

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 IKLIM

Iklim merupakan suatu keadaan rata-rata dari cuaca di suatu daerah di dalam periode tertentu. Sedangkan pengertian dari cuaca yaitu suatu keadaan atmosfer selama periode waktu yang singkat. Cuaca siklusnya bisa berubah dari jam ke jam, hari ke hari, bulan ke bulan atau bahkan tahun ke tahun. Suatu pola cuaca di suatu daerah, yang dilacak selama lebih dari 30 tahun, disebut sebagai iklim. Iklim sering dinyatakan sebagai nilai statistik cuaca dalam jangka panjang dari suatu wilayah. Iklim juga bisa diartikan sebagai sifat cuaca di suatu tempat atau wilayah.

Menurut World Climate Conference (1979) iklim ialah pengukuran cuaca yang terjadi dalam kurun waktu yang lama dan panjang yang jika dilihat secara statistik dapat dipakai untuk menunjukkan suatu nilai statistik yang berbeda dengan sebuah keadaan disetiap saatnya. Sedangkan menurut Gibbs (1978) iklim yaitu sebuah peluang statistik yang ada pada beragam keadaan atmosfer yang diantaranya yaitu suhu, tekanan, kelembapan angin yang terjadi di suatu daerah dalam jangka waktu yang cukup lama. Iklim disebut juga merupakan rata-rata keadaan cuaca yang diukur dalam jangka waktu yang cukup lama yang memiliki sifat tetap (Kartasapoetra, 2012).

2.1.1 Iklim Tropis

Tropis diartikan sebagai suatu daerah yang terletak di antara garis *isotherm* di bagian utara dan selatan bumi, atau daerah yang terdapat di 23,5° LU dan 23,5°LS. Pada dasarnya wilayah yang termasuk iklim tropis dibedakan menjadi daerah tropis kering yang meliputi stepa, savanna kering, dan gurun pasir; serta daerah tropis lembab yang diliputi oleh hutan hujan tropis, daerah-daerah dengan musim basah dan juga savanna lembab. Indonesia yang beriklim tropis basah atau daerah hangat lembab memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Memiliki dua musim yaitu hujan dan kemarau
2. Kelembaban udara yang relatif tinggi (umumnya di atas 90%)
3. Curah hujan tinggi
4. Temperatur tahunan di atas 18°C (mencapai 38°C saat musim kemarau)

5. Perbedaan antar musim tidak terlalu signifikan, kecuali saat periode sedikit hujan dengan banyak hujan yang disertai angin kencang.
6. Mendapat sinar matahari sepanjang tahun

Lauber (2005) menyatakan bahwa bangunan pada iklim tropis dipercaya menghadapi konfrontasi yang disebabkan oleh kondisi ekstrim iklim dalam hal fungsi dan konstruksi bangunan. Secara praktis, pengaruh ekstrim negatif yang disebabkan iklim tropis dapat disimpulkan ke dalam beberapa parameter berikut (Wong, 2009):

a. Temperatur dan *relative humidity* (RH)

Faktor paling utama dan yang paling terlihat jelas adalah temperatur serta kelembaban yang relatif tinggi. Keduanya dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal hingga sampai memperlambat tempo kehidupan suatu wilayah. Hal ini disebabkan karena kombinasi dari temperatur dan kelembaban yang tinggi dapat mengurangi tingkat penguapan dari kelembaban tubuh manusia. Suhu dipermukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- 1) Jumlah radiasi matahari yang diterima per tahun , per musim, dan per hari
- 2) Pengaruh daratan atau lautan
- 3) Pengaruh ketinggian tempat
- 4) Pengaruh angin secara tidak langsung
- 5) Pengaruh panas laten
- 6) Penutup tanah
- 7) Tipe tanah
- 8) Pengaruh sudut datang sinar matahari

b. Radiasi matahari

Energi matahari adalah penyebab utama adanya perubahan dan pergerakan di dalam atmosfer yang kemudian dianggap mengendalikan iklim dan cuaca. Sinar matahari diukur dari panas atau teriknya penyinaran serta lamanya penyinaran tersebut terjadi. Dikarenakan orbital bumi yang mengelilingi matahari, jumlah penerimaan energi matahari yang masuk ke bumi berbeda-beda sesuai dengan keadaan jarak antara matahari dan bumi.

Secara umum radiasi matahari yang di terima pada daerah tropis sangat tinggi. Parahnya lagi proporsi radiasi yang tersebar sangatlah tinggi dikarenakan oleh tingginya kelembapan dan pengaruh dari awan. Radiasi matahari berlebihan

dapat diserap oleh fasade bangunan dan di transfer ke dalam menyebabkan naiknya temperatur ruangan.

c. Hujan

Hujan adalah sebuah presipitasi yang berwujud cairan. Merupakan proses kondensasi uap air di atmosfer yang menjadi butir-butir air yang cukup berat untuk jatuh dan tiba di daratan. Dua proses yang dapat terjadi secara bersamaan bisa mendorong udara menjadi semakin jenuh menjelang hujan, yaitu pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara.

Jumlah air hujan pada area tropis lembab dapat mencapai nilai sangat tinggi meskipun terkadang masih diselingi masa kemarau. Kekhawatiran utama adalah kesulitan yang cukup tinggi dalam mempertahankan permukaan bangunan agar tahan dari terpaan hujan.

d. Angin

Terdapat berbagai macam jenis angin seperti angin darat, angin laut, angin gunung, angin lembah dan angin lokal (fohn) yang sifatnya kering. Gerakan angin berasal dari daerah yang bertekanan tinggi menuju daerah dengan tekanan yang rendah. Angin dapat mempengaruhi ventilasi yang merupakan aspek penting dari penghawaan alami. Pergerakan aliran angin yang kecil digabung dengan tingginya temperatur dan kelembaban dapat dengan mudah menyebabkan ketidaknyamanan termal. Arah angin juga dapat mempengaruhi pertimbangan orientasi dari bangunan.

Tidak hanya efek negatif saja yang diberikan, tentunya terdapat pula pengaruh positif yang dapat diberikan oleh iklim tropis. Dengan perubahan kenaikan dan penurunan temperatur udara yang relatif tidak ekstrim dengan temperatur yang seringnya selalu tinggi artinya desain bangunan perlu strategi untuk menghadapi panas. Artinya, baik atap, fasade, sistem maupun lingkungan sekitar pada sebuah bangunan hanya perlu memfokuskan pada permasalahan panas. Tidak perlu adanya pertimbangan untuk sistem pemanas ruangan. Sehingga prinsip pengendalian termal dapat diamati melalui karakteristik dominan bangunan tropis yaitu keterbukaan dan pembayangan. Dinding luar bangunan biasanya terbuat dari material solid ringan dengan kapasitas panas yang rendah, dengan pewarnaan cerah untuk mengurangi penyerapan panas dan reflektif (Wong, 2009).

