

PENGGUNAAN LAPISAN *WATERPROOF* BERWARNA TERANG PADA PENUTUP ATAP SEBAGAI ELEMEN HEMAT ENERGI MURAH

Hendrico Firzandy

Abstrak: Penelitian ini menawarkan bahan bangunan alternatif yang dapat menghemat energi. Potensi penghematan energi yang dimiliki oleh material secara mudah dan murah dapat diperoleh oleh banyak orang inilah, kemudian ingin saya sodorkan ke masyarakat sebagai alternatif untuk berkontribusi pada usaha penghematan energi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk mengungkap potensi material yang akan diteliti. Penelitian ini mengandalkan data empiris yang dihasilkan dari pengamatan lapangan. Penggunaan model ruangan dalam skala tertentu mensimulasikan kondisi ruangan di dalam rumah. Pencatatan perubahan suhu di dalam ruang model yang ditutupi oleh penutup atap yang dilapisi oleh material berwarna tertentu akan dilakukan secara terus - menerus pada jam - jam tertentu. Kompilasi data akan dibandingkan dengan data pada kontrol dan pada pemakaian bahan penutup atap lainnya. Hasil dari penelitian ini akan berupa rekomendasi bagi banyak orang menggunakan material waterproofing dengan tujuan untuk memberi kesempatan bagi berbagai lapisan masyarakat untuk berkontribusi pada usaha penghematan energi di rumah mereka.

Kata kunci: hemat energi, lapisan masyarakat, material bangunan murah, *waterproofing*

Latar Belakang

Semakin menipisnya cadangan minyak bumi di dunia dan Indonesia, menjadikan arahan pembangunan berkelanjutan (*sustainable*). Minyak bumi saat ini masih menjadi andalan utama manusia untuk menjalankan berbagai perangkat dan peralatan yang menunjang kehidupannya. Bahkan energi listrik masih dihasilkan dari minyak bumi. Kebanyakan manusia belum sepenuhnya sadar akan ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil. Padahal ketergantungan ini telah membawa kepada habisnya

cadangan energi dan banyaknya kerusakan pada bumi. Kerusakan (*ecological footprint*) pada bumi ini tentu saja sesuatu yang sangat serius karena telah sampai pada tahap yang mengkhawatirkan. Kerusakan yang terjadi di bumi cenderung sulit atau membutuhkan waktu yang sangat lama untuk kembali kepada kondisi semula. Hal ini memberi masa depan yang buruk bagi generasi penerus dan pada akhirnya mewarisi kondisi bumi yang rusak parah. Berbekal latar belakang ini, saya ingin melakukan penelitian yang hasilnya dapat mendorong manusia untuk turut

Hendrico Firzandy adalah pengajar tetap pada Program Studi Arsitektur, Fakultas Seni & Desain, Universitas Multimedia Nusantara.

e-mail: hendrico.firzandy@umn.ac.id

serta mengurangi pemakaian sumber energi fosil.

Perumusan Masalah

Rumah tangga adalah salah satu penyumbang terbesar dalam pemakaian sumber energi termasuk energi yang berasal dari minyak bumi. Dengan kemajuan teknologi, rumah tangga modern banyak menggunakan peralatan modern yang mengkonsumsi energi listrik. Pendingin udara adalah salah satu peralatan elektronik yang saat ini semakin banyak digunakan. Indonesia sebagai negara tropis lembab seharusnya bisa menggunakan teknik pasif sebagai usaha untuk mendinginkan suhu di dalam rumah, namun dengan kondisi lahan yang terbatas mengharuskan rumah saling berhimpitan. Kondisi ini tentu saja menjadikan angin tidak dengan mudah masuk ke dalam hunian yang pada akhirnya mengakibatkan panas dan lembab di dalam rumah tidak tersirkulasikan dengan baik. Hal inilah yang mengakibatkan banyak rumah tangga di Indonesia terpaksa menggunakan pendingin udara demi mendapatkan suhu nyaman di dalam rumah. Padahal pendingin udara adalah salah satu perangkat elektronik yang mengkonsumsi energi listrik yang sangat besar. Pemborosan energi inilah pada akhirnya menjadi masalah

mendesak yang perlu untuk ditangani segera.

