

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KONTEKS PENELITIAN

Bangunan terdiri dari 3 (tiga) pelindung; yaitu atap, dinding, dan lantai. Atap merupakan bagian terpenting pada sebuah bangunan karena atap merupakan bidang yang paling banyak terkena radiasi cahaya dan merupakan bagian yang paling bertanggung jawab terhadap kenyamanan ruangan.⁴ Namun seringkali atap sebagai salah satu bagian yang paling diabaikan dari bangunan khususnya bangunan rumah tinggal.

Beberapa tinjauan teoritis yang mengkaji berbagai sumber pustaka dan pendapat para ahli sebagai acuan dalam tahap analisis.

2.2 FAKTOR TERMAL

2.2.1 Iklim Tropis Lembab

Iklim merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perancangan bangunan. Sebuah bangunan seharusnya dapat mengurangi pengaruh iklim yang merugikan dan memanfaatkan pengaruhnya yang menguntungkan bagi pengguna bangunan.

Iklim-iklim tropis lembab terdapat di dalam suatu lajur yang meliputi daerah di equator dan meluas sampai kira-kira 15⁰ Lintang Utara dan 15⁰ Lintang Selatan.⁵

Indonesia termasuk dalam klasifikasi iklim tropis lembab (*hot-wet*). Posisi Indonesia terletak pada koordinat 6°LU - 11°08'LS dan dari 95°BB - 141°45'BT serta terletak di antara dua benua yaitu benua Asia dan benua Australia/Oseania. Iklim sulit

⁴ Lippsmeie, Georg. 1994: 81. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

⁵ Lippsmeie, Georg. 1994: 9. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

ditoleransi karena penguapan sedikit dengan cuaca buruk 120-140 hari/tahun dan bahaya pelapukan bahan organik serta korosi pada logam.⁶

Menurut klasifikasi Evans, daerah seperti Indonesia termasuk dalam tipe iklim hangat lembab (*warm-humid*) dengan karakteristik sebagai berikut:⁷

- Temperatur udara berkisar antara 20⁰ C – 30⁰ C,
- Kelembaban udara cukup tinggi yaitu rata-rata di atas 60% dan 90% - 100% pada kondisi maksimum,
- Curah hujan yang tinggi rata-rata di atas 1000mm per tahun,
- Kondisi langit rata-rata 50% berawan, dan
- Masalah kenyamanan sering timbul akibat kelembaban udara dan temperatur yang tinggi.

Tugas arsitek adalah menganalisa informasi yang didapatnya dan menyajikannya di dalam bentuk yang memungkinkannya untuk mengidentifikasi sifat-sifat yang menguntungkan atau merugikan bagi pemakai bangunannya.

2.2.2 Kondisi Termal Pada Bangunan

Kondisi termal yang akan terjadi pada atap bangunan akan ditentukan oleh kinerja termal dari atap bangunan.

Tembusnya panas dan kelembaban melalui sebuah bahan dapat dikelompokkan dalam kondisi khusus:⁸

1. Kondisi stabil pada temperatur dan kelembaban tetap dan searah.
2. Kondisi tidak stabil pada temperatur dan kelembaban yang berubah tetapi searah.
3. Kondisi tidak stabil pada temperatur dan kelembaban yang berubah dan arahnya berlawanan.

⁶ 2008. Indonesia. *Wikipedia*. Ed – Maret. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Indonesia>)

⁷ Evan, Martin. 1980: 49. *Housing, Climate and Comfort*. London: The Architectural Press.

⁸ Lippsmeie, Georg. 1994: 75. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Suhu merupakan karakteristik *inherent*, dimiliki oleh suatu benda yang berhubungan dengan panas dan energy. Jika panas yang dialirkan pada suatu benda, maka suhu benda tersebut akan meningkat; sebaliknya suhu benda akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas.⁹

Suhu tidak berhubungan langsung dengan rasa yang diterima oleh indera manusia. Suhu merupakan ukuran relatif dari kondisi termal yang dimiliki oleh suatu benda. Suatu benda akan terasa panas jika dalam proses sentuhan tersebut energi atau panas akan mengalir dari benda tersebut ke bagian tubuh yang berkontak langsung dengan benda tersebut.¹⁰

2.2.3 Perpindahan Panas Pada Bangunan

Fenomena perpindahan merupakan salah satu dari berbagai mekanisme dimana partikel atau kuantitas fisik berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain.¹¹

Tiga jenis utama fenomena perpindahan adalah:

1. Perpindahan panas,
2. Perpindahan massa, dan
3. Perpindahan momentum (dinamika fluida).

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses perpindahan kalor dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas.¹²

Ada tiga cara perpindahan panas:

1. Perpindahan panas konduktif (*conductive heat transfer*), yaitu perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui kontak (sentuhan).

