

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kenyamanan Termal

2.1.1. Pengertian

Menurut James (2008) untuk menyelenggarakan aktivitasnya di dalam ruang agar terlaksanakan secara baik, manusia memerlukan kondisi fisik tertentu di sekitarnya yang dianggap nyaman. Salah satu persyaratan kondisi fisik yang nyaman adalah suhu nyaman, yaitu suhu kondisi termal udara di dalam ruang yang tidak mengganggu tubuhnya. Suhu ruang yang terlalu rendah akan mengakibatkan kedinginan atau menggigil, sehingga kemampuan beraktivitas menurun. Sementara itu, suhu ruang yang tinggi akan mengakibatkan kepanasan dan tubuh berkeringat, sehingga mengganggu aktivitas juga. Dapat dikatakan kondisi kerja akan menurun atau tidak maksimum pada kondisi udara yang tidak nyaman (Rilatupa, 2008)

Sebagaimana juga ASHRAE (American Standard of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers - ASHRAE Standard 55). Adapun yang dijadikan tolok ukur untuk menentukan rasa nyaman secara fisis adalah perubahan-perubahan yang terjadi pada karakteristik biologis seseorang. Yakni sebuah tanggapan sensorial secara biologis terhadap keadaan atau lingkungan termal di sekitarnya. Kemampuan dalam hal menjaga keseimbangan termal antara tubuh manusia dengan lingkungan disekitarnya merupakan salah satu prasyarat pemenuhan kesehatan, serta kenyamanan. (Syafriy, R., Sangkertadi, 2012)

Selain itu, berdasarkan standar yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001, ada tingkatan temperatur yang nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban / RH (%)
Sejuk Nyaman	20,5°C TE – 22,8°C TE	50 %
Ambang Atas	24°C TE	80 %
Nyaman Optimal	22,8°C TE – 25,8°C TE	70 %
Ambang Atas	28°C TE	
Hangat Nyaman	25,8°C TE – 27,1°C TE	60 %
Ambang Atas	31°C TE	

Tabel 2.1 Batas kenyamanan termal menurut SNI 03-6572-2001

2.1.2. Pengaruh Kenyamanan Termal

Menurut Basaria (2005) Pengkondisian lingkungan di dalam bangunan secara arsitektural dapat dilakukan dengan mempertimbangkan perletakan bangunan (orientasi bangunan terhadap matahari dan angin), pemanfaatan elemen-elemen arsitektur dan lansekap serta pemakaian material/bahan bangunan yang sesuai dengan karakter iklim tropis panas lembab. Melalui ke-empat hal di atas, temperatur di dalam ruangan dapat diturunkan beberapa derajat tanpa bantuan peralatan mekanis.

Menurut Fanger (1982), kenyamanan termal mengacu pada tingkat metabolisme yang dapat dinilai dengan variabel yang meliputi kegiatan, ketahanan pakaian, suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan aliran udara, dan intensitas cahaya. Dua kelompok variabel yaitu (1) fisiologis pribadi meliputi kegiatan/aktivitas dan tahanan panas pakaian, dan 2) variabel iklim yang meliputi suhu udara, kecepatan udara, kelembaban relatif dan suhu radiasi membantu untuk mendefinisikan harapan kenyamanan termal (Humphreys & Nicol, 2002).

2.2. Iklim

Indonesia, Malaysia dan Singapura merupakan bagian negara yang beriklim tropis lembab, dengan posisi antara 1 sampai 11° Lintang Utara. Suhu rata-rata tahunan mencapai 26 - 27° C dan suhu siang hari tertinggi mencapai 34° C sedangkan kelembaban relatif antara 70 – 90 % (Sabarinah dan Ahmad, 2006. Sementara itu di Indonesia pada daerah-daerah tertentu (Surabaya-Indonesia misalnya) suhu udara maksimal dapat mencapai 36,4° C dengan kelembaban mencapai 85 % (Wijaya, 2007)

Penelitian ini dilakukan di kota Malang dengan iklim tropis basah. Suhu dan kelembapan di kota Malang cukup tinggi karena Kota Malang merupakan kota yang berada di dataran tinggi. Suhu rata-rata di Kota Malang sebagaimana diukur oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) mencatat suhu rata-rata Kota Malang sepanjang tahun sebagai berikut:

Tabel 2.2 Suhu rata-rata Kota Malang

Bulan	Suhu Rata - Rata (Celcius)	Suhu Rata - Rata(Farenheit)
Januari	24.0	75.2
Februari	24.1	75.4
Maret	24.0	75.2
April	24.0	75.2
Mei	23.9	75.0
Juni	23.2	73.8
Juli	22.4	72.3
Agustus	23.2	73.8
September	23.6	74.5
Oktober	24.3	75.7
November	24.3	75.7
Desember	23.8	74.8