Rumah adalah tempat manusia bernaung memiliki elemen atap untuk menaunginya. Banyak jenis penutup atap yang dapat kita temukan di pasaran dan beberapa memiliki beragam lapisan yang membantu meningkatkan perlindungan. Pada bangunan dan hunian di area beriklim tropis lembab seperti Indonesia, maka perlindungan terhadap kebocoran menjadi faktor yang menjadi perhatian utama. Material yang dapat bertindak sebagai lapisan pelindung terhadap kebocoran dan penurunan suhu adalah salah satu cara yang paling efektif dan efisien dalam menangani masalah umum di hunian beriklim tropis lembab.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Warna adalah salah satu elemen arsitektural yang memiliki peran penting. Pengaplikasiannya pada dinding ataupun langit-langit telah menjadi hal yang biasa. Warna pada bahan penutup atap pun sudah menjadi hal yang biasa walaupun lebih kepada aspek estetika. Saya menduga bahwa dengan mengaplikasikan lapisan berwarna tertentu (berwarna cerah), maka atap menjadi



Gambar 1. (kiri) Penggunaan warna putih pada atap bangunan di Bermuda. Sumber google 5 Feb 2016, (kanan) Pemakaian warna putih pada dinding bangunan di Pulau Santorini Yunani. Sumber google 5 Feb 2016.

salah satu elemen penghemat energi yang murah dan aplikatif oleh semua lapisan masyarakat. Hal ini tentu saja memberi dampak penghematan energi bila ide ini diterapkan pada hunian.

Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang saya lakukan lebih kepada penelitian - penelitian serupa dengan penelitian ini. Saya berkontribusi pada penelitian yang bersifat aplikatif dan dapat langsung dilakukan oleh orang banyak. Beberapa penelitian di bawah ini berkaitan dengan penelitian yang akan saya lakukan dan sekaligus membantu saya memahami posisi penelitian yang akan saya lakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Ali Hussein Amaireh membahas mengenai aplikasi warna pada bangunan rumah tinggal di United Arab Emirates (Amaireh, 2006). Penduduk di negara ini cenderung menggunakan warna pada rumah mereka sebagai simbol untuk menentukan kelas sosial, pangkat dan jabatan, kebanggaan keluarga, atau sekedar mengikuti trend berekspresi. Pada mulanya, mereka lakukan mengikuti warna rumah tradisional mereka yang berwarna - warni dan sangat mencolok (vivid). Namun generasi muda tidak pernah hidup di zaman nenek moyang, sehingga mereka tidak benar - benar mengenal warna tradisional. Akibatnya, generasi muda menganggap pemakaian warna pada hunian mereka sekedar tren yang berakhir pada pemakaian warna yang jauh dari warna tradisional dan yang akhirnya tidak baik secara estetika. Penelitian Ali Husein ini berakhir dengan menghasilkan arahan (guidance) bagi pemilik rumah agar menggunakan warna yang pantas sehingga menghasilkan kenyamanan bagi penghuninya sendiri dan meningkatkan penampilan keseluruhan dari rumah-rumah di negara tersebut (Amaireh, 2006). Penelitian milik Amaireh ini menunjukkan bahwa war-

na secara langsung memiliki pengaruh pada tingkat kenyamanan, pada hal ini kenyamanan visual (Amaireh, 2006). Penelitian ini juga berbicara mengenai aplikasi warna pada bangunan dan tingkat kenyamanan penghuninya. Namun penelitian berfokus pada tingkat kenyamanan termal terkait dengan sensor perasa pada kulit serta penggunaan lapisan pada permukaan penutup atap demi mencapai tingkat kenyamanan tersebut.

Penelitian berjudul Cool Color Roofing Materials membahas pemakaian warna pada berbagai penutup atap dapat mengurangi energi panas yang masuk ke dalam bangunan (Akbari, 2006). Penelitian ini mengungkap bahwa faktor reflektif pada atap dapat mencapai sampai dengan 60% dibandingkan penutup atap biasa yang hanya berkisar pada angka 10-20% (Akbari, 2006). Untuk mengetahui seberapa besar warna berpengaruh pada reflektifitas atap, penelitian ini mencoba untuk menggunakan berbagai bahan penutup atap yang dilapisi dengan berbagai pigmen warna cerah. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gambaran seberapa besar pengaruh pigmen warna pada berbagai bahan atap dapat meningkatkan angka reflektifitasnya. Penelitian ini memiliki kemiripan yang sangat mendasar dengan penelitian yang akan saya lakukan. Perbedaannya adalah bahwa saya mencoba untuk menggunakan bahan - bahan sederhana dan murah.

Sementara Sarah Sweetser dalam Roofing for Historic Buildings menyatakan bahwa penutup atap pada mulanya digunakan sebagai shelter, pelindung dari cuaca, hujan, dan matahari (Sweetser, 2016). Pada perjalanannya bahan atap terbuat dari berbagai macam bahan seperti pecahan batu, kayu, metal, dan juga tanah liat. Penelitian Sweetser ini membahas kekuatan dan daya tahan

setiap bahan terhadap gempuran cuaca yang akhirnya menyampaikan Sweetser pada kesimpulan bahwa atap tile dengan bahan tanah liat adalah bahan yang paling kuat terhadap gempuran cuaca (Sweetser, 2016). Penelitian Sweetser ini membantu saya dalam menyempitkan pemilihan obyek penelitian. Bahan atap yang akan saya gunakan adalah genting yang terbuat dari tanah liat karena kuat dan juga lebih mudah ditemukan di pasaran serta populer di seluruh lapisan masyarakat. Bahan atap ini nantinya akan saya lapiasi dengan lapisan waterproofing berwarna terang sebagai elemen yang mampu merefleksikan panas maupun radiasi matahari.