⁹ Lakitan, Benyamin. 2002: 87-88. *Dasar-dasar Klimatologi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

¹⁰ Ibid

¹¹ 2008. Fenomena Perpindahan. *Wikipedia*. Ed – Agustus.

(http://id.wikipedia.org/wiki/Fenomena_perpindahan)

¹² Satwiko, Prasasto. 2004: 6. *Fisika Bangunan 1 - Edisi 1*. Yogyakarta: Andi.

2. Perpindahan panas konvektif (*convective heat transfer*), yaitu perpindahan panas dari benda yang kurang panas melalui aliran angin (zat alir lainnya).
3. Perpindahan panas radiasi (*radiative heat transfer*), yaitu perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas dengan cara pancaran.

Besarnya perpindahan panas yang terjadi pada bangunan dipengaruhi oleh sifat dari bahan bangunan, yaitu:

1. Konduktivitas panas dari bangunan, k (Watt/m⁰C)

Konduktivitas panas adalah sifat dari bahan yang menentukan aliran panas persatuan waktu dengan cara konduksi melalui satu satuan tebal dari bahan dengan perbedaan temperatur pada kedua sisinya 1⁰C, besarnya konduktivitas panas dari bahan bangunan dapat berubah dengan berubahnya kadar air di dalam bahan tersebut.

2. Konduktansi permukaan, h (Watt/m².⁰C)

Konduktansi permukaan adalah aliran panas dari suatu permukaan ke udara atau dari udara ke permukaan. Besarnya konduktansi permukaan dipengaruhi oleh sifat permukaan yaitu kekasaran dan warna, serta kecepatan angin dan temperatur permukaan.

3. Kapasitas panas spesifik dari bahan bangunan, c (Joule/kg.⁰C)

Kapasitas panas spesifik dari suatu bahan adalah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur sebuah material sebesar 1⁰C. Kapasitas panas untuk setiap material berbeda, namun secara keseluruhan material yang lebih berat memiliki kapasitas panas lebih tinggi.

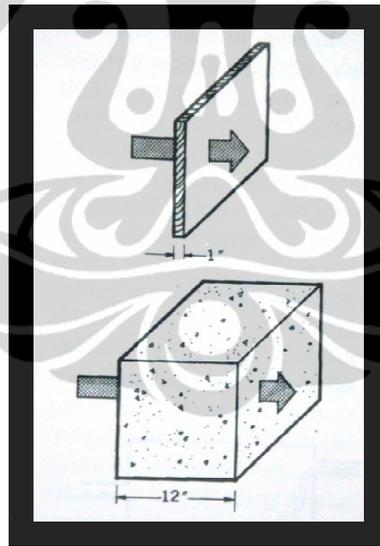
4. Absorpsi α untuk radiasi gelombang panjang dan pendek.

Absorpsi (penyerapan) adalah kemampuan benda menyerap radiasi panas.

Sifat lain yang berpengaruh terhadap besarnya perpindahan panas adalah kepadatan massa (kg/m^3) dan tebal (m) bahan.

2.2.4 Penundaan Waktu (*Time lag*)

Panas secara alami mengalir dari suhu yang lebih tinggi menuju suhu yang lebih rendah. Dengan mengetahui daya tahan sebuah material, dapat diprediksi berapa besar panas yang akan mengalirinya dan membandingkan material tersebut. Sebagian besar daya tahan termal bahan bangunan merupakan fungsi jumlah dan ukuran ruang udara yang dimilikinya. Contohnya, kayu 1 inci memiliki daya tahan termal yang sama dengan 12 inci beton, terutama karena ruang udara yang dibuat oleh sel yang terdapat pada kayu.(Gbr. 2.1) Namun, ini hanya akan terjadi pada saat kondisi stabil.¹³



Gambar 2.1 Dua jenis material yang memiliki daya tahan termal yang sama dengan ukuran ketebalan yang berbeda pada masing-masing material.