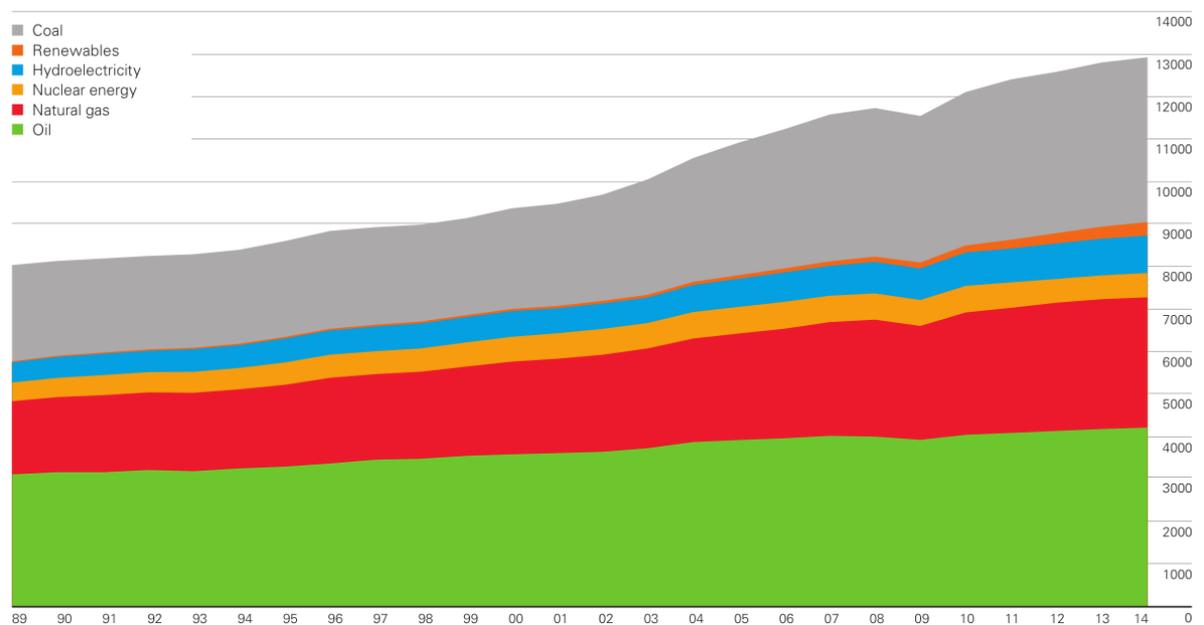
sumber: BMKG 2015

2.3. Keterbatasan Energi

2.3.1. Sumber daya alam

Penggunaan sumber daya alam terbesar adalah batubara (Coal) dan semakin meningkat setiap tahunnya sedangkan tambang batubara yang tersedia di bumi terbatas, dengan terbatasnya sumber daya alam yang tersedia maka penggunaan energi harus dikurangi agar sumber daya alam tidak habis dalam jangka waktu dekat.

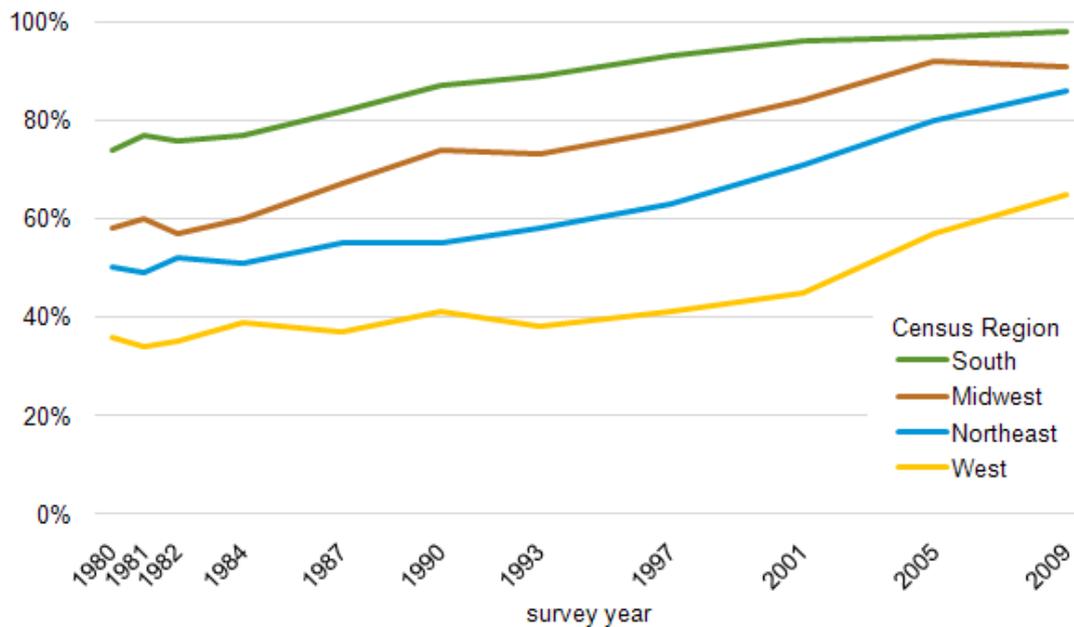
Penggunaan energi yang berlebihan merupakan salah satu penyebab meningkatnya penggunaan sumber daya alam hal itu disebabkan perkembangan teknologi yang membutuhkan energi lebih dari tahun ke tahun. Berbagai cara dilakukan untuk mengurangi penggunaan energi yaitu dengan melakukan pemadaman listrik (Earth Hour), sosialisasi tentang pengurangan konsumsi energy, hingga munculnya gerakan Go Green, namun hal tersebut kurang efektif untuk mengurangi penggunaan energi.



Grafik 2.1 Penggunaan Sumber Daya Alam di dunia tahun 1989-2014 (BP *Statistical Review of World Energy*, 2015)

2.3.2. Penggunaan AC pada rumah tinggal

Survey pada perumahan di Amerika Serikat menunjukkan peningkatan pengguna AC pada bangunan rumah tinggal. Stan Cox menyatakan bahwa pengguna AC di Amerika meningkat dari 64 juta menjadi 100 juta dalam waktu 15 tahun (Stan Cox, 2012). Selain di Amerika Serikat survey juga dilakukan di India dan menunjukkan penggunaan energy untuk AC di kota Mumbai mencapai 40% dari energy yang terdapat di kota tersebut (theguardian.com, 2015).



Grafik 2.2 Presentase pengguna AC pada rumah tinggal di Amerika Serikat (US Energy Information Administration, 2009)

Selain menyebabkan peningkatan penggunaan sumber daya alam, gas buangan dari AC juga menyebabkan suhu udara di lingkungan meningkat. Sehingga penggunaan AC pada rumah tinggal harus dikurangi dan pemanfaatan penghawaan alami ditingkatkan.

2.4. Rumah Tinggal

2.4.1. Pengertian

Rumah tinggal adalah salah satu kebutuhan dasar manusia disamping pangan dan sandang. Menurut teori Maslow, A adalah bagian dasar kebutuhan hidup manusia. Rumah tinggal memiliki dimensi yang sangat luas seperti dimensi sosial ekonomi, dimensi lingkungan hidup, dimensi teknologi, dimensi budaya dan jati diri, bahkan juga dimensi ketahanan dan rasa aman. Dimensi teknologi dilihat pada bagaimana rumah tinggal sebagai satu unsur fisik diwujudkan. Rumah tinggal memiliki karakter sebagai bertempat tinggal dan karakter tapak dimana rumah tinggal itu berada (Budi S., 2011)

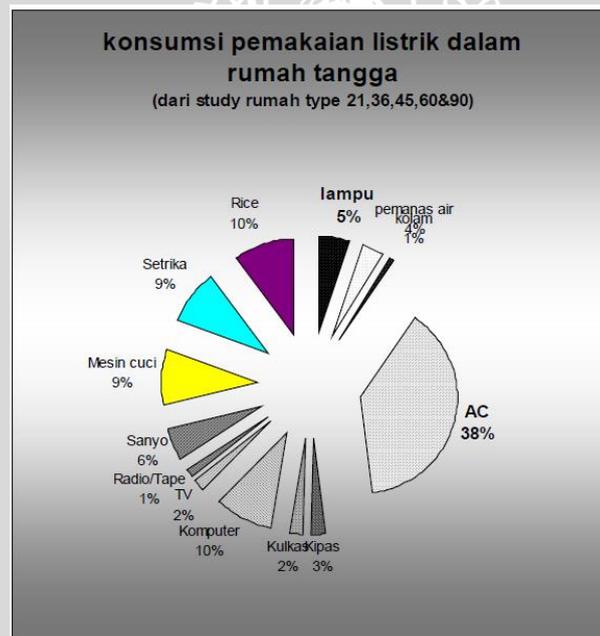
2.4.2. Kenyamanan termal pada Rumah Tinggal