Pada penelitian Long Term Reflective Performance of Roof Membranes menyatakan bahwa lapisan (membrane) sebagai elemen pengurang radiasi panas matahari yang diaplikasikan pada material atap dapat berkurang efek reflektivitasnya (Roodvoets, 3 February 2016). Kondisi ini tentu saja berpengaruh terhadap efektifitas dari lapisan yang semula dimaksudkan untuk mengurangi panas di dalam hunian. Hal ini pada akhirnya berkaitan dengan aspek ekonomis dari lapisan ini. Penelitian ini pada akhirnya menghasilkan suatu proposal perlunya pengaplikasian secara berkala untuk menjaga tingkat reflektivitas dari lapisan tersebut. Penelitian ini berkaitan dengan penelitian yang akan saya lakukan karena berbicara mengenai penghematan energi sekaligus aspek ekonomis dari lapisan tersebut.

Sedangkan penelitian C. Herrmanns, H.-G. Poersch-Panke, dan J. Rokowski berbicara mengenai pengaplikasian Cool Reflective Roof Coatings (CRRC) pada atap hunian (Herrmanns, Poersch-Panke, & Rokowski, 2016). Penelitian ini menemukan bahwa pemakaian lapisan (coating) ini di musim panas tahun1980-an membuktikan bahwa pe-

makaian energi mengalami penurunan sebanyak 21,9% bila dibandingkan dengan pemakaian energi pada musim dingin (Herrmanns, Poersch-Panke, & Rokowski, 2016). Penelitian lanjutan yang dilakukan pada tahun 2001 sampai dengan 2003 menemukan bahwa terdapat penurunan suhu pada rumah yang menggunakan lapisan ini walaupun rumah tersebut tidak menggunakan pendingin udara. Penelitian ini juga membuktikan bahwa pigmen putih pada lapisan adalah penyebab menurunnya suhu ruangan karena kemampuannya untuk merefleksikan panas dan sinar matahari (Herrmanns, Poersch-Panke, & Rokowski, 2016). Kesimpulan dari penelitian ini adalah kemampuan lapisan ini menurunkan suhu di dalam hunian turut memberi kontribusi dalam menyelamatkan lingkungan. Lapisan CRRC ini diharapkan dapat membantu target negara - negara Eropa dalam menurunkan produksi gas emisi sampai dengan 20% pada tahun 2020 nanti. Penelitian ini berkaitan erat dengan penelitian saya karena memberi gambaran yang jelas akan betapa pentingnya usaha - usaha penghematan energi yang dilakukan secara masal. Kegiatan masal ini menjadi penting karena lapisan masyarakat menengah ke bawah masih lebih banyak dari pada menengah ke atas.

Penelitian Harry Suehrcke di Australia kembali menunjukkan bahwa warna terang (light color) pada atap memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan atap yang berwarna gelap (Suehrcke, 2016). Energi panas matahari yang diserap oleh atap berwarna terang ini sebesar 30% lebih rendah bila dibandingkan atap berwarna gelap (Suehrcke, 2016). Hal ini tentu saja memberi keuntungan pada ruangan yang berada di bawah atap tersebut karena energi panas yang masuk dari radiasi bahan penutup atap lebih rendah. Kondisi ini memungkinkan penghuni untuk mengurangi pe-

makaian pendingin udara. Penelitian ini juga menunjukkan penurunan kemampuan bahan penutup atap dalam merefleksikan sinar dan panas matahari seiring dengan pemakaian yang lama dan berjalannya waktu (Suehrcke, 2016). Suehrcke juga melakukan percobaan dengan menggunakan bermacam varian warna terang sampai dengan gelap untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap kemampuan bahan untuk merefleksikan panas maupun mengukur seberapa besar panas yang diserap oleh bahan tersebut.

