
PENGARUH BENTUK ATAP TERHADAP KARAKTERISTIK THERMAL PADA RUMAH TINGGAL TIGA LANTAI

Afrizal Kholiq¹, M. Syarif Hidayat²

Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email: ¹ avroliq@gmail.com;

² @yahoo.com

ABSTRAK

Beberapa faktor yang menjadi penentu tingkat kenyamanan dalam ruang pada desain rumah tinggal adalah desain envelope (selubung bangunan), karena mempengaruhi beban panas yang diterima mencapai 80%. Atap menjadi elemen pertama yang melindungi rumah tinggal dari berbagai cuaca dan menerima energi panas langsung dari matahari. Oleh karena itu, pengaruh bentuk atap terhadap kenyamanan dalam ruang menjadi hal yang menarik untuk diteliti, untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap suhu udara ruang didalamnya. Objek penelitian adalah ruang yang berada dalam satu bangunan rumah tinggal yang menggunakan dua jenis atap, yaitu atap miring dan atap datar yang berada di kawasan Ancol, Jakarta. Penelitian difokuskan pada dua ruang yang berada langsung dibawah penutup atap. Penelitian hanya fokus pada faktor-faktor kenyamanan termal, seperti suhu udara, kelembaban udara relatif, aliran udara, dan suhu permukaan, serta suhu udara rongga atap. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan pengamatan langsung, pengukuran lapangan dengan rekayasa, dan mengumpulkan teori dan standar kenyamanan termal yang berkaitan dengan variable penelitian setelah itu akan diolah dengan tabulasi dan grafik, dan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan. Hasil penelitiannya adalah suhu permukaan atap, suhu udara rongga atap dan suhu udara dalam ruang pada ruang yang menggunakan atap datar lebih tinggi dibandingkan dengan ruang yang beratap miring.

Kata Kunci : atap, rumah tinggal, kenyamanan termal

ABSTRACT

Some of the factors that determines the level of comfort in the room on residential design is the design envelope (building envelope), because it affects the heat load received 80%. Roof becomes the first element that protects homes from various weather and receives heat energy directly from the sun. Therefore, the influence of the shape of the roof of comfort in the room becomes interesting to study, to know how big influence on the air temperature inside the room. The object of research are spaces that are in a residential building that uses two types of roofs, the sloping roof and flat roof located in Ancol, Jakarta. The study focused on two spaces located directly under the roof covering. The study only focused on thermal comfort factors, such as air temperature, relative humidity, air flow, and the surface temperature and air temperature roof cavity. The goal is to determine and compare the thermal conditions of each of the space. Research using quantitative methods by direct observation, field measurements engineering, and collecting theories and standards relating to thermal comfort research variable after it is treated with tabulations and charts, and analyzed to obtain conclusions. Results of the study was the roof surface temperature, air temperature and air temperature roof cavity in space on the space using flat roof is higher than the slant-roofed space.

Keywords : roof, houses, thermal comfort

1. PENDAHULUAN

Desain rumah tinggal menjadi faktor penting untuk menghadirkan kenyamanan pada ruang didalamnya. Kenyamanan dalam rumah tinggal menjadi hal penting, karena melihat fungsinya yang menjadi tempat beristirahat. Beberapa faktor yang menjadi penentu tingkat kenyamanan dalam ruang pada desain rumah tinggal adalah desain envelopnya (desain material dinding, dan atap bangunan). Desain material dinding dan atap pada bangunan rumah tinggal mempengaruhi beban panas yang diterima mencapai 80% (Prianto, 2007). Secara fungsional maupun estetis peran atap bangunan sangat penting. Atap memiliki peran secara fungsional sangat besar dalam memberikan perlindungan terhadap berbagai cuaca baik panas ataupun hujan. Secara estetis, atap adalah elemen yang menentukan ciri atau karakter suatu bangunan (Satwiko, 2005). Pemilihan material penutup atap sangat mempengaruhi tingkat kenyamanan ruang di dalamnya. Semakin rendahnya transfer panas luar yang masuk dari penutup atap ke dalam bangunan, maka semakin tinggi tingkat kenyamanan dalam ruangan pada bangunan tersebut, dan semakin kecil tingkat konsumsi energi listrik yang digunakan untuk mendinginkan ruangan (Prianto, E. dan Dwiyanto, A., 2013). Para arsitek dan peneliti bidang arsitektur menjadi orang pertama yang berdosa bilamana rancangannya tidak memenuhi tingkat kenyamanan dalam ruang akibat melakukan kesalahan dalam pemilihan material penutup atap dan tidak diberikannya solusi untuk mengatasi kekeliruan tersebut. Akibat lain dari kesalahan tersebut adalah meningkatnya konsumsi energi listrik atau dapat dikatakan boros energi pada hasil rancangannya.