Menurut Lee dan Chang (2000), pada umumnya orang menghabiskan waktunya (lebih dari 90%) di dalam ruangan, sehingga mereka membutuhkan udara yang nyaman dalam ruang tempat mereka beraktivitas. Pengkondisian lingkungan di dalam bangunan secara arsitektural dapat dilakukan dengan mempertimbangkan perletakan bangunan (orientasi bangunan terhadap matahari dan angin), pemanfaatan elemen-elemen arsitektur dan lansekap serta pemakaian material/bahan bangunan yang sesuai dengan karakter iklim tropis panas lembab. Melalui ke-empat hal di atas, temperatur di dalam ruangan dapat diturunkan beberapa derajat tanpa bantuan peralatan mekanis (Basaria, 2005).

2.4.3. Penggunaan AC pada rumah tinggal

Kehadiran listrik di era yang semakin maju dan serba modern merupakan kebutuhan primer manusia. Segala kelengkapan kebutuhan hidup kini mengkonsumsi energi listrik bahkan untuk rumah tinggal dalam upaya menciptakan kenyamanan ruangan. Terlebih lagi dengan adanya isu *Global Warming* yang menyebabkan suhu di bumi meningkat sehingga kebutuhan manusia untuk kenyamanan ruang meningkat dan bangunan rumah tinggal beralih menggunakan AC (*Air Conditioner*) bahkan pada kota yang berada di daerah pegunungan (Priantio E., 2007)

Kehadiran AC dalam rumah tinggal daerah tropis, apalagi untuk wilayah perkotaan tidak bias ditinggalkan begitu saja, sebab penggunaan AC merupakan kebutuhan manusia untuk meningkatkan kenyamanan termal. Pada penelitian sebelumnya yaitu pengamatan pemakaian listrik pada rumah tinggal bahwa konsumsi energi listrik terbesar adalah untuk AC seperti terlihat pada grafik dibawah ini (Priantio E., 2007).



Grafik 2.3 Konsumsi pemakaian listrik dalam rumah tangga (Prianto, 2007)

Terlihat bahwa konsumsi energi listrik untuk AC sebesar 38% dan merupakan konsumen listrik terbesar di rumah tinggal. Sehingga penggunaan AC di rumah tinggal perlu dikurangi khususnya di Kota yang berada di pegunungan dan pemanfaatan penghawaan alami dapat di maksimalkan.

2.4.4. Rumah tinggal di Indonesia

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk yang sangat besar sehingga penyediaan rumah untuk masyarakat sangatlah diperlukan. Tercatat pada tahun 2012 kurang lebih ada 45 juta rumah berdiri di Indonesia dari 240 jutaan penduduk dan dengan pertumbuhan penduduk sebesar 1,3% per tahun menyebabkan peningkatan kebutuhan terhadap rumah (detik.com, 2012). Perkembangan penduduk yang cepat terutama di kota-kota besar berpengaruh pada banyak aspek yang mana salah satunya adalah perkembangan bangunan terutama kebutuhan akan bangunan rumah tinggal. Kondisi pertumbuhan jumlah bangunan sudah menjadi gejala yang umum di setiap tempat terutama di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Medan, Semarang dan lain sebagainya. Bahkan di kota-kota yang lebih kecil seperti: Solo, Malang, Yogyakarta maupun kota-kota lainnya, kebutuhan akan rumah tinggal juga meningkat secara cepat. Oleh karena itu gejala kepadatan yang tinggi sebagai dampak dari perkembangan manusia dan bangunan menjadi issue penting bagi setiap daerah berkaitan dengan kinerja termal bangunan (Heru dan Mas, 2007).

2.5. Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan adalah sebuah konsep terapan dalam bidang arsitektur untuk mendukung konsep berkelanjutan, yaitu konsep mempertahankan sumber daya alam agar bertahan lebih lama, yang dikaitkan dengan umur potensi vital sumber daya alam dan lingkungan ekologis manusia, seperti sistem iklim planet, sistem pertanian, industri, kehutanan, dan tentu saja arsitektur. Kerusakan alam akibat eksploitasi sumber daya alam telah mencapai taraf pengrusakan secara global, sehingga bumi akan semakin kehilangan potensinya untuk mendukung kehidupan manusia, akibat dari berbagai eksploitasi terhadap alam tersebut. (Bauer et al, 2009)

Salah satu upaya untuk memenuhi Arsitektur berkelanjutan adalah munculnya Arsitektur hijau pada abad 20 yaitu sekitar tahun 1980-1990 (Nunuk, 2010). Arsitektur Hijau adalah arsitektur yang meminimalisir konsumsi sumber daya alam, termasuk energi, air, dan material, serta mengurangi dampak negatif bagi lingkungan. Arsitektur hijau adalah suatu pendekatan perencanaan bangunan yang berusaha untuk meminimalisasi berbagai pengaruh membahayakan pada kesehatan manusia dan lingkungan (Bauer et al, 2009)

Selain sebagai konsep arsitektur di masa sekarang konsep arsitektur hijau sendiri merupakan konsep yang dibuat untuk masa depan dengan tujuan menselaraskan antara bangunan, manusia, dan alam. Sehingga bangunan yang di buat oleh manusia tidak menghancurkan alam yang sudah ada sejak dulu kala.

2.6. Konsep Green Architecture

Arsitektur hijau merupakan langkah untuk mempertahankan eksistensinya di muka bumi dengan cara meminimalkan kerusakan alam dan lingkungan di mana mereka tinggal. Konsep arsitektur ini adalah membangun lingkungan yang dapat bersatu dengan alam sehingga tanah dan vegetasi dimana bangunan baru dapat digantikan dengan vegetasi yang terdapat pada bangunan.



Gambar 2. 1 Konsep *Green Architecture* Gambar 2. 2 Konsep *Green Architecture*

Beberapa contoh elemen bangunan yang terdapat pada konsep *Green Architecture* adalah *Green Roof*, *Vertical Garden*, *Rainwater Harvest*, dll. Teknologi yang dapat diterapkan pada bangunan di Indonesia adalah *Green Roof* karena atap di Indonesia adalah bagian terbesar yang terpapar sinar matahari.