¹³ Lechner, Norbert. 2007: 58-59. *Heating, Cooling, Lighting*. Terj. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Umpama, dinding beton dan dinding kayu mempunyai suhu di satu sisi adalah 100°C dan 50°C di sisi lainnya. Panas akan mengalir menembus beton, tetapi panas yang masuk pertama akan digunakan untuk meningkatkan suhu material masif tersebut. Hanya setelah dinding dihangatkan secara besar-besaran, panas dapat keluar dari sisi yang satu lagi. Di sisi lain, penundaan konduksi panas sangat pendek untuk 1 inci kayu karena memiliki kapasitas panas yang rendah.

Fenomena penundaan aliran panas ini disebut *time lag* (penundaan waktu). Dengan demikian, material yang berkapasitas besar memiliki penundaan waktu yang lebih lama dibanding yang berkapasitas kecil. Sebagai catatan, fenomena penundaan waktu berakhir dan tidak ada *time lag* disaat kondisi stabil, misalnya suhu material tetap konstan sepanjang waktu cukup lama. Dibawah suhu yang dinamis sebuah beton yang berukuran 12 inci akan nampak memiliki daya tahan aliran panas yang lebih dibanding kayu 1 inci.

Keuntungan *time lag* adalah jika suhu ruang meningkat dengan drastis. Semakin besar pergerakan suhu harian, semakin besar efek pemisahan pada massa. Dengan demikian efek memisahkan massa lebih menguntungkan pada iklim panas kering selama musim panas.¹⁴

Menurut Rosenlund (2000), kemampuan material melawan panas yang mempengaruhi bangunan disebut termal *properties*, terdiri dari:

1. *Density* (kepadatan/berat jenis): dengan satuan kg/m^3 , merupakan perbandingan antara berat dan volume. *Density* memegang peran yang besar untuk termal *properties*, material mempunyai *Density* ringan dengan daya isolasi lebih besar dari pada material yang ber-*Density* besar.

¹⁴ Sumampe, Susanti. 2008: hal 25-27. ***Pengaruh Penggunaan Dinding Bata Beton Sekam Padi Terhadap Kondisi Termal Ruang Rumah Tinggal***. Jurusan Teknik Arsitektur. Fakultas Teknik – Universitas Indonesia.

2. Daya hantar panas (*conductivity*): dengan satuan W/mK, adalah kemampuan material untuk berkonduksi panas. Material yang mempunyai daya hantar panas rendah mempunyai daya isolator yang baik. Sebaliknya material yang mempunyai daya hantar panas tinggi merupakan material penghantar panas yang baik.
3. *Specific heat*: dengan satuan Wh/kgK, adalah mengindikasikan material mempunyai kemampuan menyimpan sejumlah energi. *Specific heat* yang tinggi artinya material mempunyai kemampuan banyak menyimpan panas (*heat storage*).

Kombinasi dari ketiga *termal properties* material di atas menghasilkan apa yang disebut time lag, yaitu waktu maksimum yang dipergunakan oleh penutup atap untuk mengeluarkan panas dari permukaan luar penutup atap ke bagian dalam penutup atap.

Karakteristik dari material lain adalah *admittance*. Milbank dan Harrington-Lynn (1974) menyatakan, *admittance* adalah daya tahan termal (*termal resistance*) yang berkaitan dengan reaksi terhadap aliran panas (*heat flow*) mempunyai satuan seperti U-Value.