2.2 KENYAMANAN TERMAL

Kenyamanan termal adalah sensasi panas atau sensasi dingin sebagai wujud respon dari sensor perasa di kulit terhadap stimuli suhu di lingkungan sekitarnya (Karyono, 2001). Terdapat tiga macam pendekatan dari kenyamanan termal yaitu: pendekatan *thermophysiological*, pendekatan *heat balance* dan pendekatan psikologis (Hoppe, 2002). ISO 7730 Menyatakan bahwa kondisi dari pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termal. Definisi lainnya menerangkan kenyamanan termal sebagai lingkungan *indoor* dimana faktor pribadi akan menghasilkan kondisi lingkungan termal yang dapat diterima hingga 80% atau lebih dari pengguna dalam sebuah ruangan. ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer) menyebutkan bahwa kenyamanan termal adalah kondisi pikir yang mengekspresikan kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya dengan sebuah tingkatan. Berdasarkan kesimpulan dari Lechner (2015), terdapat empat kondisi yang dapat menentukan kenyamanan termal di lingkungan yaitu:

1. Suhu udara

Sebanyak 80% orang memilih tingkat kenyamanan termal berada pada suhu 20°C saat musim dingin dan 25,5°C pada saat musim panas. Tetapi kenyamanan tersebut dapat berubah disebabkan oleh pakaian yang digunakan.

2. Kelembaban

Kelembaban dapat terlihat ketika terjadinya penguapan air dari kulit. Ketika kelembaban relatif 100%, maka penguapan dapat menyejukan badan. Kelembaban yang ideal yaitu di bawah 80% saat musim dingin dan dibawah 60% disaat musim panas. Semakin tinggi tingkat kelembaban akan semakin terasa tidak nyaman.

3. Kecepatan udara

Kecepatan udara menghilangkan panas baik secara konveksi maupun penguapan. Kecepatan dari udara tersebut dapat dikatakan nyaman jika kecepatannya sebesar 20 sampai 60 fpm.

4. *Mean Radian Temperature* (MRT)

MRT disebutkan sebagai temperatur yang seragam dari keadaan semu dimana perpindahan radiasi panas dari tubuh manusia sama dengan perpindahan radiasi panas dari keadaan sesungguhnya.

Untuk dapat mencapai kenyamanan termal di Indonesia, bahwa kondisi cuaca yang diperlukan yaitu suhu udara berada di antara 24°C sampai dengan 26°C. Untuk kelembapan ideal berada pada nilai 40% – 60% serta kecepatan udara berkisar antara 0,6 m/s – 1,5 m/s Latifah (2015). Kemudian Lippsmeier (1997) menyatakan bahwa batas kenyamanan termal untuk wilayah khatulistiwa berkisar antara 19°C TE – 26°C TE dengan kondisi suhu diluar itu menjadi:

- Suhu 26°C TE : Penghuni umumnya sudah berkeringat
 Suhu 26°C TE – 30°C TE : Daya tahan dan kemampuan kerja mulai menurun
 Suhu 33,5°C TE – 35,5°C TE : Kondisi lingkungan sekitar mulai tidak nyaman
 Suhu 35,5°C TE – 36°C TE : Kondisi lingkungan tidak memungkinkan nyaman

Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yang dirasakan oleh pengguna ruang menurut beberapa ahli yaitu:

Tabel 2.1 Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Szokolay	Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992), Standar Internasional (ISO 730:1994)	Humphreys dan Nicol
Iklm:	Iklm:	Iklm:
- Radiasi - Suhu udara - Kecepatan angin - Kelembaban udara	- Radiasi matahari - Suhu udara - Kecepatan angin - Kelembaban udara	- Radiasi matahari - Suhu udara - Kecepatan angin - Kelembaban udara
Individu:	Individu:	Individu:
- Pakaian - Aklimatisasi - Usia dan kelamin - Kegemukan - Kesehatan - Makanan&minuman - Suku bangsa	- Aktivitas - Pakaian	- Aktivitas - Pakaian - Adaptasi
		Lokasi geografis

Sumber: Talarosha (2005)

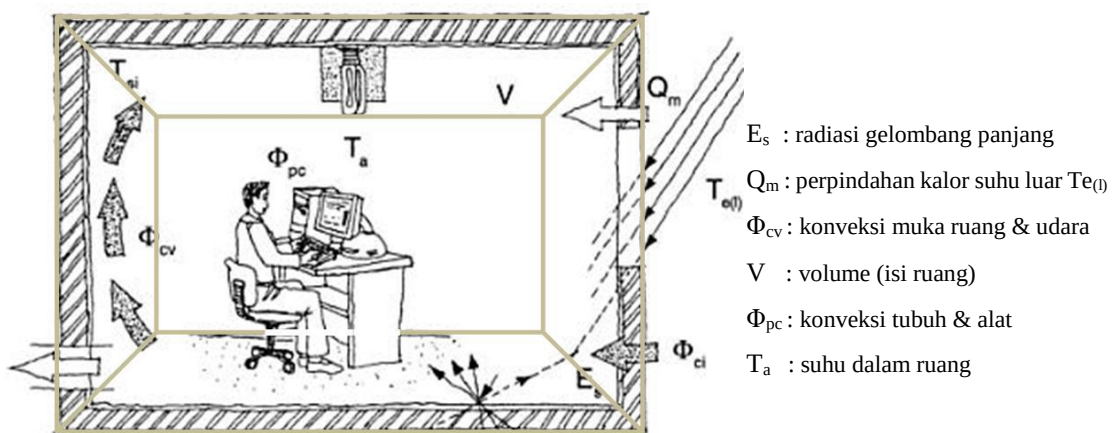
Pemaknaan kenyamanan thermal sebagai pengekspresian tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya menunjukkan bahwa kenyamanan thermal akan melibatkan tiga aspek yang meliputi fisik, fisiologis dan psikologis. Pengamatan yang berkaitan dengan kenyamanan termal pada umumnya menggunakan variabel berikut:

1. Variabel personal : tingkat metabolisme yang diwujudkan dalam variabel aktivitas, serta tingkat insulasi pakaian yang diwujudkan dalam variabel cara berpakaian.
2. Variabel iklim ruang : suhu udara, rata-rata suhu radiasi, kelembaban, pergerakan udara atau kecepatan angin.

Berdasarkan variabel tersebut, penelitian akan menggunakan variabel iklim ruangan sebagai patokan dari perhitungan termal ruang. Maka pengukuran mengenai kualitas kenyamanan termal akan berkaitan dengan empat variabel suhu udara, Suhu radiasi rata-rata, kelembaban dan pergerakan udara atau kecepatan angin. Adapun alat ukur fisik untuk mengukur tingkat kenyamanan termal yang digunakan di ruangan bervariasi bentuknya dari masing-masing peneliti tergantung dari tujuan penelitiannya.