Sebagai alternatif dari *Green Roof* terdapat pula teknologi *Cool Roof*. Teknologi atap ini berbeda dengan atap hijau. Karena atap ini lebih menggunakan atap yang memiliki *Solar Reflectance* tinggi. Sehingga sinar matahari di pantulkan oleh atap dan mengurangi suhu di luar maupun di dalam bangunan. *Cool Roof* sendiri terdapat banyak jenis material yaitu PVC, aspal, kain, fiberglass, dll. Material tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing.

2.7. Atap

2.7.1. Pengertian

Bagian luar bangunan, atap pada dasarnya berfungsi sebagai pelindung terhadap radiasi matahari, hujan dan pengamanan dari petir. Keadaan udara yang panas, hujan dan kelembaban yang tinggi menjadi faktor yang menyebabkan tingkat perlindungan oleh atap. Kenyamanan di dalam bangunan yang menggunakan ventilasi alami juga bergantung kepada atap. Atap harus dapat menyerap radiasi matahari yang masuk sehingga memberikan keadaan yang nyaman bagi penghuni. Teritisan atap memiliki fungsi untuk melindungi bukaan di bagian bawahnya dari sinar matahari yang masuk (Syarif Hidayat, 2004).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja termal yaitu bahan dan warna atap luar, dan keadaan ventilasi dalam loteng. Faktor bahan dan warna atap luar merupakan faktor yang cukup penting karena menentukan jumlah radiasi matahari yang diserap oleh lapisan luar atap (Givoni, 1981).

2.7.2. Kinerja atap

Sebagai elemen bangunan yang berada paling atas menjadikan atap sebagai pelindung utama bangunan, sehingga kinerja atap dalam sebuah bangunan merupakan hal yang penting. Kinerja atap dalam sebuah bangunan memiliki beberapa faktor diantaranya adalah kemiringan atap, bentuk atap, orientasi, dan material atap. Pada faktor material atap terdapat beberapa elemen yang mempengaruhi kerja sebuah material diantaranya adalah:

A. *Solar absorptance*

Solar absorptance adalah tingkat penyerapan panas dari radiasi matahari oleh material atap yang digunakan panas dari matahari yang tidak dapat diserap kemudian dipantulkan kembali ke matahari atau bisa disebut *Solar reflectance*. Material atap dengan *Solar absorptance* yang rendah akan memantulkan panas lebih banyak jika dibandingkan dengan material yang memiliki *Solar absorptance* yang tinggi dan menjadikan atap lebih dingin pada hari yang panas (basix.nsw.gov.au, 2009). *Solar absorptance* berhubungan dengan warna dari sebuah material terdapat 3 kategori dalam *Solar absorptance* yaitu:

Solar Absorptance	Typical Colour
< 0.475	Light
0.475 - 0.7	Medium
> 0.7	Dark

Tabel 2.3 Kategori *Solar absorptance* berdasarkan warna (basix.nsw.gov.au, 2009)

B. *Thermal lag*

Thermal lag atau dikenal dengan *Time lag* adalah jeda waktu yang terjadi untuk suhu panas meresap kedalam material, semakin tebal dan semakin tahan sebuah material terhadap suhu panas semakin lama panas meresap masuk kedalam material (Comfortable Low Energy Architecture, 2004).

C. *U-Value*

U-Value atau disebut *Thermal transmittance* total panas yang disalurkan dari luar kedalam material atau bangunan sehingga dapat diketahui seberapa besar panas yang disalurkan kedalam bangunan. Dari hal tersebut dapat dilihat ketahanan material

terhadap panas yang masuk kedalam material tersebut (Comfortable Low Energy Architecture, 2004).

2.7.3. Atap konvensional

Genteng merupakan bagian utama dari suatu bangunan sebagai penutup atap rumah. Fungsi utama genteng adalah menahan panas sinar matahari dan guyuran air hujan. Jenis genteng bermacam-macam, ada genteng beton, genteng tanah liat, genteng keramik, genteng seng dan genteng kayu (sirap). Keunggulan genteng tanah liat (lempung) selain murah, bahan ini tahan segala cuaca, dan lebih ringan dibanding genteng beton. Sedangkan kelemahannya, genteng ini bisa pecah karena kejatuhan benda atau menerima beban tekanan yang besar melebihi kapasitasnya. Kualitas genteng sangat ditentukan dari bahan dan suhu pembakaran, karena hal tersebut akan menentukan daya serap air dan daya tekan genteng. (Aryadi. Y, 2010).

Material ini banyak dipergunakan pada rumah umumnya. Genteng terbuat dari tanah liat yang dipress dan dibakar dan kekuatannya cukup bagus. Genteng tanah liat membutuhkan rangka untuk pemasangannya. Genteng dipasang pada atap miring. Warna dan penampilan genteng ini akan berubah seiring waktu yang berjalan. Biasanya akan tumbuh jamur di bagian badan genteng. Bagi sebagian orang dengan gaya rumah tertentu mungkin ini bisa membuat tampilan tampak lebih alami, namun sebagian besar orang tidak menyukai tampilan ini. (Ediputra, 2010).

Genteng merupakan benda yang berfungsi untuk atap suatu bangunan. Dahulu genteng berasal dari tanah liat yang dicetak dan dipanaskan sampai kering. Seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi dewasa ini genteng telah banyak memiliki macam dan bentuk dan tidak lagi berasal dari tanah liat semata, tetapi secara umum genteng dibuat dari semen, agregat (pasir) dan air yang dicampur dengan material lain dengan perbandingan tertentu. Selain itu, untuk menambah kekuatan genteng juga digunakan campuran seperti serat alam, serat asbes, serat gelas, perekat aspal dan biji-biji logam yang memperkuat mutu genteng. Dengan mengingat fungsi genteng sebagai atap yang berperan penting dalam suatu bangunan untuk pelindung rumah dari terik matahari, hujan dan perubahan cuaca lainnya. Maka genteng harus mempunyai sifat mekanis yang baik, seperti kekuatan tekan, kekuatan pukul, kekerasan dan sifat lainnya. (Saragih, 2007).

2.7.4. Atap modern

Seiring dengan perkembangan jaman dan pembangunan yang terjadi di segala penjuru dunia, menyebabkan munculnya *global warming*. Hal itu terjadi karena bangunan yang semakin banyak dan menyebabkan meningkatnya suhu di dunia ini.