Menurut Markus T.A., Moris E.N. (1980), semakin besar *admittance* semakin rendah *swing* temperaturnya. Material yang padat mempunyai kapasitas termal (*termal capacity*), yakni jumlah panas yang disimpan oleh material kemudian dilepaskannya.¹⁵

Pendapat dari semua ahli di atas menunjukkan bahwa *termal properties* dan karakteristik dari material berkaitan erat dengan:

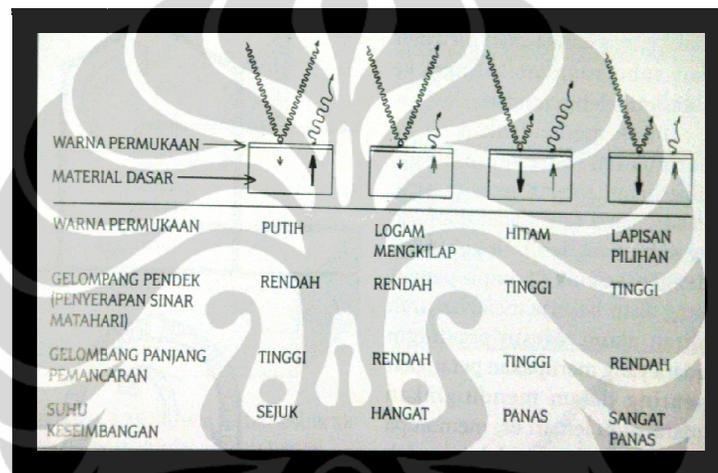
1. Penyimpanan panas,
2. Isolasi terhadap panas,
3. Temperatur puncak,

¹⁵ Ibid

4. Tinggi rendahnya temperatur dari material penutup atap bangunan.

Semua hal tersebut merupakan teori pendukung dari penelitian ini sesuai dengan tujuan penelitian.

Untuk memahami pemanasan pada suatu material bangunan perlu memahami perilaku dari tenaga memancarnya. Contohnya, warna apa yang paling cocok sebagai pengumpul panas matahari dan warna apa yang paling cocok untuk sebuah atap agar menolak panas matahari di musim panas? (lihat gbr. 2.2).



Gambar 2.2 Sifat warna sebagai lapisan luar dari suatu material dalam menerima dan memancarkan radiasi panas matahari.

2.3 ATAP BANGUNAN

Jumlah panas yang memasuki bangunan tergantung pada sifat atap atau dindingnya. Karena itu sangat penting bagi para perencana untuk mengetahui tegangan fisis yang diterima oleh atap luar bangunan pada sebuah bangunan.¹⁶

Atap merupakan bagian terpenting dari sebuah bangunan. Berdasarkan bidang dan orientasinya, atap adalah bagian bangunan yang

¹⁶ Lippmeie, Georg. 1994: 75. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

paling banyak terkena cahaya dan merupakan bagian yang merupakan bagian yang paling bertanggung jawab terhadap kenyamanan ruangan.¹⁷

Prinsip dasar atap sama dengan dinding, yaitu konstruksi penyerap panas untuk daerah tropika-kering dan konstruksi ringan serta permeabel untuk daerah tropika-lembab.¹⁸

2.3.1 Ragam Penutup Atap Bangunan

Fungsinya selaku perisai yang menangkis radiasi panas dari matahari. Karena itu diharapkan atap jangan mudah menjadi sumber radiasi panas dan diteruskan lagi sebagian besar radiasi panas yang diterimanya dari matahari ke dalam ruang yang harus dilindunginya. Itu sangat berhubungan dengan sifat daya penghantaran panas pada bahan penutup atap.

Penutup atap dibuat dalam bentuk kepingan-kepingan agar mudah dibuat dengan resiko yang minim, mudah diangkut dari tempat pembuatan ke tempat pembangunan, mudah dipasang, dan mudah diganti/diperbaharui apabila terjadi kerusakan.¹⁹

Bahan penutup atap bangunan dapat dibedakan menjadi dua:²⁰

1. Penutup atap komponen kecil
2. Penutup atap komponen besar

Pada penutup atap komponen kecil, dapat dibagi lagi menjadi beberapa macam bahan, yaitu terdiri dari:

- a. Genteng press mesin
- b. Genteng metal/baja
- c. Genteng beton/semen:

Genteng beton/semen adalah jenis genteng dengan bahan dasar Semen Portland (PC) agregat halus, air, dengan atau tanpa kapur/trass, pigmen dan bahan pembantu lainnya:

¹⁷ Lippsmeie, Georg. 1994: 81. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

¹⁸ Ibid

¹⁹ Mangunwijaya. 1997: 290. *Pengantar Fisika Bangunan*. Jakarta: Penerbit Djambatan.