Metode

a. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dipilih yang memiliki curah sinar matahari yang cukup paling tidak selama 6 sampai dengan 8 jam per harinya. Kondisi ini menjadi syarat mutlak karena penelitian ini berkaitan dengan kemampuan bahan yang diteliti merefleksikan sinar dan panas matahari. Tujuan mendasar dari penelitian ini sebenarnya adalah untuk memberikan suatu solusi bagi pemecahan masalah pada kebocoran atap dan suhu panas yang sangat sering dialami oleh orang yang tinggal di area beriklim tropis lembab dengan curah hujan yang sangat tinggi seperti di Indonesia. Kondisi atap yang sering bocor sering diselesaikan dengan mengaplikasikan lapisan (waterproofing). Lapisan ini relatif murah dan dapat digunakan oleh seluruh lapisan masyarakat. Lapisan ini juga tersedia dalam berbagai merek dan warna walau cenderung tersedia dalam warna - warna terang. Untuk itulah saya mencoba untuk melakukan penelitian yang mengangkat potensi lapisan ini sebagai bahan yang murah dan mudah diperoleh sekaligus sebagai bahan penghemat energi.

b. Jenis dan Sumber Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif. Data ini berupa data primer maupun sekunder yang dapat diperoleh melalui catatan penelitian, penelusuran makalah ataupun jurnal penelitian sebelumnya, maupun standar - standar mengenai kekuatan dan potensi bahan yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

c. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan terhadap percobaan lapangan dan mencatat segala data perubahan suhu yang terjadi pada ruangan di dalam maket di setiap jam pada rentang tertentu. Saya melakukan percobaan atas beberapa bahan bangunan yang berpotensi sebagai bahan bangunan yang paling sering digunakan oleh berbagai lapisan masyarakat, terutama lapisan menengah ke bawah. Kemudian saya membuat beberapa model sederhana yang merepresentasikan ruangan di dalam sebuah hunian. Kemudian di setiap model tersebut, saya tutup dengan bahan penutup atap yang akan saya teliti. Pada model kontrol tidak diberi perlakuan apapun, sementara pada model ruang berikutnya bahan penutup atap saya lapiasi dengan waterproof berwarna cerah (putih). Kemudian di dalam model-model ruang ini, saya letakkan pengukur suhu yang dapat dipantau dari luar tanpa harus membuka model ini. Hal ini dimaksudkan agar suhu di dalam model tetap terjaga dan tidak mengalami perubahan suhu yang mendadak akibat dibukanya model tersebut. Sementara pengukuran suhu sendiri dilakukan setiap jam sekali dimulai dari pukul 10.00 pagi sampai dengan pukul 15.00. Hal ini harus dilakukan untuk mendapatkan grafik perubahan suhu yang terjadi di dalam model pada

setiap jamnya.

Analisis Data

Analisis data adalah membandingkan hasil temuan percobaan dengan data kontrol yang juga saya sediakan. Selain itu, temuan percobaan akan dibandingkan antara material satu dengan material lainnya untuk memastikan tingkat efektifitas dari bahan yang saya aplikasikan di atasnya. Perubahan atas suhu yang terjadi di dalam ruangan model akan saya catat pada jam - jam tertentu.

Hasil dari analisis ini saya buat sebagai suatu rekomendasi terutama bagi lapisan masyarakat menengah dan bawah sebagai suatu cara berpartisipasi bagi mereka dalam rangka melakukan penghematan energi secara sederhana. Selain sebagai suatu cara yang mudah dan murah dalam mengatasi suhu panas di dalam hunian, mereka tanpa harus menggunakan pendingin udara.

Standar kenyamanan termal di area tropis

Standard kenyamanan suhu yang dimaksud adalah untuk area tropis lembab, seperti di Indonesia. Standard inilah untuk mengukur tingkat kenyamanan suhu bagi manusia, terutama yang berada di dalam ruangan. Namun sangat disayangkan bahwa sampai dengan saat ini belum ada standard yang benar - benar baku dan berlaku untuk area tersebut, khususnya di Indonesia. Sedangkan standard kenyamanan suhu yang tersedia biasanya berlaku untuk area sub - tropis. Saya mencoba untuk mengacu pada standar yang mungkin serupa dengan kondisi tropis Indonesia.

Penelitian yang pernah dilakukan di Dhaka, Bangladesh berjudul "Temperature Standards for the Tropics"

menunjukkan bahwa tingkat kenyamanan manusia adalah sekitar $26,6^{\circ}\text{C}$ dengan toleransi sekitar $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Ahmed, 1995). Artinya tingkat kenyamanan manusia di area tropis adalah berkisar antara $24,6^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $28,6^{\circ}\text{C}$. Dengan kondisi suhu Indonesia yang sehari - harinya berkisar pada angka $21^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$, maka terdapat perbedaan suhu yang cukup besar terutama di siang hari, yaitu sekitar $5,4^{\circ}\text{C}$ dari ambang tertinggi kenyamanan suhu. Perbedaan suhu yang kemudian harus diatasi oleh manusia yang tinggal di area tropis lembab. Pertanyaannya kemudian adalah cara penghuni area tropis tersebut dapat menurunkan suhu agar mencapai tingkat kenyamanan suhu di dalam ruang.