2.2.1 Kenyamanan Termal Dalam Ruang

Definisi dari iklim dalam ruangan yang dapat diterima pada sebuah bangunan tidak hanya mementingkan kenyamanannya saja, namun juga memikirkan mengenai konsumsi energi di dalamnya serta memastikan keberlanjutannya (Humphreys & Nicol, 2001). Identifikasi pengukuran fisik dan verifikasi variabel termal menggunakan ASHRAE 55 dan ISO 7730 (ISO 1994). Lebih dari 90% kegiatan manusia dilakukan di dalam ruangan, sehingga mereka membutuhkan udara yang nyaman dalam ruang tempat mereka beraktivitas. Untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna bangunan, gedung yang berada di wilayah dataran rendah harus memiliki suhu maksimal 34°C DB dan 28°C WB (atau suhu rata-rata bulanan sekitar 28°C) (acuan menggunakan SNI 03-6197).



Gambar 2.1 Kenyamanan Termal Ruang

Sumber: Heinz Frick, 2008

Kenyamanan minimal yang seharusnya dipenuhi di dalam sebuah ruangan adalah kenyamanan termal secara fisiologis. Hal ini disebabkan karena secara fisiologis, termal sangat berperan pada kinerja pengguna bangunan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal dalam ruangan (Sugini, 2004) yaitu sebagai berikut:

- a. Radiasi gelombang panjang
- b. Konveksi permukaan dinding dan udara
- c. Konveksi pengguna dan peralatan
- d. Konveksi melalui dinding
- e. Perpindahan kalor dari suhu luar
- f. Suhu permukaan bidang dinding.

Sedangkan menurut Egan (1975), dari segi arsitektural terdapat pula faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal ruangan. Berikut ini merupakan faktor-faktor tersebut:

- a. Orientasi bangunan
 - 1) Orientasi bangunan terhadap matahari

Matahari sebagai sumber cahaya dan panas di bumi memberi pengaruh yang signifikan pada kondisi suhu ruangan suatu bangunan. Ditambah dengan keberadaan Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa menjadikan Indonesia negara yang disinari matahari di sepanjang tahunnya. Maka dari itu orientasi bangunan terhadap matahari sangat memberi dampak pada tingginya suhu udara di dalam ruangan.

Untuk menjaga kenyamanan suhu dalam ruangan, kontak bangunan dengan radiasi matahari harus diminimalisasi sebisa mungkin. Semakin luas area bangunan yang terkena paparan sinar matahari langsung, akan menyebabkan semakin tingginya suhu udara di dalam bangunan tersebut. Karena matahari berorientasi dari timur ke barat, bidang ter luas bangunan akan lebih baik jika di hadapkan ke arah utara dan selatan.

2) Orientasi bangunan terhadap angin

Angin merupakan salah satu elemen yang sering digunakan untuk penghawaan alami pada bangunan dengan fungsi-fungsi tertentu. Pemanfaatan angin sebagai penghawaan alami dapat melalui bukaan-bukaan pada sebuah bangunan. Tidak hanya berfungsi untuk penghawaan alami saja, namun angin dapat pula berperan untuk mengurangi tingkat kelembaban di dalam sebuah ruangan. Iklim tropis pada umumnya memiliki ciri-ciri yaitu kecepatannya yang relatif rendah.

Agar penghawaan alami dalam suatu bangunan dapat maksimal, maka orientasi bangunan juga harus memperhatikan arah datangnya angin. Semakin banyak bidang bangunan yang menghadap ke arah datangnya angin, maka semakin tinggi kemungkinan untuk masuknya penghawaan ke dalam bangunan. Sehingga sistem *cross ventilation* dapat diterapkan dalam desain bangunan tersebut.

b. Elemen Arsitektur

1) Pelindung matahari

Sun shading merupakan elemen bangunan yang mampu mereduksi radiasi matahari yang menyentuh ke permukaan bangunan. Penggunaan elemen ini biasanya diterapkan pada sisi bangunan yang paling banyak menerima radiasi sinar matahari atau pada sisi timur dan barat bangunan yang merupakan arah gerak dari matahari. Selain dari mengurangi jumlah radiasi matahari yang diterima, pembayang matahari dapat pula mengurangi sinar cahaya matahari yang berlebihan.

Selain pembayang matahari, efektivitas penggunaan elemen ini juga tergantung pada material yang digunakan, pemilihan warna dan lokasi penempatan. Warna-warna cerah seperti putih direkomendasikan untuk pengaplikasian pelindung matahari karena warna putih dapat memantulkan sinar matahari. Untuk mengukur tingkat efektivitas dari kinerja pelindung matahari, digunakan satuan berupa *shading coefficient* (SC). Berikut adalah tabel SC dari berbagai jenis pelindung matahari :

Tabel 2.2 Koefisien Pembayang Berbagai Jenis Pelindung Matahari

Shading Coefficient	Elemen Pelindung	Shading Coefficient
1	<i>Egg Crate</i>	0,10
2	Panel atau awning (warna muda)	0,15
3	<i>Horizontal louver overhang</i>	0,20
4	<i>Horizontal Louver Screen</i>	0,60 – 0,10
5	<i>Cantilever</i>	0,25
6	<i>Vertical louver</i> (permanen)	0,30
7	<i>Vertical Louver (Moveable)</i>	0,15 – 0,10

Sumber : Egan, 1975

Dari tabel di atas diketahui bahwa pembayang jenis *egg crate* dan *vertical louver (moveable)* merupakan jenis yang paling efektif jika dibandingkan pembayang jenis lain. Hal tersebut dapat terlihat dari angka SC pada pembayang sebesar 10%. Itu berarti hanya 10% radiasi matahari yang ditransmisikan ke dalam bangunan.

c. Elemen lanskap

1) Vegetasi

Cara lain untuk mencapai kenyamanan termal yaitu dengan memanfaatkan elemen lanskap yaitu vegetasi. Vegetasi memiliki variasi yang banyak yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan karakteristik dari tanaman tersebut. Vegetasi dengan jenis daun yang rimbun mampu mereduksi radiasi matahari ketika proses fotosintesis. Dengan adanya proses tersebut, radiasi matahari dapat berkurang karena diserap oleh vegetasi tersebut. Dengan adanya vegetasi, tidak hanya kondisi termal dalam ruangan tetapi termal lingkungan pun dapat terpengaruhi dengan adanya vegetasi. Bayangan yang dihasilkan dari tanaman mampu menghalangi panas matahari dan menjadi pendingin dari bangunan dan lingkungan sekitarnya. Berikut adalah tabel efektivitas penggunaan vegetasi sebagai pembayang matahari:

Tabel 2.3 Efektivitas Penggunaan Vegetasi

No	Elemen Pelindung	Shading Coefficient
1	Pohon tua (dengan efek pembayang yang besar)	0,25 – 0,20
2	Pohon muda (dengan sedikit efek pembayang)	0,60 – 0,50

Sumber : Egan, 1975

Pemilihan vegetasi dan pengaturan tata letak yang tepat juga mempengaruhi keberhasilan vegetasi dalam membuat bangunan lebih sejuk. Selain sebagai pelindung matahari, penggunaan vegetasi yang bergerombol dapat dimanfaatkan untuk elemen pemecah angin. Vegetasi sebagai pemecah angin dapat menurunkan kecepatan angin hingga sebesar 35%. hal ini dapat terjadi apabila jarak antara bangunan dengan pohon sebanyak 5 kali tinggi pohon.