²⁰ Ahmad, Rosman. 2007: 129-130. *Bahan Bangunan Sebagai Dasar Pengetahuan*. Jakarta: Bangun Cipta Pustaka.

dicetak sesuai bentuk yang dirancang untuk produk tersebut.

Macam-macam genteng beton berdasarkan merek adalah:

- Genteng Monier,
 - Genteng Cengkareng Permai (CP),
 - Genteng Cisangkan,
 - Genteng Tiara,
 - Genteng Stucco,
 - dll.
- d. Genteng asbest
 - e. Genteng tegola
 - f. Genteng kaca
 - g. Genteng sirap
 - h. Genteng bambu
 - i. Alang-alang
 - j. Ijuk
 - k. Rumbia

2.3.2 Genteng Beton

Ada dua bentuk atap genteng beton/semen, yaitu genteng dengan bentuk bergelombang dan genteng dengan bentuk *flat*. Atap genteng *flat* banyak digunakan untuk bangunan perumahan gaya arsitektur modern minimalis dalam 3-4 tahun terakhir. Genteng *flat* pasarnya didominasi oleh genteng beton. Genteng beton *flat* yang paling banyak dipakai selain merek Cisangkan, juga ada merek Monier dan merek CP.²¹ (lihat gambar 2.3)

²¹ 2009. Tren Penutup Atap Beton – Masih Didominasi Genteng *Flat*. *Housing – Estate*. Ed – Juni. (http://www.housing-state.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1283&Itemid=51)

Tabel 2.1 Bahan Penutup Atap Yang Paling Banyak Dipilih Di 100 Perumahan Di Jabodetabek 2007

Jumlah Disurvei	Merek	Pemilih	Persentase
100 perumahan	Monier	18	18
	Cisangkan	13	13
	Cengkareng Permai	13	13
	M-Class	8	8
	Kanmuri	7	7
	Mutiara	4	4
	Mahkota	2	2
	Milan	2	2
	Karangpilang	2	2
	Ikad	2	2
	CAS	2	2
	Kanmuri/CP	2	2
	M-Class/CP	2	2
	Owens	1	1
	Iko	1	1
	Grand	1	1
	Abadi	1	1
	Angsamias	1	1
	Terreal	1	1
	3 M	1	1
	Superflatred	1	1
	Dak beton	1	1
	Monier/Ikad	1	1
	Monier+CP	1	1
	CP/Mahkota	1	1
	Monier/CP/M-Class	1	1
	Monier/Kanmuri/Ikad	1	1
	Cisangkan/Ikad	1	1
	Cisangkan/Kanmuri	1	1
	Cisangkan/Monier	1	1
	Cisangkan/Mutiara/GK	1	1
	Cisangkan/M-Class	1	1
	Cisangkan/CP/M-Class/Mutiara	1	1
	M-Class/IKG	1	1
	M-Class/Mutiara	1	1
	Kanmuri/GK	1	1
	Jumlah	100	100

Sumber: Survei Majalah Estate, Desember 2006-Mei 2007

Berdasarkan tabel 2.1 terdapat 3 macam genteng beton *flat* yang paling banyak digunakan di perumahan Jabodetabek, yaitu:

1. Genteng beton *flat* merek Cisangkan
2. Genteng beton *flat* merek Monier
3. Genteng beton *flat* merek Cengkareng Permai

Ketiga genteng ini lebih banyak diminati karena perusahaan-perusahaan yang memproduksi genteng tersebut adalah perusahaan besar yang telah lebih dulu memproduksi bentuk genteng beton *flat* dibandingkan perusahaan yang lainnya.

Genteng beton *flat* ini juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Genteng beton *flat* lebih murah dan lebih fleksibel terhadap perubahan tren desain, tapi warnanya kalah awet dibanding keramik. *Coating* atau lapisan pelindung genteng beton itu di cat, dengan coating yang baik bisa bertahan hingga 5 tahun dan gentengnya bisa tahan hingga belasan tahun. Karena cat nya tidak mengelupas tapi memudar sehingga warnanya mudah diperbarui. Untuk genteng merek CP memakai cat berbasis minyak agar *coating*-nya awet. Sedangkan genteng monier melakukan *coating* saat proses produksi berjalan.²²

Penjelasan lebih lanjut mengenai 3 macam genteng beton *flat* yang paling banyak digunakan di perumahan Jabodetabek adalah:

1. Genteng beton *flat* merek Cisangkan

Genteng ini diproduksi oleh PT. Cisangkan. Memiliki dua jenis dan tipe yang disesuaikan dengan kebutuhan pasar, yaitu Victoria dengan tampilan atas genteng bermotif kulit kayu dan floral dengan tampilan atas genteng bermotif seperti batu pecah.