Salah satu cara yang paling umum adalah membuat peneduh. Namun kota sudah dipenuhi dengan rumah maupun bentuk hunian lain, celakanya saling berhimpitan sehingga semakin mengecilkan kemungkinan bagi penghuni kota untuk mendapatkan ventilasi silang (Gambar 3). Beruntung bagi sebagian penduduk kota yang memiliki kesempatan menggunakan kemajuan teknologi seperti AC (Air Conditioner) untuk mencapai tingkat kenyamanan suhu walau sebenarnya cukup mahal dan memakan energi.



Gambar 2. Kondisi permukiman kota - kota di Indonesia.

Namun banyak orang yang karena keterbatasan finansialnya belum atau tidak mendapatkan tingkat kenyamanan suhu tersebut. Untuk itu, saya mencoba untuk mencari suatu cara agar setiap orang dapat menurunkan suhu di dalam ruangnya secara sederhana melalui penelitian ini.

Teknik yang kemudian berkembang di negara - negara yang memiliki iklim serupa dengan di Indonesia adalah teknik *passive cooling*. Usaha maupun dana yang harus dikeluarkan untuk memerolehnya hanya dikeluarkan pada awal saja. Teknik maupun bahan harus cukup murah dan mudah diaplikasikan oleh warga yang kurang mampu. Salah satu teknik murah ini dengan mengaplikasikan suatu warna pada bahan atap hunian yang memiliki kemampuan untuk merefleksikan panas maupun radiasi yang dipancarkan oleh matahari.

Warna putih memiliki kemampuan merefleksikan panas dan cahaya matahari yang paling tinggi bila dibandingkan dengan warna - warna lainnya. Hal ini dapat dimengerti karena warna putih memantulkan kembali seluruh spektrum cahaya sehingga panas atau radiasi tidak terserap dengan baik oleh bahan yang dilapisinya. Hal ini pada akhirnya mampu mengurangi suhu atau radiasi yang masuk ke dalam ruangan yang berada di bawah bahan penutup atap.

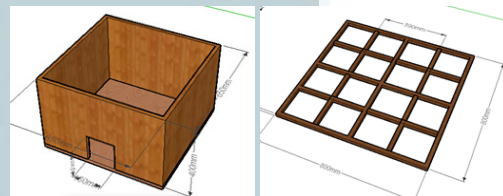
Penelitian

a. Kotak Model Ruang

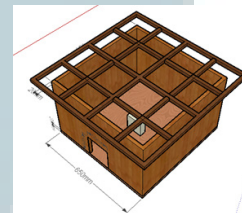
Saya membuat model ruang yang terbuat dari kayu jati dengan ukuran (panjang 65 cm x lebar 65 cm x tinggi 40 cm) untuk mensimulasikan ruangan yang sesungguhnya (Gambar 6). Pemilihan ukuran ditentukan dengan pertimbangan tidak terlalu kecil namun tidak terlalu besar agar mudah penanganan-

nya. Model ini tidak memiliki lubang di sekeliling sisinya dengan maksud agar tidak ada pergantian udara yang dapat memengaruhi perubahan suhu. Satu - satunya lubang yang ada hanya berukuran 15 x 15 cm di bagian muka yang dimaksudkan untuk memantau suhu dari termometer digital yang diletakkan di bagian dalam model tersebut.

Rangka berukuran 80 cm x 80 cm



Gambar 3. (Kiri) Kota Simulasi Ruang, (kanan) Rangka Penutup (penyangga penutup atap).



Gambar 4. Gambaran keseluruhan rangkaian kotak penelitian

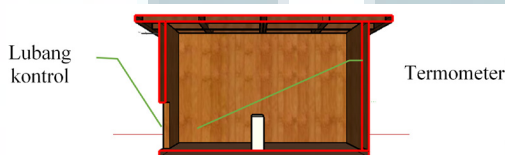
dibuat untuk menyangga bahan penutup atap di bagian atas kotak. Pemilihan rangka dipilih dengan pertimbangan agar dapat menahan beban genteng sekaligus memberi kesempatan bahan genteng untuk dapat meneruskan panas akibat radiasi matahari ke dalam ruangan yang berada di bawahnya. Rangka yang tidak memiliki jarak dengan kotak sengaja dipilih tetap dengan pertimbangan yang sama yaitu agar tidak terjadi pergantian udara di dalam kotak sehingga kondisi suhu di dalam kotak tetap terjaga.

Radiasi inilah yang nantinya akan memengaruhi suhu udara yang berada

di dalam ruang model. Suhu udara itu lah yang kemudian akan diukur melalui termometer yang diletakkan di dalam kotak model ruang.

Terdapat 2 buah kotak penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini. Yang pertama adalah kotak kontrol dengan kondisi kotak yang ditutupi dengan bahan penutup atap tanpa lapisan apapun. Sementara kotak kedua adalah kotak penelitian yang ditutupi bahan penutup atap dengan lapisan waterproof berwarna putih di atasnya.