2) Unsur air

Unsur air yang berada di sekitar bangunan dapat membantu menurunkan suhu di lingkungan tersebut. Salah satu cara untuk memanfaatkan unsur air yaitu dengan membuat kolam ataupun air mancur. Tetapi dengan kandungan air ini, pergerakan udara dalam ruangan harus diperhatikan karena air dapat meningkatkan kelembaban.

d. Material dan bahan bangunan

Material serta bahan bangunan termasuk unsur penting yang dapat mempengaruhi suhu udara di dalam ruangan. Dengan pemilihan material yang tepat, suhu ruang dapat meningkat atau menurun sesuai dengan sifat material yang digunakan. Panas dari lingkungan luar dapat masuk dalam bangunan melalui elemen dinding, kaca atau jendela melalui proses konduksi. Oleh karena itu diperlukan material yang bersifat dingin untuk menurunkan suhu bangunan.

Sumber panas yang terjadi melalui proses konduksi dapat berasal dari radiasi matahari yang diserap dinding maupun kaca. Jumlah radiasi yang tersalurkan dipengaruhi oleh jumlah luasan bidang pada selubung yang mengalami kontak langsung dengan radiasi matahari dan juga ketebalan dari material itu sendiri.

Menurut Karyono (2007), salah satu hal yang menyebabkan termal bangunan tidak nyaman adalah dikarenakan tingginya suhu pada luar bangunan. Selain itu, orientasi bangunan turut andil dalam mempengaruhi suhu pada sebuah bangunan. Pendekatan lainnya dapat dilakukan dengan penanaman tumbuhan hijau pada sekitar bangunan yang dapat membantu menurunkan suhu pada luar bangunan.

Pada dasarnya, untuk menurunkan panas di dalam sebuah bangunan dilakukan dengan mengurangi perolehan panas atau *heat gain* dari radiasi matahari. Sinar matahari yang masuk secara berlebihan dapat dengan mudah menaikkan suhu di dalam ruangan. Terutama pada dinding kaca yang tidak dapat meneruskan gelombang panas sehingga suhu panas terperangkap di dalam ruangan. Salah satu solusi untuk menurunkan panas tersebut yaitu dengan menggunakan pendingin ruangan (AC). Namun pada penggunaannya, energi yang diperlukan cukup besar. Untuk hal itu Karyono (2007) berpendapat bahwa radiasi matahari pada bangunan dapat dikurangi dengan adanya pembayangan pada bangunan. Pembayangan tersebut dapat berasal dari bangunan lain yang berdekatan, atau dari pohon-pohon besar yang teduh. Hal ini dapat membantu agar suhu dalam ruang bangunan bisa turun.

Berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia), tepatnya SNI 03-6572-2001 mengenai tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung terdapat beberapa tingkatan kenyamanan termal. Tingkatan tersebut menunjukkan rentang suhu yang dapat dirasa nyaman oleh pengguna ruangan. Adapun pembagiannya adalah sebagai berikut:

- a. Sejuk nyaman : temperatur efektif antara 20,5°C – 22,8°C
- b. Nyaman optimal : temperatur efektif antara 22,8°C – 25,8°C
- c. Hangat nyaman : temperatur efektif antara 25,8°C – 27,1°C

Menurut Latifah (2015), ketidaknyamanan termal pada bangunan harus diantisipasi. Teknik pasif merupakan alternatif utama dalam rangka mencapai

kenyamanan termal. Dengan teknik pasif yang dilakukan melalui desain bangunan dan lingkungan yang tepat, strategi pengendalian termal dapat dilakukan. Strategi tersebut merupakan kondisi dimana iklim pada sebuah bangunan serta lingkungannya dimodifikasi menjadi iklim mikro yang dapat menunjang kenyamanan termal itu sendiri. Antisipasi kendala termal (pasif maupun aktif) di Indonesia meliputi:

- a. Pengurangan perolehan panas yang di dapat dari radiasi matahari (*heat gain*)
- b. Meningkatkan efek pendinginan bangunan secara pasif
- c. Mengoptimalkan sistem penghawaan alami pada bangunan

2.3 HEMAT ENERGI PADA BANGUNAN

Arsitektur yang hemat energi dapat diartikan sebagai arsitektur yang berlandaskan pada sebuah pemikiran mengenai bagaimana meminimalisasi penggunaan energi tanpa perlu membatasi ataupun merubah fungsi sebuah bangunan maupun kenyamanan dan produktivitas dari penghuninya (Priatman, 2002). Pendekatan hemat energi dapat dilakukan dengan memanfaatkan sains dan teknologi untuk membantu dalam prosesnya. Umumnya pada proses menuju hemat energi, pendekatan yang dilakukan dapat melalui sistem tata udara maupun sistem tata cahaya, terutama peran sistem tersebut secara alami.

Gonzalo (2006) mengatakan bahwa bangunan hemat energi merupakan bangunan dengan keseimbangan energi. Terdapat beberapa faktor yang menunjukkan bahwa sebuah bangunan mengarah kepada hemat energi. Salah satunya yaitu menghindari panas berlebih dalam bangunan atau *overheating*. Adanya pelindung dari panas matahari serta silau juga merupakan salah satu faktornya. Selain itu faktor lainnya adalah adanya fleksibilitas dalam penggantian dan perawatan alat tanpa mengkonsumsi energi yang berlebih.

Keseimbangan energi merupakan keseimbangan yang ada antara energi keluar berbanding dengan energi yang masuk dalam sebuah bangunan. Keseimbangan yang baik dapat dipengaruhi oleh perencanaan, teknologi serta konstruksi bangunan. Bangunan komersial memiliki beban internal yang terbilang tinggi sehingga desain harus menyeimbangkan dengan kondisi bangunan itu sendiri (Gonzalo, 2006).

2.3.1 Peluang Penghematan Energi Hotel dengan Fasade

Pada sebuah bangunan hotel, penggunaan energi yang efisien diartikan sebagai energi yang dapat memenuhi kebutuhan tamunya yang dioperasikan seoptimal mungkin tanpa perlu adanya energi yang terbuang atau berlebihan. Sehingga dikatakan bahwa fokus penghematan energi yang tidak memperhatikan kepuasan dari tamu hotel bukanlah sebuah bentuk efisiensi energi. Dalam praktiknya, ICED (2015) mengatakan terdapat empat prinsip yang dikedepankan dalam penghematan energi sebuah hotel yaitu: kenyamanan, keselamatan, keindahan/estetika dan kelancaran staf bekerja.