Spesifikasi dari genteng ini adalah:

Actual Area : 255 x 434 mm

²² 2008. Tren Penutup Atap Beton – Masih Didominasi Genteng *Flat*. *Housing – Estate*. Ed – Juni. (http://www.housing-state.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1283&Itemid=51)

<i>Exposed Area</i>	: 364 x 303 mm
<i>Weight</i>	: 5,1 kg
<i>Tile needed per sqm</i>	: 9 pcs/sqm
<i>Batten Size</i>	: 3 cm x 4 cm
<i>Batten trans</i>	: 36 cm
<i>Min Slope</i>	: 22,5 ⁰

Genteng ini memiliki motif kulit kayu dengan lapisan luar diberi cat warna hitam dan diberi *coating* agar dapat mengurangi radiasi panas matahari yang diterima oleh material tersebut. Dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Genteng beton *flat* Cisangkan tipe victoria

2. Genteng beton *flat* merek Monier

Genteng ini diproduksi oleh CV. Paragon Indonesia. Genteng ini hanya mengeluarkan 1 jenis genteng *flat* yang dinamakan nova palace dengan tampilan bagian luarnya yang polos.

Spesifikasi genteng ini adalah:

Panjang	: 425 mm
Lebar	: 330 mm (lingkupan sebenarnya 298 mm)

Ujung penutup : 10 genteng untuk tiap-tiap m^2 tergantung overlap
 Berat : 44 kg per m^2
 Sudut atap : $12,5^0$ min

Genteng ini memiliki motif polos dengan lapisan luar diberi cat warna coklat tua dan diberi *coating* agar dapat mengurangi radiasi panas matahari yang diterima oleh material tersebut. Dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Genteng Monier tipe nova palace

3. Genteng beton *flat* merek Cengkareng Permai

Genteng ini diproduksi oleh PT. Cengkareng Permai. Genteng ini memiliki tiga jenis tampilan yaitu *flat stone*, *flat citra*, dan *flat accent*.

Spesifikasi dari genteng CP sama dengan genteng Monier.

Panjang : 425 mm
 Lebar : 330 mm (lingkupan sebenarnya 298 mm)
 Ujung penutup : 10 genteng untuk tiap-tiap m^2 tergantung overlap
 Sudut atap : $12,5^0$ min

Genteng ini memiliki motif polos dan apabila disusun akan terlihat seperti susunan bata dengan lapisan luar diberi cat warna hitam tanpa diberi *coating*. Dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Genteng Cengkareng Permai tipe *flat stone*

2.4 SOFTWARE ECOTECT V.5.20

Teori dasar – Visualisasi Data Termal :²³

1. Rerata suhu: Rerata suhu dapat ditunjukkan dengan grafik yang menunjukkan pola suhu setiap waktu (menit, jam, hari, bulan, tahun). Pada umumnya grafik ini memuat informasi waktu pada sumbu X (nilai jam) dan suhu (*celcius*), kecepatan angin (m/detik), dan radiasi (W/m^2) pada sumbu Y. Tingkat akurasi data sangat tergantung pada data iklim yang dimasukkan.
2. Penambahan panas: Pengumpulan panas pada bangunan merupakan akumulasi beberapa proses perpindahan energi dalam bangunan. Proses ini terdiri atas pengumpulan secara konduksi, peningkatan suhu permukaan, radiasi matahari, pendinginan ventilasi, peralatan bangunan dan energi antar zona. Nilai konduksi dipengaruhi

²³ Agung Murti NUGROHO, 2005, Pelatihan Sains Bangunan dengan *Software Ecotect V.5.*, hal. 17, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

perpindahan panas antara suhu luar ke dalam bangunan. Suhu permukaan merupakan peningkatan suhu yang berpengaruh pada suhu udara. Radiasi matahari merupakan panas yang secara langsung mengenai bangunan.