Atap miring dan atap datar yang sama-sama menyerap dan menghantarkan panas akan mempengaruhi beban panas yang masuk pada ruangan di dalamnya. Oleh sebab itu, tingkat kenyamanan pada ruangan-ruangan di dalamnya menjadi berbeda-beda. Suhu dalam ruang yang mendapatkan pengaruh dari radiasi panas matahari yang berasal dari penutup atap sebelumnya akan disaring di rongga atap, ini menyebabkan keadaan termal dalam ruang akan berbeda-beda karena rongga atap yang ada memiliki dimensi yang berbeda tergantung jenis atapnya. Jika suhu panas yang masuk ke dalam ruang tetap tinggi setelah disaring oleh rongga atap maka hal

ini akan direspon oleh pengguna ruang dengan memakai peralatan pembantu untuk mendinginkan suhu udara yang menggunakan energi listrik. Beban total konsumsi energi listrik dalam rumah tinggal pada daerah tropis untuk mendinginkan ruangan dari akumulasi suhu panas dalam ruang mencapai 40% (Prianto, 2007). Dari pertimbangan diatas penelitian pada bangunan rumah tinggal ini mengacu pada seberapa besar peran desain dan pemilihan jenis penutup atap berpengaruh terhadap kenyamanan termal yang ada pada ruangan dalam bangunan tersebut dan apa saja faktor yang mempengaruhi tingkat kenyamanan termal dalam ruang tersebut. Oleh karena itu, dari latar belakang dan pemikiran-pemikiran tersebut maka terpilihlah judul penelitian ini, yaitu: *"Pengaruh Bentuk Atap Terhadap Karakteristik Termal Pada Rumah Tinggal Tiga Lantai"*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis atap datar dan atap miring terhadap keadaan termal ruang atap / rongga atap, mengetahui pengaruh suhu rongga atap terhadap ruangan dibawahnya, dan mengetahui pengaruh bentuk atap terhadap suhu udara ruang. Lingkup studi yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi intensitas suhu udara, kelembaban udara, dan aliran udara, yang dihasilkan pada ruang-ruang yang berada tepat dibawah penutup atap, seperti kamar tidur dan ruang keluarga, dan intensitas suhu permukaan dan suhu udara rongga atap yang dihasilkan dari perpindahan panas matahari terhadap ruang-ruang dibawahnya. Dalam penelitian ini obyek material meliputi permukaan atap, dinding, plafond, lantai, dan rongga atap. Obyek formal dalam penelitian ini meliputi pengaruh jenis atap terhadap suhu udara dalam ruang, dan tingkat kenyamanan thermal dalam ruang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Atap

Dalam penelitian kali ini, akan dibahas bangunan rumah tinggal yang memakai dua jenis atap. Jenis atap yang pertama adalah atap datar. Atap datar terbuat dari material beton bertulang yang memiliki kemiringan 1% - 2% untuk sirkulasi air, supaya tidak menggenang. Atap datar dipilih karena dapat digunakan sebagai tempat beraktifitas, seperti menjemur, bercocok tanam dengan pot, dan tempat untuk area service. Kelebihan lainnya adalah atap datar dapat membuat alternatif desain yang menarik.

Akan tetapi, atap datar juga memiliki kelemahan yaitu dapat menyerap panas lebih besar dibanding jenis material atap lain dan juga menghantarkan panas kedalam ruang lebih lambat. Atap datar yang memiliki kelemahan dari segi perawatan dalam hal menanggulangi genangan air mengingat bidang yang datar dan hanya memiliki sudut kemiringan yang cenderung kecil, dan tidak mudah mengalami retak dibagian permukaannya, oleh karena itu pelapis anti bocor harus dilakukan secara berkala, selain itu kelemahan dari atap datar memakan biaya berlebih pada proses pembuatan karena bahan material dari jenis atap ini menyalurkan beban yang berat dan harus memiliki struktur yang kuat.

