban 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tinggi Bidang pada Taman Vertikal 2. Jarak Taman Vertikal terhadap Bangunan 3. Kapasitas Termal Permukaan Daun tiap Tanaman pada Taman Vertikal 4. Jenis Tanaman sebagai Pendinginan Alami 5. Waktu Penurunan suhu dan Penyerapan CO₂

2.10 Kerangka Teoritik