Sistem tata udara dalam sebuah hotel memang dirancang untuk mengutamakan kenyamanan dan kepuasan para tamu. Selain untuk menjaga kenyamanan termal, sistem tata udara juga membantu dalam menjaga kebersihan

serta kesegaran udara di dalam hotel. Bukan hanya bertujuan untuk mencapai suhu yang nyaman, udara yang bersih dapat menjaga kesehatan dan mengatasi bau tidak sedap. Sehingga kualitas dari sistem tata udara harus tetap dijaga dalam pengoperasian sebuah hotel. Untuk menghemat energi untuk sistem tata udara salah satunya dapat dilakukan dengan pendekatan tidak langsung dari selubung bangunan.

Sistem selubung bangunan atau yang juga dikenal sebagai fasade bangunan merupakan pemisah fisik antara ruang yang terkondisikan dengan yang tidak terkondisikan oleh pendingin udara. Selubung tersebut dapat berupa dinding, jendela dan atap tembus atau tidak tembus cahaya. Selubung bangunan atau fasade yang baik dapat memberikan perlindungan untuk termal interior serta mengurangi beban pendinginan oleh AC sehingga kenyamanan termal dalam ruang tetap terjaga. Selain itu juga dapat membatasi perpindahan udara, air, panas, cahaya serta kebisingan dari luar ruangan.

Desain fasade yang kurang baik dapat meningkatkan panas dari luar bangunan yang menyebabkan meningkatnya beban pendinginan pada gedung. Menurut ICED (2015) terdapat beberapa alternatif penghematan energi pada sistem selubung atau fasad bangunan:

1. Alat peneduh pada luar jendela untuk meminimalisasi radiasi matahari.
2. Kaca gelas berlapis ganda, atau pelapisan kaca film untuk jendela.

Kaca gelas pada umumnya bukan material yang mampu menahan panas dengan baik. Dengan menggunakan kaca yang berlapis ganda dapat terjadi penurunan perpindahan panas. Dengan kaca ganda, *U-value* dari kaca tersebut akan lebih rendah sehingga lebih banyak radiasi matahari yg dapat ditahan. Kaca film juga dapat mengurangi banyaknya radiasi matahari yang masuk.

3. Mengganti material kaca untuk menurunkan *overall thermal transfer value*.
 - a. Kaca gelas rendah emisi (*low-e glass*)

Kaca gelas yang rendah emisi merupakan kaca yang dilapisi beberapa lapisan logam atau lapisan campuran logam. Memiliki kemampuan untuk meneruskan cahaya tampak namun memantulkan radiasi panas infra merah. Karakteristik umumnya yaitu artistik, memiliki kekuatan dan keamanan yang tinggi serta memiliki daya tahan terhadap termal.

b. Kaca gelas pemantul sinar matahari (*reflective glass*)..

Kaca gelas jenis ini mampu menyerap serta merefleksikan sebagian besar dari panas radiasi matahari dengan lebih efektif jika dibandingkan kaca biasa. Tampilannya menyerupai cermin dikarenakan penggunaan lapisan logam selama atau setelah fabrikasi kaca tersebut.

4. Material dinding luar penahan panas atau isolasi termal yang lebih baik.

Material konstruksi dapat menentukan kapasitas penyerapan dan penyimpanan panas pada bangunan. Dengan menggunakan batu bata modern berefisiensi energi tinggi dapat menghasilkan kapasitas yang lebih baik. Penggunaan ini disarankan untuk pekerjaan perbaikan dan renovasi gedung.

5. Tanaman pada dinding atap untuk isolasi termal.

Tanaman hijau pada atap dapat memperpanjang usia pakai dari atap, meningkatkan kemampuan kedap suara, mengurangi beban pendinginan bangunan serta menangkap polusi gas dan partikulat.

6. Perbaikan isolasi dinding, jendela dan pintu untuk mengurangi infiltrasi.

7. Warna cat dinding luar diganti menjadi warna yang lebih terang.

Warna cat yang gelap memiliki sifat yang dapat menyebabkan terserapnya radiasi dan panas matahari ke dalam bangunan. Sedangkan dengan menggunakan cat berwarna terang akan menimbulkan efek pemantulan radiasi matahari sehingga beban pendinginan berkurang.

8. Mengurangi rasio luas jendela dan dinding luar / WWR (*window wall ratio*).

9. Kombinasi pengaruh WWR dan SHGC (*solar heat gain coefficient*).

2.3.2 Beban Pendinginan

Proses pendinginan ruangan menggunakan AC dilakukan melalui proses yaitu udara panas dalam ruangan dihisap dan diolah oleh komponen AC untuk dibuang ke luar. Udara panas inilah yang menjadi beban pendinginan pada AC yang harus dikeluarkan supaya suhu udara dalam ruangan menjadi suhu nyaman. Beban pendinginan pada sebuah bangunan gedung terdiri dari dua yaitu beban internal dan beban eksternal. Beban internal merupakan beban yang ditimbulkan oleh lampu, penghuni serta peralatan-peralatan yang menghasilkan panas. Sedangkan beban eksternal yaitu panas yang memasuki bangunan yang diakibatkan oleh radiasi matahari. Radiasi matahari sendiri dapat masuk melalui jendela atau bukaan lain, perpindahan panas pada dinding melalui konduksi serta panas yang dibawa oleh

udara dari ventilasi/infiltrasi (Budhyowati, 2016). Komponen yang mempengaruhi beban pendinginan:

1. Beban selubung bangunan
2. Beban listrik pencahayaan
3. Beban penghuni
4. Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi
5. Beban lain-lain dan beban system

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari sebuah benda yang memiliki suhu yang lebih tinggi menuju ke benda dengan suhu yang lebih rendah jika kedua benda tersebut bersentuhan. Kalor biasanya dihitung dalam satuan kalori, dimana satu kalor digambarkan sebagai jumlah kalor yang perlu dikerahkan untuk menaikkan suhu satu gram air sebesar 1°C. Dalam satuan SI, kalor dinyatakan sebagai Joule (J). dari hasil percobaan James Presscott Joule, 1 kalori dapat juga disamakan dengan 4.186 Joule (Giancoli, 2001).

Jika terdapat dua benda yang mengalami kontak langsung, dengan memiliki suhu yang berbeda, maka akan terjadi perpindahan kalor diantara keduanya. Kalor sendiri merupakan energi yang berpindah dikarenakan adanya perbedaan suhu tersebut. Perubahan suhu pada sebuah benda yang menerima atau melepaskan kalor membuktikan bahwa kalor mempengaruhi perubahan suhu suatu benda. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa penambahan kalor (Q) berbanding lurus dengan perubahan suhu (ΔT) suatu benda. Dalam rumus perhitungan energi kalor persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Energi kalor dalam satuan Joule (Q) dipengaruhi oleh tiga nilai pada rumus yaitu massa benda (m), kalor jenis benda (c), dan juga kenaikan suhu benda (ΔT). massa dari benda terukur mempengaruhi seberapa besar kalor yang diperlukan untuk menaikkan atau menurunkan suhu benda tersebut. Semakin besar massa bendanya, maka semakin besar pula total kalor yang diperlukan.