Saya menggunakan tiga termometer



Gambar 5. Potongan kotak simulasi ruang.

yang digunakan untuk mengukur tiga kondisi yang berbeda. Termometer pertama untuk mengukur kondisi suhu luar ruangan dimana kedua kotak penelitian ditempatkan. Termometer kedua adalah untuk mengukur kondisi di dalam kotak kontrol, yaitu kotak dengan kondisi normal yang bahan penutup atapnya tidak dilapisi oleh material apapun. Sedangkan termometer ketiga untuk mengukur suhu di dalam kotak penelitian yang bahan penutup atapnya dilapisi dengan material waterproof berwarna putih.

Pengukuran suhu pada ketiga kondisi ini dilakukan pada siang hari sampai dengan sore hari (jam 10.00 - 15.00) ketika kondisi matahari dalam kondisi puncak memancarkan radiasinya. Hasil pengukuran di setiap jam dalam rentang waktu tersebut, kemudian ditabulasi dalam diagram yang menggambarkan perbedaan suhu dari ketiga kondisi tersebut di atas.

b. Bahan Penutup Atap

Penelitian ini menggunakan 2 macam penutup atap yang terbuat dari 2 bahan yang berbeda. Penutup atap yang pertama adalah genteng keramik yang dilapisi glazur. Penutup atap yang kedua adalah genteng beton yang hanya diberi lapisan cat berwarna.



Gambar 6. Genteng beton (kiri) dan genteng keramik (kanan).

Pemilihan kedua macam penutup atap ini dengan alasan untuk melihat efektifitas dari penggunaan lapisan waterproofing pada berbagai bahan penutup atap, serta pertimbangan sering dipilihnya dan mudah didapatkannya kedua bahan ini sebagai penutup atap.

Untuk kotak model dengan kondisi khusus, kedua bahan penutup atap ini dilapisi dengan waterproofing berwarna putih sebanyak 2 lapis dengan pertimbangan agar warna benar - benar putih dan menutup seluruh permukaan warna asli genteng. Pertimbangan ini juga dipilih karena memang sesuai dengan standar pelapisan yang dikeluarkan oleh produsen waterproofing agar material tersebut dapat bekerja baik.

c. Pengukuran Suhu

Untuk memberi kesempatan bagi bahan penutup atap menyalurkan radiasinya ke dalam ruangan di dalam model, maka saya membiarkan kedua kondisi penelitian tersebut terpapar matahari sejak pukul 9.00 pagi atau paling tidak 1 jam sebelum pengukuran dilakukan. Se-

hingga ketika pengukuran dimulai pada pukul 10.00 suhu di dalam model telah terkondisikan. Berikut adalah beberapa tabel dan grafik hasil pengukuran terhadap kedua bahan tersebut.

Setelah kondisi kotak - kotak penelitian terkondisikan, maka saya mencatat perubahan suhu pada ketiga kondisi di setiap jamnya dimulai dari pukul 10.00 pagi hingga pukul 15.00 sore. Bahan penutup atap yang pertama saya teliti adalah genteng dengan bahan beton yang hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 1 dan Grafik 1. Sedangkan untuk penutup atap dengan bahan keramik hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Grafik 2.

Analisis

Kapur putih atau lapisan berwarna putih memiliki kemampuan merefleksikan sinar matahari sebesar 80 (Mangunwijaya, 1998), maksudnya semakin besar persentase dari bahan, maka semakin besar kemampuannya menolak panas. Dari kedua tabel hasil penelitian yang merepresentasikan hasil pengukuran terhadap kedua bahan penutup atap yang dipilih, terlihat pemberian lapisan waterproof berwarna putih cukup memberi pengaruh dalam meredam panas untuk masuk ke dalam ruangan. Terlihat juga pemakaian lapisan berwarna putih ini juga memiliki pengaruh yang sama pada bahan yang berbeda (beton dan keramik).

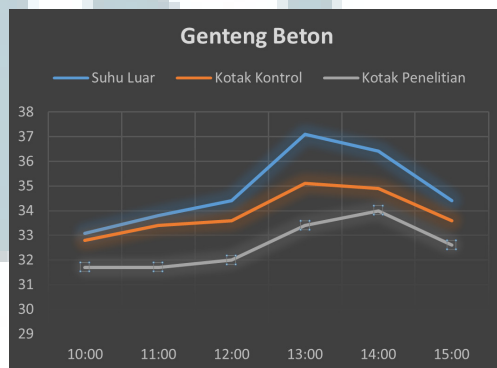
Lapisan berwarna putih ini mampu menghasilkan perbedaan suhu antara ruang luar dan dalam sampai dengan rata-rata 2,3°C untuk genteng beton (Tabel.2 kolom A-C baris rata-rata) dan sampai dengan 2,5°C untuk genteng keramik (Tabel.4 kolom A-C baris rata-rata). Kemampuan ini cukup signifikan bila dibandingkan kemampuan penutup atap tanpa dilapisi waterproofing berwarna putih yang ha-