Konsep *Green Architecture* muncul sebagai alternatif pemecahan masalah di bidang arsitektur konsep ini memiliki gagasan untuk membuat bangunan hijau yang ramah lingkungan. Selain meningkatkan kenyamanan termal di dalam bangunan konsep ini juga mencoba meningkatkan kualitas lingkungan sekitar bangunannya. Terdapat berbagai macam elemen dalam *Green Architecture* yaitu adalah *Green Roof*, *Vertical Garden*, *Rainwater Harvest*, dll. Namun salah satu konsep yang mungkin diterapkan di Indonesia yang mayoritas bangunannya adalah perumahan yaitu konsep *Green Roof*. Banyak alternatif atap yang digunakan pada konsep ini diantaranya adalah:

A. *Green Roofs*

Green Roofs adalah atap yang memiliki permukaan yang menggunakan material vegetasi/tanaman. *Green Roofs* menunjang ecosystem pada area urban, karena atap ini meningkatkan manajemen air hujan, meningkatkan kenyamanan ruang dalam, mengurangi *Urban Heat-Island Effect (UHI)* atau yang di kenal dengan pemanasan global, dan meningkatkan habitat pada kawasan urban. (Erica *et al.*, 2007)

B. *Cool Roofs*

Cool Roofs adalah atap yang memiliki tingkat reflektifitas dan emissive matahari yang tinggi. Sehingga atap ini memantulkan dan memancarkan panas yang diterima kembali ke atmosfer sehingga panas matahari tidak masuk kedalam bangunan. (Michelle. 2008).

Material yang dapat masuk kedalam katagori *Cool Roofs* adalah material yang memiliki reflektefitas matahari yang tinggi dan memiliki daya pancar panas yang tinggi. Semakin tinggi kedua nilai tersebut semakin tinggi pula tingkatannya pada katagori *Cool Roofs*. (Michelle. 2008)

2.8. *Thermoplastic Polyvinyl Chloride (PVC)*

2.8.1. Penjelasan

Thermoplastic Polyvinyl Chloride (PVC) adalah material sintesis yang mengandung 57% Chlorine dan 43% Carbon sehingga material sintesis ini lebih resistan terhadap api (Vinyl Roof, 2013). Selain itu karena PVC adalah material



Gambar 2. 3 Lembaran PVC



Gambar 2. 4 Serbuk PVC

sintesis maka warna dari material ini bermacam macam. Karena material ini adalah plastic sintesis sehingga material ini dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan.

PVC diproduksi dengan cara polymerisasi dari material Chlorine (Cl), Ethylene yang sudah di Oxychlorination dan berubah menjadi VCM yaitu gas yang bertekanan tinggi sehingga dihasilkan material PVC seperti diagram dibawah ini. (Shigetaka,2008).

2.8.2. Karakteristik PVC

Sebagai material sintesis PVC memiliki kelebihan dalam hal ketahanan materialnya diantaranya adalah:

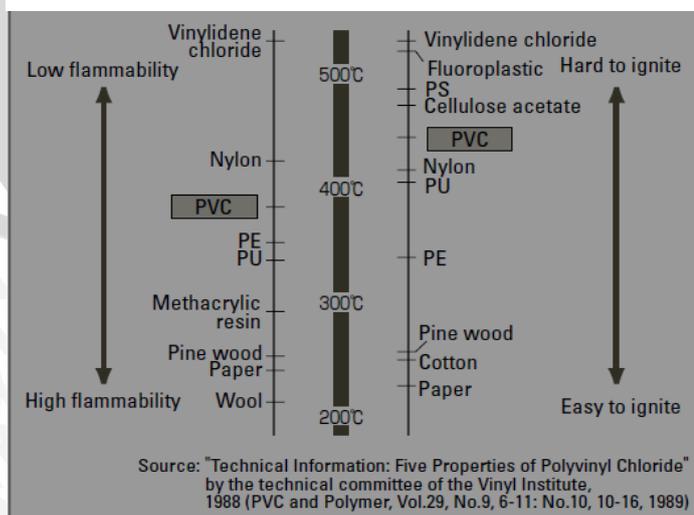
A. Ketahanan Terhadap Api

PVC memiliki ketahanan terhadap api yang baik karena memiliki kandungan Chlorine didalamnya dan tidak memerlukan lapisan anti api tambahan. PVC sendiri dapat menerima suhu hingga 455°C dan material ini tidak mudah menyebarkan api ke material disekitarnya karena radiasi panas yang dipancarkan saat terbakar rendah (Shigetaka, 2008).

Material	Maximum heat release (kW/m ²)
PVC	91
Fire resistant ABS	250
Fire resistant PS	315
ABS	746
PS	859
Polyester	1216
PE	1325
PP	1335

Source: PVC and polymer Vol.29 (1989)

Gambar 2.5 Tingkat ketahanan api (PVC Fact Book,2008)

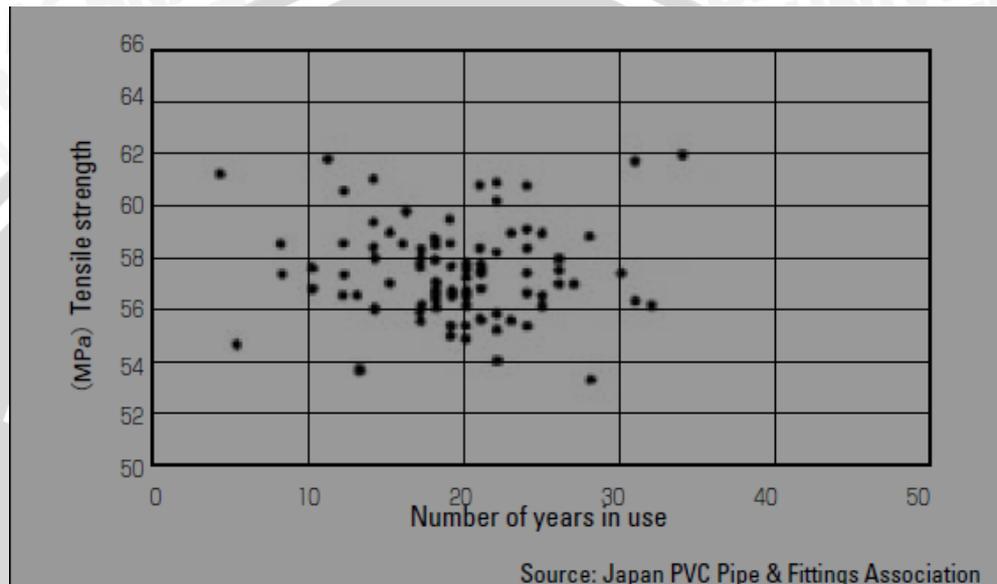


Gambar 2.6 Daya pancar panas PVC (PVC Fact Book,2008)



B. Ketahanan Material

Dalam keadaan normal PVC resistan terhadap oksidasi di udara, karena dalam PVC mengandung struktur molekul dimana Chlorine mengikat Carbon sehingga menyebabkan PVC resistan terhadap oksidasi dan membuat PVC tahan lama terhadap kondisi udara. Menurut pengukuran secara langsung pada pipa PVC bawah tanah menunjukkan umur pipa yang sudah 35 tahun memiliki kondisi yang sama seperti baru di produksi (Shigetaka,2008).