Jenis atap yang kedua adalah atap miring yang memakai material genteng keramik finishing glatsur. Alasan penggunaan atap miring menurut pemilik bangunan ini adalah meminimalisir radiasi kalor matahari, mengingat atap miring memiliki rongga atap yang cukup luas. Kelebihan dari atap miring diantaranya adalah memiliki rongga udara yang lebih besar, maka suhu panas yang dihasilkan kedalam ruangan relatif lebih kecil. Kelebihan lainnya adalah jenis material atap ini lebih ringan, sehingga tidak memerlukan struktur yang memakan dana besar, dengan kata lain dapat meminimalisir anggaran pembiayaan bangunan. Jenis atap miring juga memiliki kelemahan, salah satu diantaranya adalah riskan terjadi kebocoran pada bagian jurai.

2.2. Perpindahan Panas

Heat Transfer atau perpindahan panas adalah ilmu perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu. Energi yang berpindah tersebut dinamakan kalor/panas. Ada 3 jenis teori perpindahan panas dalam material (Prianto,E & Dwiyanto,A, 2013), yaitu:

- a. Konduksi perpindahan panas yang terjadi pada suatu benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah atau dari suatu benda ke benda lain dengan kontak langsung secara molekuler dengan molekul-molekul yang bergerak. Perpindahan panas konduksi ini dapat berlangsung pada zat padat, cair, maupun gas.
- b. Konveksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi dari suatu benda ke benda lain dengan perantara benda itu sendiri.
- c. Radiasi adalah perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain dengan

gelombang elektromagnetik, dimana tenaga ini akan diubah menjadi panas jika tenaganya diserap oleh benda lain.

2.3. Kenyamanan Thermal

Menurut teori kenyamanan thermal yang hingga kini diberlakukan, dinyatakan bahwa kondisi kenyamanan termal ditentukan oleh faktor iklim dan faktor individu atau faktor personal. Faktor iklim yang mempengaruhi terdiri dari: suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban udara, serta kecepatan angin. Sementara faktor individu yang turut menentukan keadaan suhu nyaman adalah laju metabolisme (jenis aktifitas) serta jenis pakaian yang dikenakan (Karyono, 2001).

Kenyamanan didalam bangunan (*indoor thermal comfort*) tergantung pada berbagai parameter, yaitu ventilasi, suhu udara, dan kelembaban udara, serta kegiatan dan kondisi penghuni. Menurut University of Arizona, 2006 ada enam faktor utama yang menentukan kenyamanan terhadap panas, yaitu:

- Lingkungan :
 1. Suhu udara kering (dry bulb temperature / DBT)
 2. Kelembaban udara (relative humidity / RH)
 3. Pergerakan udara (kecepatan v dalam m/detik)
 4. Radiasi (Mean radiant temperature / MRT)
- Individual :
 1. Aktivitas
 2. Pakaian / baju.

2.4. Standar-standar Kenyamanan Thermal

2.4.1. Standar Kenyamanan Thermal Secara Universal

Dari berbagai penelitian yang dilakukan oleh para peneliti kenyamanan thermal, hampir seluruhnya sulit digunakan secara universal untuk menentukan suhu nyaman berbagai bangsa, suku, lokasi geografi yang berbeda-beda (Karyono, 2001).

Dua buah standar suhu nyaman yang saat ini banyak digunakan di negara atau wilayah yang belum memiliki standar suhu nyaman adalah Standar Internasional untuk

kenyamanan thermal, ISO 7730-1994 serta ASRAE 55- 1996. Standar Amerika ASHRAE 55-1992 mendefinisikan “daerah nyaman” sebagai suatu kondisi thermal dimana 90% atau lebih individu (manusia) yang berada pada suatu ruang tertentu merasa nyaman secara thermal. Suhu nyaman yang direkomendasikan adalah $21 \pm 2^\circ\text{C}$ T_0 untuk musim dingin serta $24 \pm 2^\circ\text{C}$ T_0 untuk musim panas. Angka yang terakhir ini sering di gunakan untuk menetapkan suhu nyaman suatu bangunan (ruang) yang berpengkondisi udara.