Kalor jenis merupakan kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu zat dengan massa 1 kg sebesar 1°C. Merupakan sebuah ketetapan yang menjadi khas untuk tiap zat. Kalor jenis tiap benda berbeda sesuai dengan karakteristik dari zat tersebut. Azas black merupakan ketentuan yang berlaku pada prinsip energi panas atau kalor. Secara mudah, dimisalkan segelas air panas ketika dicampur dengan air dingin maka setelah berapa waktu akan berubah menjadi air hangat. Pencampuran kedua air tersebut menunjukkan pelepasan kalor oleh air panas dan penerimaan kalor oleh air dingin yang menjadikan suhu air tersebut berada di tengah keduanya. Prinsip ini menjelaskan kekekalan energi; Q lepas sama dengan Q terima.

$$Q_{Lepas} = Q_{Terima}$$

$$m. c . \Delta T = m. c . \Delta T$$

Keterangan :

Q	: Energi kalor (J)	c	: Kalor jenis (J/Kg°C)
m	: Massa benda (Kg)	ΔT	: selisih suhu (T ₁ – T)

2.4 FASADE BANGUNAN

Kata fasade berasal dari Perancis (*façade*) yang mengambil kata dari bahasa Italia yaitu *facciata* atau *faccia*. Setelah itu diubah menjadi bahasa arsitektur sehingga fasade merupakan wajah bangunan atau bagian depan dari sebuah bangunan (Sastra M., 2013). Sedangkan menurut Krier (1983), fasade memiliki makna yang berasal dari kata latin *facies* yang juga disamakan artinya dengan *face* atau *appearance*. Dari arti inilah fasade dapat digambarkan sebagai tampilan depan yang terlihat langsung dari sebuah bangunan.

Fasade merupakan salah satu dari elemen bangunan yang memiliki peran penting karena mampu menunjukkan fungsi serta makna dari suatu bangunan. Sering kali pula fasade dikatakan sebagai wajah dari bangunan yang pertama tertangkap mata. Secara garis besar fasade memiliki peran sebagai berikut:

1. Berfungsi sebagai ornamen dan dekorasi bangunan
2. Berperan untuk memenuhi kebutuhan fungsi bangunan
3. Menggambarkan aspek kultural, kondisi dan era pembangunan dari bangunan
4. Menunjukkan kriteria dan identitas dari sebuah bangunan.

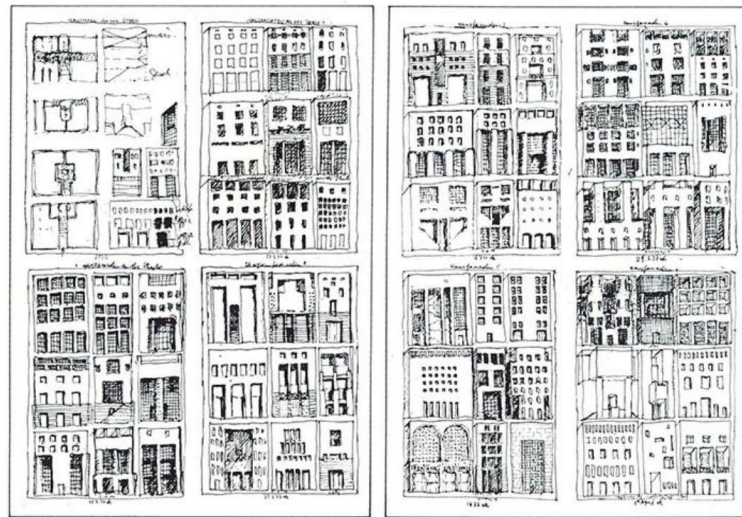
2.4.1 Komposisi Fasade Bangunan

Dalam perancangannya, komposisi fasade harus memiliki kesatuan di dalamnya untuk memunculkan hasil yang harmonis dengan mempertimbangkan proporsi yang baik, struktur vertikal dan horizontal, material, warna dan dekorasi bangunan. Hal penting lainnya untuk fasade yang lebih baik adalah memperhatikan proporsi, bukaan, tinggi bangunan, prinsip perulangan, keseimbangan komposisi dan juga tema yang termasuk ke dalam variasi (Krier, 1983). Berdasarkan kebutuhan fungsional, komposisi fasade dibagi ke dalam empat kategori yaitu:

- a. Jendela
- b. Bukaan pintu
- c. Pembayang matahari
- d. Area atap

Dominasi, perulangan dan kesinambungan merupakan prinsip dari komposisi yang perlu diperhatikan untuk menghasilkan kesatuan yang harmonis. Keterkaitan visual diperlukan untuk mewujudkan satu-kesatuan sebuah desain. Karakteristik visual untuk mencapainya terdiri dari penggunaan material, warna serta elemen dekoratif tertentu. Sedangkan unsur vertikal dan horizontal yang terstruktur memiliki

korelasi dengan konfigurasi unsur bidang fasade diantaranya seperti jendela, pintu dan *sunblinds* (Pujantara, 2013). Proporsi yang di maksud oleh Krier (1983) bukan hanya dari pandangan fasade itu sendiri, melainkan bagaimana kesesuaian dengan seluruh bagian dari sebuah bangunan. Dengan menambahkan proporsi sebagai pertimbangan dalam menciptakan fasade, akan menghasilkan desain yang harmonis dan seimbang. Aspek penting dari penataan fasade yaitu membedakan antara struktur vertikal dan struktur horizontal. Tetapi keduanya harus memadai kebutuhan struktural bangunan itu sendiri. Elemen struktur sendiri juga dapat dijadikan sebagai atribut dari fasade. Ditambah dengan dekorasi fasade yang menyesuaikan dengan desain bangunan serta pemilihan warna yang sesuai dan material yang tepat, maka desain fasade yang baik akan tercipta.



Gambar 2.2 Tipologi Fasade

Sumber : Krier, 1983

Menurut Ching (1979) untuk membuat suatu fasade bangunan agar dapat diolah dan dimodifikasi, perlu adanya perhatian pada: wujud, ukuran, warna, tekstur, posisi, orieantasi dan inersia visual dari bentukan fasade. Pengaruh lingkungan juga dapat dijadikan pertimbangan agar desain fasade dapat mengikuti selera sesuai pada masa pembangunannya. Dalam melakukan studi terhadap fasade arsitektur menurut Ching (1979), klasifikasi dapat dilakukan dengan melalui prinsip gagasan formatif yang menekankan pada hal berikut ini:

1. Geometri

Geometri pada fasade merupakan gagasan formatif dalam suatu bidang atau benda pada lingkungan binaan, segi tiga, lingkaran, segi empat dan sebagainya.

2. Simetri

Kesimetrisan mengarahkan desain dengan melalui keseimbangan pada bentukan bentukan itu sendiri yang terbagi menjadi: keseimbangan mutlak, keseimbangan geometri dan keseimbangan diagonal.

3. Kontras kedalaman

Gagasan ini mempertimbangkan hal seperti warna dan pencahayaan. Membedakan antara yang terang dan yang gelap dengan tingkatan: sangat gelap, gelap dan terang.