Gambar 2. 7 Jangka Waktu Penggunaan PVC (PVC Fact Book,2008)

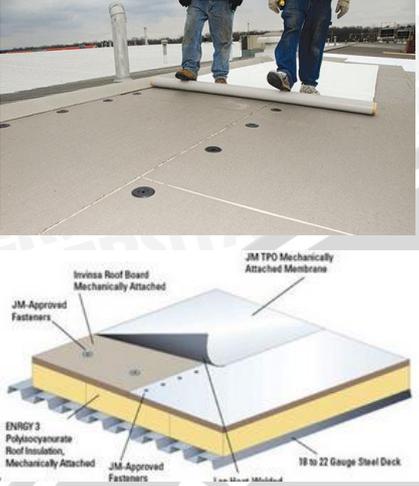
2.8.3. Penerapan Pada Atap

Material PVC banyak digunakan pada dunia konstruksi yaitu sebagai material perpipaan, kabel kabel, dll. Namun seiring berkembangnya zaman material PVC mulai di gunakan untuk material atap. Material ini pertama kali digunakan untuk canopy rumah, namun sekarang PVC mulai digunakan sebagai atap bangunan. Karena atap PVC dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan dan berpengaruh positif pada kualitas lingkungan perkotaan. PVC memiliki penggunaan sumber daya tak terbarukan yang relatif rendah, reflektifitas matahari yang tinggi, karakteristik hemat energi, kesesuaian dengan atap hijau dan dapat di daur ulang membuat material tersebut dapat menjadi pilihan untuk arsitektur yang berkelanjutan dibandingkan dengan sistem atap komersial.

2.8.4. Teknik Pemasangan

Atap PVC memiliki berbagai macam jenis yaitu, atap lembaran, atap modular, dan atap satuan.

Tabel 2.3 Teknik Pemasangan Atap PVC

	PVC Lembaran	PVC Modular	PVC Satuan
Gambar			
Ukuran	Megikuti ukuran atap.	Panjang maksimal 12-14 m Lebar efektif 1 m (Krida Jaya Steel)	Ukuran menyerupai genteng (30x30) Terdapat pula yang bermodul
Teknik Pemasangan	PVC lembaran ini banyak digunakan pada atap datar. Karena pemasangannya yang digunakan sebagai lapisan penutup atap. Sehingga atap datar yang sebelumnya menggunakan dek beton di lapiasi dengan insulasi dan roof board kemudian ditutup oleh lapisan PVC.	PVC modular ini memiliki ukuran tiap modul yang cukup luas. Sehingga rongga yang ada hanya pada sambungan tiap modul. Pemasangan atap ini sama dengan atap konvensional. Atap tersebut di sambungkan pada gording dengan menggunakan sekrup dan setiap terdapat perbedaan modul atap tersebut di pasang dengan cara di tumpuk.	PVC satuan ini merupakan atap modifikasi dari material genteng (konvensional) dengan merubah materialnya menjadi PVC. Sehingga pemasangannya sama dengan atap konvensional. Atap PVC jenis ini memiliki banyak rongga karena jumlah atapnya cukup banyak. Namun beberapa produsen menyediakan atap jenis modul.

2.8.5. Kelebihan

Material Thermoplastic polyvinyl chloride memiliki kelebihan dibanding material lainnya diantaranya adalah:

A. High Reflectivity

Material Thermoplastic Polyvinyl Chloride memiliki reflektifitas dan daya pancar matahari yang tinggi. Material ini dapat memantulkan hingga 80% dari sinar matahari dan memancarkan hingga 70% dari radiasi matahari yang di serap bangunan. Sehingga dapat menjadi material yang mendukung sustainable architecture. Sedangkan atap beton biasa hanya memantulkan sekitar 6% dan memancarkan 26% dari radiasi matahari, yang dapat menyebabkan pemanyaluran panas ke dalam bangunan (Vinyl Roof, 2013).

B. Pengurangan Urban Heat Islan Effect (UHI)

Pada kondisi pagi hari permukaan atap konvensional mengalami peningkatan suhu mencapai 10- 30 °C. Pada siang hari suhu permukaan atap dapat meningkat hingga 60-90 °C pada musim panas. Sedangkan atap dengan material PVC hanya meningkat -12 s/d -3 °C di atas suhu tertinggi sehingga dapat menurunkan suhu di sekitar atap (Vinyl Roof, 2013).

C. Recyclability

Material atap yang sudah lama di pakai dan masa berlakunya sudah habis dapat di daur ulang menjadi aksesoris atap baru (Vinyl Roof, 2013).

D. Daya Tahan Material

Material membran PVC dapat di pakai hingga kurang lebih 25 tahun (Vinyl Roof, 2013).

2.8.6. Warna material

Seperti pada umumnya material sintesis warna yang digunakan dapat dirubah sesuai dengan kebutuhan, namun yang banyak digunakan oleh produsen adalah warna hijau, krem, putih, biru, abu-abu, dll. Namun pada dasarnya material ini memiliki warna dasar putih (*avantguard.co.id*, 2014)



Gambar 2. 8 Warna material atap PVC (*avantguard.co.id*, 2014)

2.9. Atap Aspal

2.9.1. Penjelasan

Aspal ialah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (adhesive), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, mengandung sedikit sulfur, oksigen, dan klor sehingga mempunyai sifat viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur. Aspal berasal dari aspal alam (aspal buton} [1] atau aspal minyak (aspal yang berasal dari minyak bumi). Berdasarkan konsistensinya, aspal dapat diklasifikasikan menjadi aspal padat, dan aspal cair. (*jualgentengaspal.wordpress.com*)

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang, dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik.

Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh, dan tak jenuh, alifatik, dan aromatic. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen, dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil), dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar. Dengan senyawa yang terdapat pada aspal menjadikannya material yang tahan air (*Waterproof*) sehingga penggunaan aspal pada atap adalah untuk menciptakan sistem waterproof atau anti air. Sehingga bila dipasang pada atap rumah atau bangunan yang lain, resiko terjadinya kebocoran dapat dikatakan tidak ada sama sekali. (*jualgentengaspal.wordpress.com*)

2.9.2. Karakteristik

Aspal atau bitumen merupakan material sintesis yang memiliki karakteristik tersendiri jika dibandingkan dengan material yang lain. Karakteristik aspal adalah sebagai berikut:

A. Elastis



Gambar 2.9 Atap aspal lentur

Gambar 2.10 Kelenturan aspal

Material aspal yang memiliki sifat sebagai perekat menjadikan material ini elastis sehingga dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Meskipun material ini elastis namun memiliki titik leleh yang tinggi sehingga tidak akan rusak jika terkena sinar matahari. Titik leleh aspal sendiri menurut SNI 06-2434-1991(2002) adalah 200 °C

B. Tahan air

Material aspal yang digunakan pada atap berbahan dasar sama dengan aspal yang digunakan pada jalan raya sehingga material ini tahan terhadap air. Sehingga kemungkinan kebocoran pada atap lebih kecil.

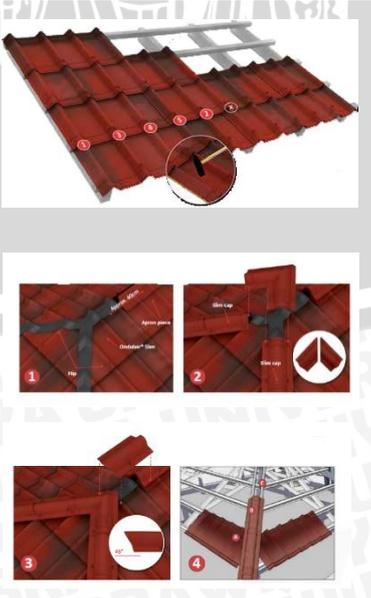
C. Ringan

Material aspal yang digunakan pada atap ini adalah campuran aspal dan serat alami sehingga setiap satu meter perseginya berat atap ini kurang lebih 10 kg. Sedangkan material genteng dari tanah liat yang beratnya kurang lebih 40 kg untuk setiap satu meter perseginya.

2.9.3. Jenis atap

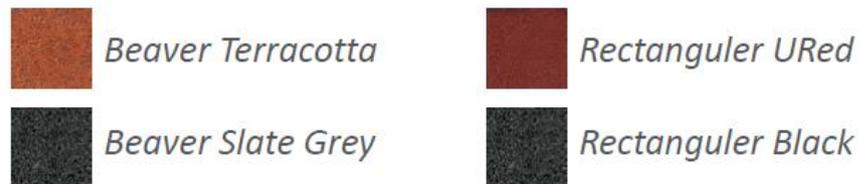
Atap aspal memiliki berbagai macam jenis atap yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan bangunan. Salah satu produsen atap aspal yaitu Onduline® menyediakan 3 jenis atap yaitu seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4 Teknik pemasangan atap aspal

	Onduline® Classic	Onduvilla®	Bardoline®
Penjelasan	Jenis atap ini adalah atap aspal gelombang	Jenis atap ini adalah atap aspal bentuk genteng	Jenis atap ini adalah atap aspal lembaran
Ukuran	200 x 95 cm	106 x 40 cm	100 x 34 cm
Gambar			
Teknik pemasangan	Cara pemasangan jenis atap ini sama dengan teknik pemasangan atap seng yaitu dengan memasang atap lembaran ke rangka atap dengan menggunakan paku khusus yang disediakan oleh produsen atap. Pemasangan tiap modul atap adalah dengan cara ditumpuk sehingga tidak ada celah diantara tiap modul. Begitu juga dengan pemasangan nok.	Pemasangan jenis atap ini sama dengan pemasangan atap genteng karena bentuknya yang dibuat sama. Perbedaan pemasangan atap ini adalah pada pemasangan antar modulnya dengan cara menumpuk dan di paku. Terdapat pula sambungan luar atau nok yang menjaga agar tiap pertemuan genteng tidak ada celah.	Pemasangan atap jenis ini berbeda dengan atap jenis lainnya. Karena atap ini berbentuk lembaran sehingga pemasangannya membutuhkan deck pada atap kemudian modul atap tersebut di paku pada deck. Sedangkan untuk modul yang berlebih ukurannya dapat dipotong dengan mudah karena atap ini tipis.
Gambar			

2.9.4. Warna material

Warna pada yang digunakan pada material ini dapat ditentukan sesuai keinginan konsumen karena material ini sama dengan material PVC yaitu material sintesis. Warna yang ditawarkan produsen adalah warna terracotta (warna genteng), merah, abu-abu, dan hitam. Namun warna dasar dari material aspal adalah abu-abu gelap sehingga pada penelitian ini warna yang digunakan adalah warna dasar material aspal.



Gambar 2.11 Warna material atap aspal

2.10. Ecotect Analysis

2.10.1. Penjelasan

Ecotect merupakan aplikasi yang digunakan pada penelitian ini. Ecotect digunakan untuk melakukan simulasi dan menganalisis data. Aplikasi ini merupakan software analisis yang mendukung arsitek dalam mendesain khususnya pada konsep ekosistem yang mensimulasikan kondisi bangunan terhadap lingkungan di sekitarnya (Elmira, 2011)

2.10.2. Kelebihan

Ecotect merupakan software analisa yang mencakup banyak teknologi didalamnya dan banyak digunakan pada penelitian karena teknologinya seperti:

A. Modeling and Visualization

Modeling pada ecotect dapat dilakukan dengan memasukan model 3d yang telah dibuat di software lain (Autocad, Sketchup, dll) dan model tersebut masih dapat di edit kembali karena data 3d yang masuk kedalam ecotect berupa garis. Visualisasi pada ecotect juga sangat membantu dalam proses desain karena mudah digunakan dan hasil yang didapat dapat memudahkan client untuk memahaminya. (Elmira, 2011)

B. Database Material

Ecotect dapat menyimpan berbagai macam material dan material tersebut telah mencakup banyak data mulai dari data termal material dan karakteristik permukaannya, hingga performa akustik dan penjelasan tiap lapisan pada material serta pengaruhnya pada lingkungan. Semua data tersebut terdapat pada aplikasi ini sehingga memudahkan simulasi secara digital. (Elmira, 2011)

C. Fungsi Analisis

Ecotect dapat menganalisa berbagai macam hal pada model yaitu; radiasi matahari, kinerja termal, pencahayaan dalam ruangan, penyerapan panas, hingga mengukur performa *shading device*. Sehingga semua analisis pada ecotect secara otomatis dilakukan. (Elmira, 2011)

D. Import dan Export

Selain dapat mengimport model 3d ecotect dapat mengekspor ke aplikasi lainnya seperti Energy Plus dan Radiance. Hal ini dapat membantu proses desain sehingga seluruh proses desain dapat di temukan pada satu model file yang mencakup pencahayaan dan analisa termal. (Elmira, 2011)

2.11. Studi Sebelumnya

2.11.1. Jurnal 1

Judul: Effect of *Green Roof* in Thermal Performance of the Building
An Environmental Assessment in Hot and Humid Climate

Penulis: Elmira Jalali Saeid

Tahun: 2011

A. Kajian Teori

Studi ini dilakukan untuk mengevaluasi bagaimana pengaruh dari *Green Roof* terhadap kenyamanan termal pada bangunan residensial di kondisi panas dan lembab di kota Dubai, UEA. Menggunakan aplikasi Ecotect untuk mengukur parameter yang dipilih yaitu Radiasi matahari atap yang mengukur bagaimana penyaluran panas dari atap kedalam bangunan.