Sedangkan Standar Internasional ISO 7730-1994 merupakan hasil pemikiran Profesor Fanger dari Denmark yang di dasarkan hasil penelitian kenyamanan thermal dilaboratorium di Denmark yang digabungkan dari beberapa hasil penelitian di Amerika .standar ini menyatakan bahwa suhu nyaman akan di capai bila prosentase dari sekelompok manusia yang merasa tidak nyaman tidak lebih dari 10 %, atau dengan kata lain PPD kurang dari 10% , angka ini berkaitan dengan nilai PMV yang besarnya antara -0,5 dan +0,5.

2.4.2. Standar Kenyamanan Thermal di Indonesia

Penelitian kenyamanan termal yang lain dilakukan oleh Tri Harso Karyono pada tahun 1993 di Jakarta melibatkan 596 responden yang terdiri dari karyawan dan karyawan yang bekerja di tujuh bangunan kantor menghasilkan suhu nyaman para responden yakni $26,4^\circ\text{C}$ T_a atau $26,7^\circ\text{C}$ T_o .

Menurut Profesor Tri Harso Karyono, (*Teori dan Acuan Kenyamanan Thermal dalam Arsitektur*) acuan kenyamanan dalam rentang suhu nyaman diperkirakan sekitar 10% dari pengguna ruang merasa tidak nyaman secara thermal, secara praktis digunakan nilai $\pm 2^\circ\text{C}$. Selain itu, acuan praktis kenyamanan thermal untuk bangunan di Indonesia (khususnya bagi wilayah dengan variasi iklim mirip Jakarta) dapat ditentukan $26,4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ T_a atau $26,7^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ T_o atau disederhanakan $26,5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ T_a / T_o , dimana T_a merupakan satuan suhu nyaman sementara T_o adalah satuan unit untuk kebutuhan ilmiah suhu nyaman.

3. METODE

Penelitian pada dasarnya merupakan cara pengumpulan data dari sejumlah unit atau individu dalam periode tertentu yang bersamaan (Winarno Surachman, 1972:11). Dan dalam penelitian digunakan metode

tertentu. Metode yang akan penulis lakukan menggunakan metode kuantitatif. Metode Penelitian kuantitatif menuntut adanya rancangan penelitian yang menspesifikasikan objeknya secara eksplisit dieliminasi dari objek-objek lain yang tidak di teliti. Metode penelitian kuantitatif membatasi sejumlah tata pikir tertentu yaitu korelasi, kausalitas dan interaktif, sedangkan objek data ditata dalam tata pikir katagorisasi, interfasiasi, dan kontinuitas (Noeng, Muhajir, 2000:12).

Dari judul penelitian dan jenis metode yang digunakan maka dapat diketahui jenis penelitian ini menurut buku *Metodologi Penelitian* karya Drs.Cholid Narbuko dan Drs.H.Abu Achmadi termasuk dalam jenis *penelitian eksperimental sungguhan (true experimental research)*. Ciri-ciri dari jenis penelitian ini adalah :

- Menurut pengaturan variabel-variabel dan kondisi-kondisi eksperimen secara tertib dan ketat
- Menggunakan kelompok control sebagai acuan dasar
- Melakukan studi pustaka
- Menentukan rancangan eksperimen
- Melaksanakan eksperimen
- Melakukan analisa

Sesuai dengan judul penelitian maka ditentukan *Indevenden Variabel* dan *Object Material* adalah *jenis atap dan rongga atap*, *Devenden Variable* dan *Object Formal* yaitu *kenyamanan termal*.

Pengukuran akan dilakukan pada pukul 06:00 s/d 18:00 pada hari Senin s/d Sabtu. Pengukuran akan dilakukan di area dan/atau ruang- ruang yang tertera pada gambar dibawah ini. Berdasarkan gambar tersebut, ruang-ruang yang akan diteliti di golongan menurut jenis atapnya dan ditandai dengan warna arsir yang berbeda.

- Jenis atap miring ditandai dengan arsir berwarna hijau, dan terdiri dari ruang : Ruang Keluarga 3 (R 1), terletak di lantai 3.
- Jenis atap datar ditandai dengan arsir berwarna merah, dan terdiri dari ruang : Kamar Tidur (R 2), terletak pada lantai 2.