4. Ritme

Menunjukkan adanya pengulangan pola ataupun bentuk yang digambarkan baik dalam skala besar maupun skala kecil. Jika ukuran skala ritme sedikit, maka disebut sebagai ritme monoton. Jika pengulangan yang terjadi banyak dan dalam skala besar maka dikategorikan sebagai ritme dinamis.

5. Proporsi

Perbandingan dari suatu bagian dalam sebuah bangunan dengan bagian lainnya. Dalam hal ini proporsi yang dibicarakan terutama proporsi pada bagian fasade terhadap bangunan ataupun terhadap bagian fasade lainnya. Tidak terdapat patokan atau batasan yang signifikan akan kesesuaian proporsi bangunan karena semua tergantung oleh desain dari perancang.

6. Skala

Perbandingan yang ditunjukkan yaitu antara elemen bangunan ataupun ruang, dengan elemen tertentu secara terukur. Dalam fasade, skala berfungsi sebagai proporsi yang digunakan untuk menetapkan ukuran dan dimensi dari elemen fasade itu sendiri.

Sedangkan menurut Ardiani (2009), elemen-elemen yang perlu diperhatikan dalam meneliti fasade sebuah bangunan adalah sebagai berikut:

1. Proporsi fasade

Proporsi fasade yang dimaksud adalah termasuk pada elemen: bukaan, lokasi pintu masuk, ukuran pintu dan rasio dinding yang dipengaruhi oleh jendela. Proporsi lainnya yang harus diperhatikan yaitu proporsi bahan bangunan, bagaimana permukaan material serta teksturnya dapat mempengaruhi motif.

Selain itu proporsi warna yang digunakan pada fasade patut menjadi elemen yang diperhatikan.

2. Komposisi massa bangunan

Komposisi dari tinggi sebuah bangunan dapat menciptakan skala yang baik terhadap bangunan sekitarnya dan juga terhadap skala manusia. Garis sempadan bangunan harus diperhatikan karena merupakan komposisi yang mengatur jarak bangunan. Tak ketinggalan juga komposisi dari bentukan massa bangunan itu sendiri.

3. Lain-lain

Elemen lain yang perlu diperhatikan adalah langgam arsitektur dari bangunan itu sendiri serta harus memperhatikan bagaimana penataan dari *landscape* bangunan.

Bentuk, volume serta luas dari sebuah fasade bangunan dapat menentukan seberapa besar perolehan ataupun pelepasan energi radiasi panas matahari oleh selubung bangunan. Dalam perancangannya, bentuk dan luas fasade yang berbeda meskipun dengan volume yang sama, dapat menghasilkan efek yang berbeda pula pada bangunan. Hal ini tak luput juga dipengaruhi oleh desain dari bangunan itu sendiri. Agar tercapai kenyamanan termal dengan bantuan dari fasade, maka baik bentuk, volume maupun luas fasade bangunan harus disesuaikan dengan lokasi bangunan serta kondisi dari tapak tersebut. Selain itu kondisi iklim dan cuaca tapak juga perlu diperhatikan agar penggunaan radiasi panas dan angin dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mengurangi panas bangunan (Latifah, 2015).

2.4.2 Fasade Sebagai Pengendali Termal

Menurut Latifah (2015) terdapat beberapa strategi pengendalian termal yang dapat dilakukan untuk iklim tropis basah seperti Indonesia. Strategi tersebut dibagi menjadi beberapa aspek sesuai dengan pendekatannya untuk mengendalikan termal. Adapun kebanyakan dari strategi tersebut merupakan materi yang dapat diaplikasikan pada fasade bangunan.

1. *Shade & filter*

Kata *shade* yang dimaksud merupakan strategi pengendalian termal yang menggunakan *sun shader*. Dimana *sun shader* ini merupakan komponen pada fasade bangunan yang memiliki fungsi sebagai pembayang dari sinar matahari.

Pembayang ini bersifat masif tanpa adanya lubang menyebabkan sinar matahari tidak diteruskan. Sedangkan *filter* merupakan strategi yang menggunakan *sun filter*. Perbedaan diantara keduanya yaitu *sun filter* berfungsi untuk menyaring sinar matahari, tidak bersifat masif sehingga masih memiliki lubang atau transparan. Sehingga radiasi panas matahari masih ada yang dapat memasuki ruang bangunan. Strategi *shade & filter* sendiri terdiri atas:

- a. *Shading devices*
- b. *Recessed sun spaces*
- c. *Transitional skin*
- d. *Secondary skin*
- e. *Double glass*
- f. *Absorbing & reflective glass*
- g. *Low-e glass*
- h. Pemilihan kaca

Pada strategi melalui *shading devices* atau peneduh matahari terdapat pertimbangan dalam menentukan dimensinya. Pertimbangan dalam membuat peneduh terkait dengan sudut jatuh matahari ke dalam bangunan, kebutuhan *view* pengguna dan kebutuhan estetika yang harus proporsional dengan fasade.

Melalui strategi *secondary skin* atau sering juga disebut dengan *double skin fasade* secara mudah dijelaskan sebagai dinding tambahan yang terpasang di atas dinding eksisting. Komponen utama dari *secondary skin* adalah dinding terluar sebagai dinding tambahan, jarak atau *air gap* dan dinding dalam sebagai dinding eksisting. Pada pengaplikasiannya, jarak di antara kedua dinding berperan sebagai insulasi bangunan yang dapat membantu mengurangi panas dalam bangunan.

Sedangkan untuk strategi menggunakan pemilihan kaca, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangan dalam pemilihan. Perlu diketahui kemampuan kaca melalui *selectivity* yaitu rasio perbandingan antara angka *transmittance* terhadap angka *solar factor*. Perlu juga diketahui perolehan kenyamanan termal dan efek silau yang dihasilkan. Energi operasional bangunan dan maintenance dari kaca juga patut diperhatikan.

2. *Thermal insulation*

Merupakan strategi pengendalian termal dengan cara melalui penggunaan material yang memiliki kemampuan untuk mereduksi atau mengurangi perpindahan panas dari luar ke dalam bangunan. Dinding insulatif, zona, orientasi bangunan dan zona *core* termasuk ke dalam strategi insulasi termal. Kemampuan insulasi termal dari sebuah material ditentukan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- a. Konduktivitas panas (*thermal conductivity*)
- b. Kerapatan massa (*density*)
- c. Transmittans panas (*thermal transmittance*)
- d. Kapasitas panas spesifik (*specific heat capacity*)

3. *Green*

Green yang di maksud merupakan strategi pengendalian termal dengan menggunakan vegetasi yang diaplikasikan ke dalam desain bangunan. Strategi ini terbagi menjadi tiga, yaitu pengaplikasian vegetasi dengan pendekatan pada lanskap, *green roof & sky court* serta pada dinding hijau.