B. Metodologi

Dalam melaksanakan study ini terdapat 4 langkah yaitu; Memilih bangunan dan memodelkannya menjadi dua macam yaitu bangunan dengan atap konvensional dan bangunan dengan *Green Roof*. Kemudian mensimulasikan untuk mendapatkan suhu di dalamnya. Langkah kedua yaitu dengan mensimulasikan U-Value dari kedua atap dan menemukan atap mana yang memiliki U-Value dan insulasi yang lebih baik. Langkah ketiga adalah untuk mengetahui kapasitas serap panas dari air pada *Green Roof* dan mensimulasikan proses evaporasinya sehingga dapat ditemukan kelebihan yang didapat dari proses evaporasi. Langkah terakhir adalah dengan membuat *Green Roof* dengan ketebalan yang berbeda.

C. Hasil

Hasil dari percobaan terdapat 4 hasil yang didapat dari 4 langkah penelitian. Pada hasil pertama didapatkan bahwa *Green Roof* dapat mengurangi suhu didalam ruangnya. Hasil kedua menemukan bahwa U-Value dari *Green Roof* lebih rendah

dari atap konvensional sehingga *Green Roof* dapat memaksimalkan insulasi pada atap. Hasil ketiga menunjukkan bahwa dengan adanya evaporasi pada *Green Roof* dapat mengurangi radiasi matahari di dalam ruangan. Hasil terakhir menunjukkan bahwa dengan memilih ketebalan yang sesuai dapat menjadikan hasil yang maksimal untuk mengurangi suhu didalam ruangan pada kondisi di panas dan lembab di kota Dubai.

D. Kesimpulan

Hasil penelitian ini digunakan untuk rekomendasi desain untuk penggunaan *Green Roof* pada iklim panas dan lembab. Selanjutnya penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk rekomendasi desain di iklim lainnya dan juga menemukan efek dari *Green Roof* terhadap Urban Heat Island.

E. Kontribusi Untuk Penelitian

Dari jurnal ini penulis dapat menemukan bagaimana langkah dalam melakukan simulasi untuk atap PVC. Dan bagaimana cara untuk mendapatkan hasil yang sama dengan penelitian tersebut.

2.11.2. Jurnal 2

Judul: Cool and *Green Roofs*. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region

Penulis: M. Zinzi , S. Agnoli

Tahun : 2012

A. Kajian Teori:

Atap dingin ditandai dengan bahan yang memiliki: Solar Reflectance (SR) atau daya pantul matahari yang tinggi dan Thermal Emittance (TE) atau daya pancar termal yang tinggi. Kemampuan bahan pantul sebagian besar radiasi matahari pada siang hari, adalah dengan menjaga permukaan mereka tetap dingin walaupun dengan konstruksi konvensional. Daya pancar termal yang tinggi memungkinkan bahan untuk memancarkan pergi panas yang tersimpan dalam struktur, terutama pada malam hari. Perilaku termal ini memungkinkan atap untuk mengurangi perpindahan panas ke lingkungan binaan. Atap ditandai dengan nilai daya pancar rendah cenderung tidak mengusir panas yang tersimpan di malam hari dan dapat dianggap Cool hanya jika mereka memiliki daya pantul matahari yang sangat tinggi.

Atap hijau, juga disebut eco-roof, menggunakan dedaunan tanaman untuk melindungi bangunan. Beban termal hasil radiasi matahari dan suhu udara yang memasuki gedung dibatasi oleh lapisan vegetasi. Hal ini tergantung pada penyerapan radiasi matahari oleh tanaman untuk mendukung siklus hidup mereka, termasuk: fotosintesis, evapotranspirasi, respirasi. Selain itu, lapisan tanah memberikan isolasi tambahan ke

atap bangunan dan kadar air meningkatkan inersia termal struktur. Karakteristik vegetasi mempengaruhi, dalam kecanduan, perpindahan panas konvektif dan radiasi melalui permukaan atap.

KONTRIBUSI

Melalui jurnal ini penulis dapat menemukan bagaimana tingkat energy termal yang didapatkan pada bangunan dengan atap Cool dan Green.

2.11.3. Jurnal 3

Judul : Kinerja Termal Bangunan Pada Lingkungan Berkepadatan Tinggi Dengan Variabel Atap, Dinding, Ventilasi Dan Plafon (Studi Kasus di Kepadatan Tinggi di Surabaya, Malang, dan Sumenep)

Penulis: B. Heru Santoso, Mas Santosa

Tahun : 2007

A. Kajian teori

Studi ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sebuah bangunan pada lingkungan padat penduduk di Indonesia pada 3 kota yang berbeda yaitu Surabaya, Malang dan Sumenep. Evaluasi yang dilakukan terhadap material dinding, atap dan plafon yang kemudian akan direkomendasikan material yang cocok untuk lingkungan sekitarnya.

B. Metodologi

Dalam penelitian tim peneliti mencoba meneliti peran variabel atap, dinding, penggunaan ventilasi dan penggunaan plafond yang pada umumnya digunakan oleh masyarakat di masing-masing lokasi penelitian. Dari pengamatan lapangan di lokasi penelitian

C. Hasil

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh tim didapatkan hasil bahwa tidak semua elemen bangunan dapat menyediakan kenyamanan termal yang memadai terutama dalam lingkungan berkepadatan tinggi. Sehingga peneliti memberikan rekomendasi desain untuk bangunan yang diteliti agar kenyamanan termal pada bangunan dapat meningkat

D. Kontribusi untuk penulis

Dari studi yang dilakukan oleh peneliti, penulis mendapatkan metode dalam melakukan penelitian dan dasar untuk pengambilan objek penelitian sehingga penulis dapat mengetahui bagaimana kinerja bangunan pada daerah yang memiliki penduduk yang padat.