nya menurunkan suhu yang mencapai angka rata-rata 0,97°C (genteng beton) dan 0,82°C (genteng keramik). Kemampuan ini cukup membantu penurunan suhu di dalam ruangan mencapai tingkat nyaman suhu, mengingat tingkat kenyamanan suhu ruangan di daerah tropis yang maksimal pada angka 28,6°C. Walaupun terbaca pada tabel bahwa suhu di dalam ruangan ketika suhu tertinggi di siang hari hanya bisa diturunkan pada angka 34°C dan 32°C. Dari tabel ini juga terlihat suhu ruangan masih harus diturunkan sebanyak kurang lebih 3,4°C – 5,4°C lagi untuk mencapai suhu ideal ambang atas sebesar 28,6°C. Tentu saja kondisi ini masih jauh dari suhu ideal kenyamanan huni, apalagi penghuni tidak menggunakan pendingin udara maupun kipas angin. Namun, tambahan penurunan suhu sebesar 1,33 dan 1,68 sudah dirasa cukup membantu.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu untuk Penutup Atap Genteng Beton

Jam	Suhu Luar	Suhu di dalam Kotak Kontrol	Suhu di dalam Kotak Penelitian
10.00	33,1 °C	32,8 °C	31,7 °C
11.00	33,8 °C	33,4 °C	31,7 °C
12.00	34,4 °C	33,6 °C	31,7 °C
13.00	37,1 °C	35,1 °C	33,4 °C
14.00	36,4 °C	34,9 °C	34 °C
15.00	34,4 °C	33,6 °C	32,6 °C

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu untuk Penutup Atap Genteng Beton



Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu untuk Penutup Atap Genteng Keramik

Jam	Suhu Luar	Suhu di dalam Kotak Kontrol	Suhu di dalam Kotak Penelitian
10.00	30,1 °C	29,1 °C	28,2 °C
11.00	33,6 °C	32,8 °C	29,4 °C
12.00	34 °C	33,8 °C	31,6 °C
13.00	35,5 °C	33,9 °C	32,3 °C
14.00	34,3 °C	33,5 °C	32,3 °C
15.00	33,3 °C	32,8 °C	31,6 °C

Tentu saja penurunan suhu secara pasif tidak hanya dilakukan dengan memasang lapisan berwarna putih pada bahan penutup atap. Terdapat banyak cara lain yang bisa dikombinasikan agar suhu ideal di dalam ruangan tercapai, misalnya membuat ruang di antara penutup atap dan ruangan di bawahnya dengan menghadirkan plafon guna menciptakan lapisan buffer sehingga suhu di dalam ruangan menjadi lebih rendah lagi. Prinsip ini dikenal dengan nama atap dingin, amun penelitian ini tentu saja tidak membahas hal tersebut lebih lanjut.

Analisis Harga

Saya mengungkapkan keprihatinan akan kurangnya kemampuan masyarakat lapisan bawah untuk bisa turut serta dalam upaya penghematan energi. Terkait dengan hal tersebut maka analisis berikut lebih terkait dengan harga material yang diusulkan. Tujuannya tentu saja untuk melihat apakah material yang digunakan pada penelitian ini masih dalam keterjangkauan seluruh lapisan masyarakat. Tentu saja merek tertentu tidak akan disebutkan dalam penelitian ini. Sedangkan pemilihan materialnya sendiri dipilih yang cukup populer di masyarakat dan memang mudah untuk diperoleh.

Harga salah satu merk material waterproofing merek A cukup terkenal dan memiliki kualitas yang paling baik adalah Rp. 726.000 untuk 1 pailnya (20 kg). Satu pail waterproofing ini mampu