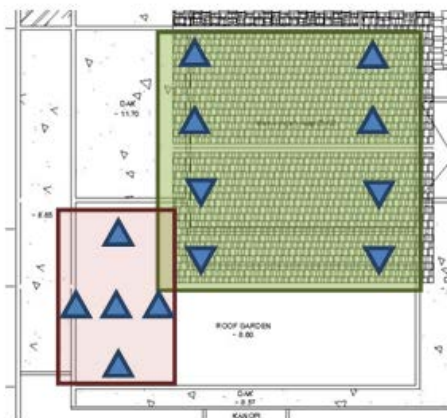


Gambar 1. Foto Obyek Studi (Dokumentasi Pribadi)

Untuk arsiran yang tidak diberi tanda ruang karena tidak merupakan area pengukuran. Pengukuran hanya fokus pada dua ruang seperti yang disebutkan diatas.



Gambar 2. Titik Pengukuran



Gambar 3. Titik pengukuran suhu permukaan atap

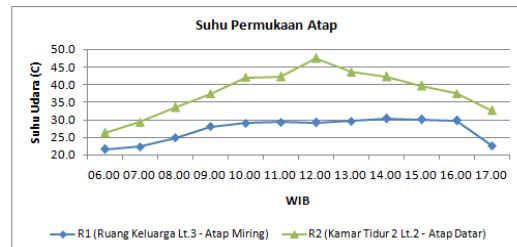
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengukuran dan Analisa Suhu Permukaan

4.1.1. Suhu Permukaan Atap

Pada suhu permukaan atap terlihat adanya perbedaan yang signifikan dari waktu awal pengukuran sampai akhir, ruang R1 yang atap miring menghasilkan suhu antara 21,7°C-30,4°C, sedangkan R2 yang beratap

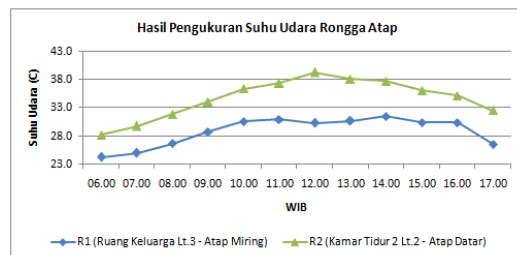
datar menghasilkan suhu antara 26,4°C-47,6°C. Ini membuktikan bahwa permukaan jenis atap datar menyerap panas dari radiasi matahari yang besar karena permukaan material atapnya yang menggunakan bahan beton bertulang lebih tebal dan lebih padat daripada jenis atap miring yang berbahan material genteng keramik.



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran suhu permukaan atap pada tiap ruang

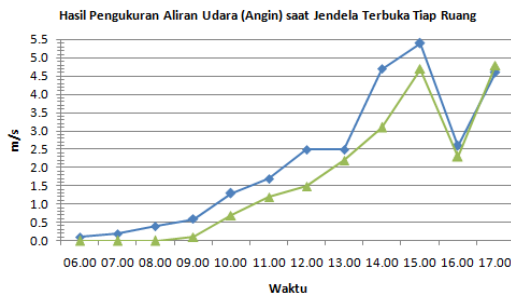
4.1.2. Hasil Pengukuran dan Analisa Suhu Udara Rongga Atap

Dari grafik dibawah ini, perbedaan tersebut terbukti mempengaruhi suhu udara rongga atap yang dihasilkan. Dilihat dari pergerakan suhunya perbedaan dari sejak awal sudah menonjol, ruang R2 yang berjenis atap datar pada pukul 06.00WB sudah menghasilkan suhu 28,2°C, sedangkan ruang R1 hanya menghasilkan suhu 24,3°C. Titik suhu tertinggi dihasilkan pada pukul 12.00 WIB pada R2 dengan suhu mencapai 39,3°C. sedangkan R1 pada waktu yang sama mengalami penurunan dan hanya menghasilkan 30,3°C. Ruang yang berjenis atap miring (R1) mendapatkan suhu rata-rata lebih rendah yaitu 28,9°C dibandingkan dengan ruang berjenis atap datar yang menghasilkan 34,7°C. Dari hasil tersebut membuktikan bahwa rongga atap yang berada dibawah atap jenis atap datar menghasilkan suhu lebih tinggi dibandingkan dengan rongga atap yang berada dibawah jenis atap miring.