Pengaplikasian vegetasi pada lanskap ditujukan untuk menciptakan iklim mikro yang mempermudah pencapaian menuju kenyamanan termal. Untuk *green roof* atau atap hijau dapat diaplikasikan jenis-jenis vegetasi keras (*intensive garden*) atau vegetasi yang berjenis lunak (*extensive garden*) yang ditentukan sesuai kebutuhan. Sedangkan *sky court* yang berarti juga tanaman gantung merupakan strategi yang mengadakan vegetasi pada *recessed sun space* (balkon) dan *transitional spaces* (ruang transisi) untuk memperhijau serta mempengaruhi termal ruang.

Strategi terakhir yaitu dinding hijau merupakan pengaplikasian vegetasi pada fasade bangunan atau dinding bangunan. Dengan menambahkan vegetasi pada fasade dapat diperoleh insulasi termal dan *passive cooling* yang akan membentuk iklim mikro. Terdapat dua cara pengaplikasian yaitu dengan cara dinding fasad langsung dirambati oleh vegetasi dan yang kedua dengan cara membuat dinding modular untuk menanam vegetasi pada fasade (Latifah, 2015).

2.5 PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi serta acuan dalam melakukan penelitian. Dengan penelitian terdahulu yang memiliki bahasan serupa maka dapat memperdalam lagi prinsip-prinsip yang sesuai dengan penelitian ini. Selain itu dapat juga dipelajari untuk memperbaiki aspek-aspek yang masih kurang pada penulisan penelitian terdahulu tersebut. Referensi penelitian tidak harus sama persis namun harus relevan. Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang dapat membantu pengerjaan penelitian ini.

Attar (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Kenyamanan Termal Ruang Kuliah dengan Pengondisian Buatan” memaparkan mengenai kondisi temperatur ruang kuliah yang tidak berada dalam kondisi yang dapat disebut nyaman secara termal. Di Indonesia, cukup sulit untuk mencapai kenyamanan termal tanpa adanya pengkondisian udara buatan. Tetapi dengan penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan pemborosan energi. Penelitian penulis bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energi yang diperlukan pengkondisi buatan untuk mencapai kenyamanan termal secara optimal. Data yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya suhu lingkungan dan suhu ruangan serta kelembapannya. Selain itu diperlukan juga ukuran dimensi ruang, bukaan dan juga orientasi bangunan. Analisis yang akan dilakukan yaitu membandingkan suhu ruang dengan standar kenyamanan termal.

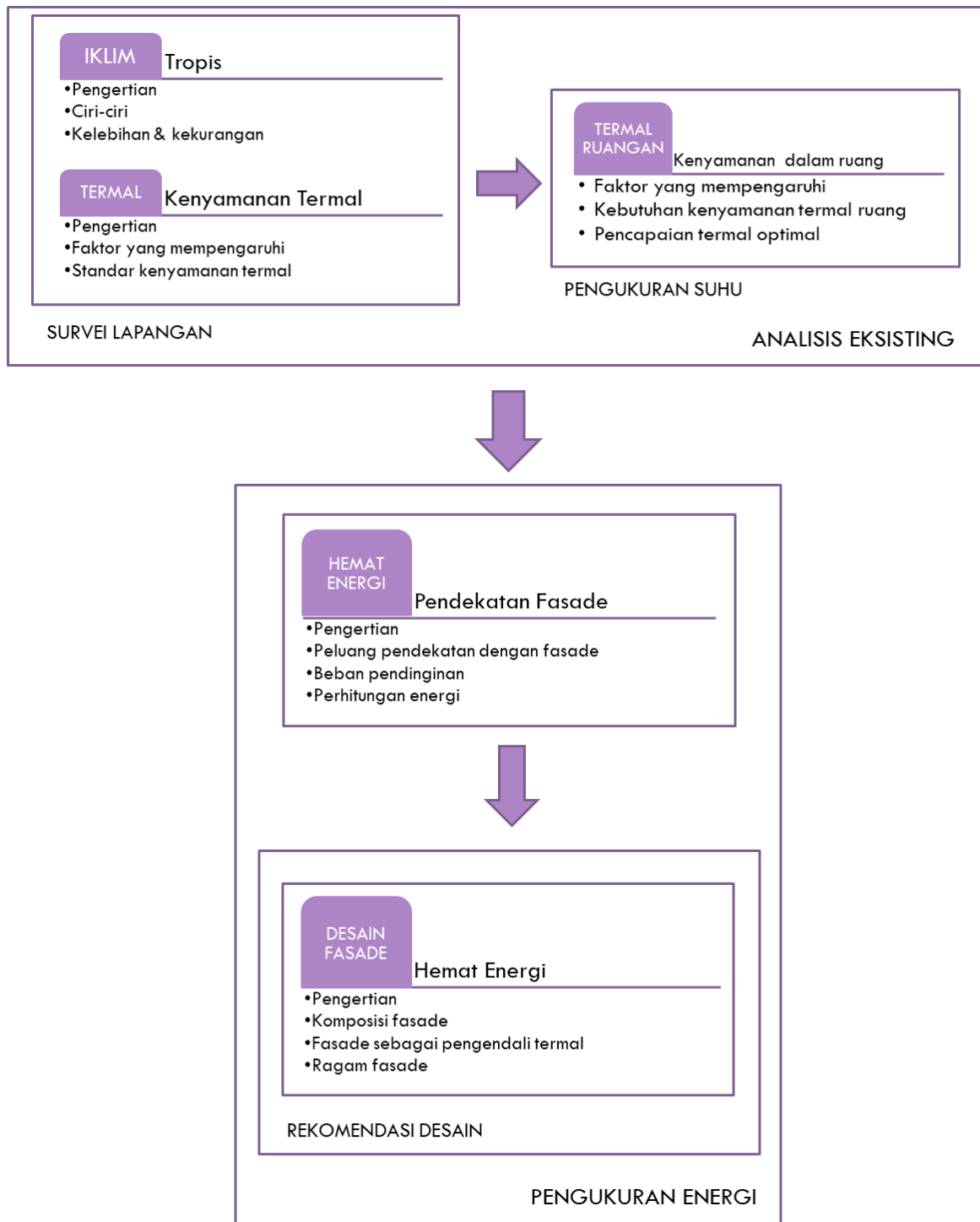
Pengukuran ruang kuliah dikondisikan kosong tanpa penghuni dengan menggunakan ventilasi alami selama dua hari. Tidak adanya aliran udara serta radiasi matahari menjadi salah satu penyebab tingginya suhu dalam ruang. Setelah itu dilakukan perhitungan seberapa besar beban energi yang dibutuhkan agar ruangan terasa nyaman. Namun perhitungan beban dibatasi hanya pada beban energi yang dibutuhkan oleh pendingin ruangan (AC). Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q	: Penambahan/pengurangan energi	c	: Kalor jenis (J/Kg°C)
m	: Massa benda (Kg)		kalor jenis udara 1005 joule/(kg°C)
	massa = volume x berat jenis	ΔT	: selisih suhu ($T_1 - T$)
	berat jenis udara 1.2kg/m ³		

2.6 KERANGKA TEORI



Gambar 2.3 Kerangka Teori