untuk menutup luasan sebesar 20m², sebanyak 2 kali aplikasi. Sekarang, mari kita lihat luasan atap rata - rata kebanyakan rumah di kota - kota di Indonesia. Rata - rata rumah yang banyak dipasarkan di Indonesia memiliki luasan sebesar 35m², 45m² - 70m². Untuk perhitungan ini, digunakan luasan lantai sebesar 45m² dan 70m². Untuk rumah dengan luasan 70m² dan memiliki kemiringan atap sebesar 35° dan lebar muka bangunan sebesar 7m, maka diperoleh luasan atap sebesar ± 85 m². Dengan luasan sebesar ini, tentu dibutuhkan ± 4 buah pail waterproofing, sehingga dibutuhkan dana sebesar 4 x Rp 726.000 = Rp. 2.904.000 (waterproofing kualitas 1). Bila menggunakan kualitas nomor 2 dibutuhkan dana sebesar (85/5) x Rp.158.500 = Rp. 2.694.500. Untuk rumah dengan luasan 45m² dan kemiringan atap sebesar 35° dan lebar muka bangunan sebesar 6m, maka diperoleh luasan permukaan atap sebesar ± 51,24m². Dengan luasan sebesar ini maka dibutuhkan ± 3 buah pail waterproofing, sehingga dibutuhkan dana sebesar 3 x Rp 726.000 = Rp. 2.178.000 (waterproofing kualitas terbaik). Bila menggunakan kualitas nomor 2, maka dibutuhkan dana sebesar (51,24/5) x Rp. 158.500 = Rp. 1.624.308.

Tabel 4. Perbandingan harga habis pakai waterproofing untuk dua tipe rumah

Kualitas Waterproofing	Tipe 45	Tipe 70
Kelas 1	2.178.000	2.904.000
Kelas 2	1.624.308	2.694.500

Tabel 5 memperlihatkan jumlah biaya yang harus dikeluarkan oleh pemilik rumah bila ingin mengaplikasikan lapisan waterproofing pada atap rumahnya. Terlihat bahwa biaya yang harus dikeluarkan tidaklah terlalu besar, terutama bila dibandingkan dengan jangka waktu pengaplikasian berikutnya yang berja-

rak 5 tahun ke depan. Terlebih lagi mengingat tingkat kenyamanan dan penghematan energi yang diperoleh dengan pengaplikasian material ini.

Dari penelitian di atas, saya menemukan bahwa usaha untuk ikut serta dalam langkah penghematan pemakaian energi adalah mudah dan dapat dilakukan oleh siapa saja. Usaha - usaha penghematan energi tidaklah mahal dan tidak memerlukan usaha yang sulit. Langkah - langkah penghematan energi bisa sangat mudah, sederhana dan dapat dijangkau oleh segenap lapisan masyarakat. Langkah sederhana tersebut ternyata juga dapat digabungkan dengan langkah lain dalam usaha untuk meraih kenyamanan dalam bermukim.

Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa setiap lapisan masyarakat dapat turut serta melakukan usaha penghematan energi di rumahnya masing-masing dengan biaya yang relatif murah. Usaha penghematan energi dapat dipadukan dengan upaya lainnya untuk mengatasi permasalahan yang sering timbul pada kondisi rumah. Penelitian ini memadukan upaya mencegah atau mengatasi kebocoran yang sering dialami rumah - rumah di iklim tropis.

Dari kemudahan ini, sebenarnya usaha sederhana dapat menjadi usaha yang berskala nasional. Usaha sederhana ini dapat memicu produsen penutup atap untuk mulai memproduksi genteng atau jenis penutup atap lainnya yang dilapisi dengan pigmen berwarna warna putih. Terbukti dari penelitian ini bahwa pigmen warna putih sangat efektif untuk memantulkan radiasi matahari sehingga genteng meredam panas yang masuk ke dalam ruangan di bawahnya. Saya berharap penelitian ini dapat memberikan stimulus bagi produsen untuk mulai memproduksi bahan penutup atap dengan lapisan berwarna putih. Usaha tersebut sudah

tentu turut berpartisipasi dalam upaya penghematan energi. Usaha tersebut sudah tentu juga memudahkan berbagai lapisan masyarakat untuk dapat turut serta dalam usaha penghematan energi dan sekaligus turut serta mengurangi efek ecological footprint.

Referensi

Ahmed, Z. N. (1995). *Temperature Standards For The Tropics*. In F. Nicol, M. Humphreys, & O. Sykes, *Standards For Thermal Comfort* (pp. 31-39). London; New York: Taylor & Francis.

Akbari, B. L. (2006). *Cool Color Roofing Materials*. Oak Ridge National Library.

Amairah, A. H. (2006). *Color in The UAE Public House*. *Architectural and Planning Research*, 27-42.

Herrmanns, C., Poersch-Panke, H., & Rokowski, J. (2016). *Reducing Over Heating in Buildings by Use of Cool Reflective Roof Coatings*. *Techline 4-for The Construction Industry*.

Mangunwijaya, Y. B. (1998). *Pengantar Fisika Bangunan*. Penerbit Djembatan.

Roodvoets, M. D. (3 February 2016). *Long Term Reflective Performance of Roof Membranes*. Oak Ridge National Library.

Suehrcke, H. (2016). *Effect of Roof Solar Reflectance on the Building Heat Gain in a Hot Climate*. *Energy and Buildings*, 40(2), 2224-2235.

Sweetser, S. M. (2016). *Roofing for Historic Building*. *OldHouseJournal.com*.