Gambar 5. Grafik Hasil pengukuran suhu udara rongga atap pada tiap ruang

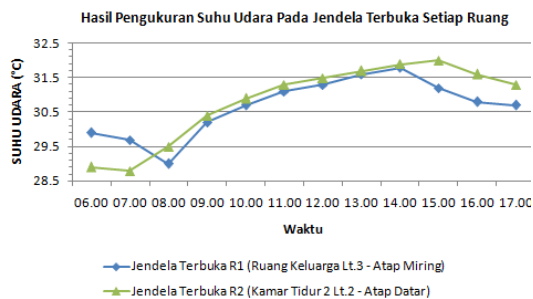
4.1.3. Hasil Pengukuran dan Analisa Aliran Udara (Angin)



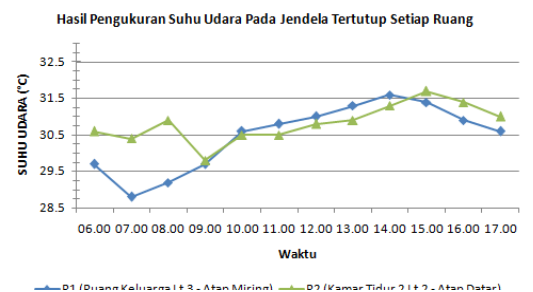
Gambar 6. Grafik hasil pengukuran aliran udara (angin) pada jendela terbuka di tiap ruang

Analisa dari diagram aliran udara saat jendela terbuka menunjukkan adanya aliran udara tertinggi di interval waktu antara pukul 15.00-16.00 pada ruang R1 yang berada di lantai 3 dengan kecepatan 5,4m/s dan pada ruang R2 yang berada pada lantai 2 pada waktu yang sama menghasilkan kecepatan 4,7m/s.

4.1.4. Hasil Pengukuran dan Analisa Suhu Udara Ruang



Gambar 7. Grafik hasil pengukuran suhu udara pada jendela terbuka di tiap ruang



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran suhu udara pada jendela tertutup di tiap ruang

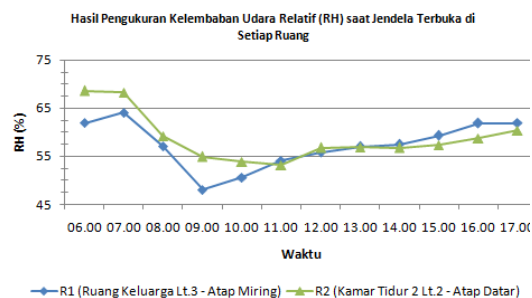
Dari hasil diagram suhu udara pada saat jendela terbuka ditemukan sebuah perbedaan yang menonjol dari ruangan yang menggunakan jenis atap datar pada ruang

R2, suhu udara pada ruang tersebut mulai menunjukkan perbedaan pada pukul 08.00-09.00 WIB (29,5°C) sampai 17.00-18.00 WIB (31,3°C), sedangkan pada atap miring (R1) pergerakan suhu udara berada dibawah atap datar (R2) pada interval waktu yang sama. Dilihat dari rata-rata suhu udara ruang dalam rekayasa jendela terbuka R1 menghasilkan 30,7°C sedangkan R2 menghasilkan 30,8°C. Pada rekayasa jendela tertutup rata-rata suhu udara ruang pada R1 menghasilkan 30,5°C dan pada R2 30,8°C.

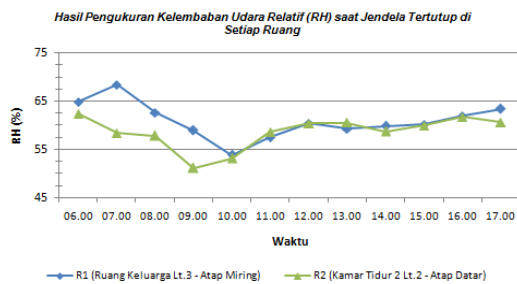
Diagram suhu udara pada saat jendela tertutup memperlihatkan pada saat suhu tertinggi berada pada nilai 31,7°C pada R2 yang menggunakan jenis atap datar pada interval waktu 15.00-16.00. Sedangkan nilai suhu udara paling tinggi pada saat jendela terbuka 32°C yang berada pada ruang R2 di interval waktu yang sama pada saat jendela tertutup yaitu pada pukul 15.00-16.00.

4.1.5. Hasil Pengukuran dan Analisa Kelembaban Udara (RH)

Dari diagram hasil pengukuran diatas jika dibandingkan dengan standar kenyamanan thermal ruang-ruang tersebut mendapatkan kelembaban udara relative pada interval waktu 09.00-10.00 WIB di ruang R1 yang menggunakan jenis atap miring dalam rekayasa jendela terbuka. Sedangkan jika dilihat dari nilai rata-ratanya pada R1 57,5% (jendela terbuka) dan 61% (jendela tertutup), pada R2 58,8% (jendela terbuka) dan 58,7% (jendela tertutup), tidak ada yang menghasilkan kelembaban udara relative sesuai standar kenyamanan thermal menurut SNI 03-6572-2001.



Gambar 9. Grafik hasil pengukuran kelembaban udara pada jendela terbuka di tiap ruang



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran kelembaban udara pada jendela terbuka di tiap ruang

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Jenis atap mempengaruhi suhu udara rongga atap dibawahnya, ini dibuktikan dari grafik yang telah dijabarkan pada bab pembahasan, yaitu jenis atap datar (R2) memiliki suhu permukaan atap sebesar 38°C dan suhu udara rongga atap sebesar $34,7^{\circ}\text{C}$, dibandingkan dengan jenis atap miring (R1) yang menghasilkan suhu permukaan atap sebesar $27,4^{\circ}\text{C}$ dan suhu udara rongga atap sebesar $28,9^{\circ}\text{C}$, atap datar jelas lebih tinggi, ini diakibatkan dari jarak tinggi rongga atap pada jenis atap miring lebih tinggi $> 2\text{m}$ pada bagian tengahnya, sedangkan pada jenis atap datar lebih rendah hanya 60cm dan pengaruh dari bahan materialnya, atap datar yang menggunakan bahan material dak beton memiliki ketebalan 12cm / lebih tebal dibandingkan dengan atap miring yang menggunakan genteng keramik yang memiliki ketebalan lebih tipis sehingga kadar kalor yang merambat pada material penutup atap tersebut menjadi lebih cepat dibandingkan dengan atap datar yang merambatkan panasnya lebih lama.
- Suhu permukaan atap dan suhu udara rongga atap akan mempengaruhi suhu udara ruang dibawahnya. Ini dibuktikan dengan grafik suhu udara ruang yang ada pada tiap ruang, pada ruang yang menggunakan jenis atap datar (R2) rata-rata suhu udara ruang pada rekayasa jendela terbuka sebesar $30,8^{\circ}\text{C}$ dan pada rekayasa jendela tertutup $30,8^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada rata-rata suhu udara ruang yang menggunakan atap miring (R1) pada rekayasa jendela terbuka sebesar $30,7^{\circ}\text{C}$ dan pada rekayasa jendela tertutup sebesar $30,5^{\circ}\text{C}$. Hasil tersebut membuktikan bahwa suhu udara ruang atap datar lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara ruang atap miring.

- Dari hasil penelitian kali ini pengaruh dari bentuk atap yang didapatkan dari hasil pengukuran suhu permukaan atap terhadap karakteristik thermal dalam ruang dari data hasil pengukuran suhu udara ruang, dihasilkan bahwa bentuk atap akan mempengaruhi suhu udara ruang dibawahnya, yang disebabkan oleh beberapa faktor antara lain :
 - Adanya perbedaan volume rongga atap yang berada di bawah permukaan atap, atap datar memiliki volume rongga atap yang lebih sempit dibandingkan dengan volume rongga atap pada atap miring yang menyebabkan panas dari permukaan atap dapat direduksi di rongga atap, sehingga suhu udara ruang yang dihasilkan menjadi lebih kecil.
 - Adanya perbedaan bahan material atap, yang menyebabkan adanya perbedaan rambatan suhu panas yang terjadi pada masing-masing bahan materialnya karena memiliki ketebalan yang berbeda, atap datar dengan material beton bertulang yang padat memiliki ketebalan 12cm , sedangkan material atap miring menggunakan genteng keramik dengan ketebalan 2cm . ini mengakibatkan suhu yang dihasilkan dari permukaan atap datar lebih lambat turun ke bawah karena bahan material beton bertulang yang lebih tebal dan padat dibandingkan dengan genteng keramik.

Akan tetapi suatu ruang tidak dapat ditentukan oleh faktor yang telah disebutkan diatas saja, ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi seperti adanya kecepatan aliran udara yang dihasilkan melalui ventilasi dan bukaan seperti pada penelitian kali ini pada ruang R1 pergerakan grafik suhu udara ruang pada rekayasa jendela terbuka lebih rendah, sedangkan pada rekayasa jendela tertutup pergerakan suhu udara ruang hampir sama, hanya saja atap datar lebih lambat merambatkan panasnya, hasil ini membuktikan bahwa suhu udara ruang pada atap miring dalam rekayasa jendela terbuka lebih rendah karena ada faktor aliran udara dari jumlah bukaan yang lebih banyak dan membentuk *cross ventilation*, sedangkan pada atap datar hanya memiliki satu bukaan dari bagian depan saja. tingkat kelembaban udara relatif yang cenderung kering

walaupun pada beberapa waktu menghasilkan nilai yang sesuai dengan standar, jenis pakaian yang dikenakan dan tingkat metabolisme tubuh, serta orientasi bangunan / ruang terhadap garis orientasi matahari.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/ASHRAE 55-1992, ASHRAE Standard Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, 1981, USA
- ASHRAE, "Handbook of Fundamental Chapter 8" (1989) Physiological Principles, Comfort, and Health ASHRAE, USA.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1993). Standar: Tata Cara Perencanaan Teknik Konservasi Energi Pada Bangunan Gedung, Bandung: Yayasan LPMB.
- Egan, M. David (1975), *Concept in Thermal Comfort*, London: Prentice-Hall International.
- Fanger (1970), *Thermal Comfort : Analysis and Application in Environmental Engineering*, Danish Technical Press, Denmark.
- Frick, H., Ardiyanto, A. dan Darmawan, A. (2008). *Ilmu Fisika Bangunan: Pengantar Pemahaman Cahaya, Kalor, Kelembaban, Iklim, Gempa Bumi, Bunyi dan Kebakaran*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Givoni, B, 1976. *Man, Climate and Architecture second edition*. London: Applied Science Publishers Ltd.
- Hoppe, P., *Thermal Comfort: Analysis and Application in Environmental Engineering*. Danish Technical Press, Copenhagen. 1988.
- ISO, *International Standard 7730-1994, Moderate Thermal Environments- Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*. ISO, Geneva, 1994.
- Karyono, Tri Harso. 2001. *Teori dan Acuan Kenyamanan Termis dalam Arsitektur*. Jakarta : PT Catur Libra Optima.
- Muhadjir, Noeng, 2000, *Metode Penelitian Kualitatif*, Jogja: Rake Sarasin.
- Narbuko, C., & Achmadi, A., (2001). *Metodologi Penelitian*, Jakarta.
- Prakoso, N. A., Lamhala, A. K., Sentanu, G., 2014. *Kajian Penerapan Material Selubung Bangunan yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal dan Kenyamanan Visual*. Jakarta.
- Prianto, E, 2007. *Rumah Tropis Hemat Energi Bentuk Kepedulian Global Warming*. Jurnal Pengembangan Kota Semarang RIPTK, Vol.1, No.1. Semarang.
- Prianto, E. dan Dwiyanto, A. 2013. *Profil Penutup Atap Genteng Beton Dalam Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Skala Rumah Tinggal*. Modul Vol. 13, No.1, Januari-Juni 2013. Semarang.
- Satwiko, P. 2005. *Arsitektur Sadar Energi*. Penerbit Andi, ISBN 979-791-793-5, 220hal. Yogyakarta.
- Setyowibowo, L. 2013. *Indeks Keyamanan Dan Tingkat Konsumsi Energi Listrik Di Rumah Sakit Azra*, Bogor.
- SNI 03-6572-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta