

PROSES SIMULASI KONDUKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS PADA ATAP DAK MENGGUNAKAN ENERGY 2D

Rizka Tri Arinta^{1*)} LMF Purwanto²⁾

*) Corresponding author email Rizka-tri-arinta@untag.ac.id

¹⁾Program Studi Arsitektur, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

¹⁾Program Studi Doktor Arsitektur Digital, Unika Soegijapranata Semarang

²⁾Program Studi Doktor Arsitektur Digital, Unika Soegijapranata Semarang

Abstract

Roofs becomes the medium, conducting heat from the surface to the surface. The roofs is the part that is most exposed to heat, the heat transfer process that occurs over the roofs affects the temperature in the room below.

This research method uses field research method that being processed through digital computation that simulates heat performance. With this 2D Energy simulation, it is expected to be able to analyze the heat transfer rate of energy from outside the building into the building. And the results of this study will provide recommendations for the advantages and disadvantages of using a roof not in residential areas.

The results that can be simplified from these simulations are in 3 aspects, namely: (1) The effect of height, (2) The graph of the heat transfer rate is quite sloping, (3) the roof is not a heat conductor with a large cross-section in transmitting heat, (4)) the roof particle composition does not have to match.

Keywords : Simulation, Conduction, Heat Transfer, Concrete Roof, Energy2D

Abstrak

Atap menjadi media penghantaran panas dari permukaan ke permukaan. Atap merupakan bagian yang paling banyak terkena panas, proses perpindahan panas yang terjadi di atas atap mempengaruhi suhu pada ruangan di bawahnya.

Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian lapangan yang diproses melalui komputasi digital yang mensimulasikan kinerja panas. Dengan simulasi Energi 2D ini diharapkan mampu menganalisis laju perpindahan panas energi dari luar gedung ke dalam gedung. Dan hasil dari penelitian ini akan memberikan rekomendasi kelebihan dan kekurangan penggunaan atap tidak pada area pemukiman.

Hasil yang dapat disederhanakan dari simulasi tersebut terdapat pada 3 aspek, yaitu: (1) Pengaruh ketinggian, (2) Grafik laju perpindahan panas cukup landai, (3) Atap bukan penghantar panas dengan penampang besar dalam mentransmisikan panas, (4)) komposisi partikel atap tidak harus cocok

Kata Kunci : Simulasi, Konduksim Perpindahan Panas, Atap Dak, Energy2D

Pendahuluan

Atap menjadi media perhantaran panas dari permukaan atas ke permukaan dalamnya. Atap merupakan bagian yang paling sering dan paling banya terpapar panas, proses perpindahan panas yang terjadi pada atap mempengaruhi suhu yang berada pada ruangan dibawahnya. Peran atap tidak hanya secara fungsional melainkan juga peran estetis untuk menghasilkan fasad bangunan yang menarik. Atap sering diartikan sebagai penutup untuk mencegah masuknya air hujan, salju, cahaya matahari dan lain-lain bagian atas. Atau dapat diartikan sebagai, merupakan suatu tempat tinggal manusia atau anggota keluarga yang tinggal di bawah suatu atap atau rumah. Dibagian atas rumah akan selalu ada bagian yang melindungi setiap orang yang tinggal didalamnya yang disebut atap. (Eddy Prianto & Agung Dwiyanto, 2013) Fungsi atap dalam bangunan menjadi sangat penting, karena ataplah yang memberikan perlindungan pada iklim, bagian ini lah yang menjadi bagian paling banyak terpapar panas dan hujan. Pada penelitiannya dijelaskan bahwa masyarakat lebih cenderung menggunakan atap dak beton dibandingkan dengan model atap lain. Tren ini tentunya berkembang hingga sekarang.

Penggunaan atap dak beton sering kali digunakan sebagai pemecah masalah renovasi hunian. selain membawa efek desain menjadi minimalis, atap dak beton ini juga terlihat praktis dalam menyelesaikan permasalahan atap yang sering bocor. Pemasalahannya di Indonesia yang beriklim tropis lembab ini memiliki curah hujan dan resiko angin kencang yang tinggi. Seringkali saat musim hujan kendala atap bocor terjadi, sehingga penggunaan beton harus mempertimbangkan karakter dan sifat dari materialnya untuk benar dapat menjadi solusi dari atap yang sering bocor saat musim hujan.

Dalam penelitian (Ulubeyli et al., 2014) yang membandingkan beberapa penggunaan bentuk dan material atap yang melihat dari biaya pembangunan. Disebutkan bahwa Penggunaan atap dak dibangun untuk memberikan insulasi termal yang sempurna dan memiliki daya tahan yang kuat dan struktur atap tahan lama. dapat dibangun dalam berbagai bentuk seperti kerangka, lengkungan, dan cangkang. Namun, atap datar beton bertulang (RCFR) menjadi jenis yang paling populer. Material atap ini akan menjadi bahan berpori yang mampu menyerap air dengan cepat, namun hal itu dapat menyebabkan pembentukan hal-hal seperti jamur dan lumut, yang berbahaya bagi atap dan juga tidak menarik secara fisik. Atap yang seharusnya memiliki fungsi pelindung ruang dalam bangunan juga memiliki fungsi estetis yang harus dijaga keindahannya. Banyak penggunaan model atap dengan memaksimalkan pola, cat, dan desain ini dapat dieksplorasi lebih, namun yang perlu diingat bahwa nilai estetis ini akan mulai memudar seiring waktu, terutama saat terkena kondisi cuaca buruk. Hal-hal seperti panas tinggi, hujan lebat, dan angin kencang juga dapat mempercepat kerusakan atap, membuat rumah memiliki atap yang kusam dan tidak menarik. Disinilah peran fungsi atap yang seharusnya dapat mendominasi bentuk keseluruhan atap. Sebagai pelindung, ataplah yang menjadi menjadi medium pertama radiasi matahari dari sebuah bangunan sekaligus sebagai penampang besar yang menghantarkan panas masuk ke dalam bangunan. Perpindahan panas yang terjadi pada atap dak beton ini masuk dalam kategori konduksi. Proses masuknya panas melalui atap dak beton inilah yang menjadi ide dasar penelitian ini dilakukan. Dengan melihat proses perpindahan panas yang terjadi didalam bangunan diharapkan mampu menjadi tolak ukur yang dapat menghitung kebutuhan udara untuk mengalirkan panas keluar bangunan sehingga panas yang ada dalam bangunan akan cepat terdistribusikan.

Dalam perkembangan teknologi digital saat ini, proses perpindahan panas pada penelitian akan dilihat melalui proses simulasi digital dengan aplikasi dinamakan Energy 2D. aplikasi ini dibuat oleh sebuah Lembaga bernama The Concord Consortium yang dapat diakses oleh siapa saja. Melalui simulasi ini peneliti mampu melihat langsung aliran panas dari luar bangunan hingga ke dalam bangunan, sehingga besaran kalor yang dibawa pada permukaan atas atap ke permukaan bawah atap inilah yang kemudian mempengaruhi suhu di dalam ruang. Besaran suhu yang masuk ke dalam ruangan akan mempengaruhi ketercapainya kenyamanan termal dalam rumah merupakan kunci dari keberhasilan suatu rancangan. Untuk itu pentingnya melihat proses perpindahan suhu ini adalah sebagai pembelajaran visual bersama dalam melihat besaran panas yang pindah, waktu perpindahan, agar kedepan setiap orang yang menggunakan atap dak mampu berupaya untuk mengalirkan panas keluar bangunan dengan optimalisasi bukaan pada ruangan.

Kajian Pustaka

Perpindahan panas adalah proses pergerakan energi karena perbedaan suhu. (R Hinrich & Kleinbach, 2005) dalam bukunya yang juga mendefinisikan perpindahan panas sebagai ilmu yang digunakan untuk memperkirakan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Energi yang pindah tersebut dinamakan kalor/panas. Terdapat 3 (tiga) perpindahan panas dalam suatu materia termasuk menentukan suhu akhir material dan berapa lama bahan-bahan ini mencapai suhu tersebut. Hal ini dapat membantu menginformasikan tingkat isolasi yang diperlukan untuk memastikan panas tidak hilang dari suatu sistem. Biasanya, kehilangan panas sebanding dengan gradien suhu (kekuatan pendorong atau potensial). Dalam masalah perpindahan panas, kita sering menggunakan istilah panas dan suhu secara bias. Suhu adalah ukuran jumlah energi yang dimiliki oleh molekul suatu zat. Ini memanifestasikan dirinya sebagai tingkat panas, dan dapat digunakan untuk memprediksi arah perpindahan panas. Simbol suhu yang biasa adalah T. Skala untuk mengukur suhu dalam satuan SI adalah skala suhu Celsius dan Kelvin. Panas, di sisi lain, adalah energi yang berpindah. Secara spontan, panas mengalir dari benda yang lebih panas ke benda yang lebih dingin. Simbol yang biasa untuk kalor adalah Q. Dalam sistem SI, satuan umum untuk mengukur kalor adalah Joule dan kalori.

Dalam perpindahan panas terdapat 3 model perpindahan diantaranya :

1. Konduksi

Perpindahan energi melintasi batas sistem karena perbedaan suhu dengan mekanisme gabungan interaksi antarmolekul dan transportasi massal. Konveksi membutuhkan zat cair.

$$q = k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Keterangan Rumus :

q = Laju perpindahan panas konduksi (W)

k = Konduktivitas thermal bahan (W/m.K)

A = Luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m²)

$\frac{\Delta T}{\Delta x}$ = Gradien temperatur pada penampang tersebut (K/m)

2. Konveksi

Perpindahan energi melintasi batas sistem karena perbedaan suhu dengan mekanisme gabungan interaksi antarmolekul dan transportasi massal. Konveksi membutuhkan zat cair.

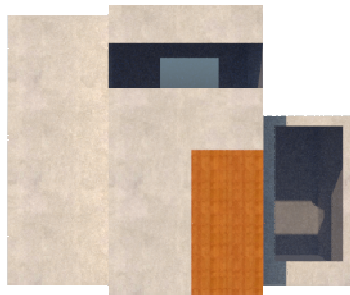
3. Radiasi

Perpindahan panas radiasi melibatkan perpindahan panas dengan radiasi elektromagnetik yang timbul karena suhu tubuh. Radiasi tidak membutuhkan materi

Konduktivitas termal pelat beton menunjukkan laju perpindahan panas melalui massa padat melalui konduksi, biasanya berkaitan dengan perpindahan panas ke atau dari tanah. Koefisien konduktivitas termal, k, sebanding dengan kepadatan beton, di antara faktor-faktor lain. Pengaruh utama pada konduktivitas adalah kadar air, jenis agregat, jenis semen, proporsi konstituen, dan suhu. Berbagai faktor ini mempersulit evaluasi teoretis dari nilai k, karena setiap komponen memiliki konduktivitas yang berbeda ketika diisolasi, dan posisi serta proporsi setiap komponen memengaruhi konduktivitas secara keseluruhan. Untuk menyederhanakan ini, partikel agregat dapat dianggap tersuspensi dalam semen homogen.

komponen – komponen dari atap dak beton pada gambar diatas. Diantara beton mortar, dan beton terdapat satu partikel insulasi. Komponen – komponen inilah yang kemudian akan menjadi media konduktivitas panas dari luar bangunan masuk ke dalam bangunan. Dimana 80% beban panas dalam rumah tinggal dipengaruhi disain envelopnya (disain dinding,dan atap rumah tinggal), disamping sumber-sumber panas lainnya (Prianto, 2005).

Adapun gambaran desain hunian yang disimulasikan dalam aplikasi Energy2D adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Banguan Objek Simulasi

Sumber : Peneliti, 2021

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa terdapat 2 jenis ketinggian pada atap yang akan dicoba untuk simulasi. Ketinggian pertama yaitu pada ketinggian 4,5 m, dan kedua pada ketinggian 3,2 m. dimana dapat dilihat bahwa desain hunian juga memiliki dinding beton polos.

Warna pada dinding beton juga mempengaruhi konfigurasi atap tunggal. Dalam (Hernández-Pérez et al., 2014) putih mampu menurunkan suhu permukaan interior hingga 28°C pada tengah hari di bandingkan atap dengan warna asli abu-abu beton. Di sisi lain, pelapisan dengan warna putih ini akan membuat karakter bidang dalam ruang hunian menjadi reflektif sehingga dapat menjaga atap tetap dekat dengan suhu udara bagian dalam dalam kasus atap majemuk; hanya 3°C di atas titik setel selama jam-jam dengan radiasi matahari.

Metode

Metode penelitian ini menggunakan model penelitian pengamatan lapangan (eksperimental) yang diolah melalui komputasi digital yang mensimulasikan kinerja perpindahan panas. Dengan simulasi ini diharapkan mampu membuat pengukuran laju energi perpindahan panas dari luar bangunan ke dalam bangunan. Dan hasil penelitian ini akan memberikan rekomendasi kekurangan dan kelebihan penggunaan atap dak pada hunian.

Proses pengamatan lapangan dilakukan pada bulan Desember 2020, dengan menggunakan alat ukur temperature permukaan (thermogun) yang mengukur sisi dalam dan luar atap dak. Proses pengukuran dilakukan selama 8 jam mulai pukul 07.00 hingga 15.00. pada sampel rumah yang diuji, kondisi dibuat untuk tidak membuka jendela maupun pintu sama sekali. Sehingga aliran perpindahan panas dapat terlihat, berasaran dan durasi perpindahannya.

Energy2D menjadi program yang digunakan dalam penelitian. Aplikasi ini mensimulasi perpindahan panas interaktif dua dimensi berdasarkan dinamika fluida komputasi. Dengan menggunakan energy2D peneliti dapat menyelidiki aliran panas dan penggunaan energi dalam sistem model bangunan 2D. ini akan menjadi model visual interaktif program simulasi yang memodelkan ketiga mode perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi, dan hubungannya dengan dinamika partikel.

Pembelajaran visual (Xie, 2012) adalah mekanisme pembelajaran dasar. Otak manusia mampu memproses gambar dengan cepat, mencari pola, dan mempertahankan kesan dalam memori visual. Peneliti telah mempelajari caranya visualisasi ilmiah dapat mendorong sistem pembelajaran. Melalui visualisasi ilmiah yang menonjol dari panas dan suhu, Energy2D dapat melengkapi instruksi kelas dengan pengalaman belajar visual. Dalam bagian ini, kami akan menunjukkan seperangkat contoh yang komprehensif untuk pengajaran konduksi dan konveksi.

Energy2D berjalan sangat cepat di sebagian besar komputer dan menghilangkan sakelar di antaranya preprocessor, solver, dan postprocessor biasanya dibutuhkan untuk melakukan komputasi simulasi dinamika fluida. Ini memungkinkan Anda untuk merancang "eksperimen komputasi" ke menguji hipotesis ilmiah atau memecahkan masalah teknik tanpa menggunakan matematika yang rumit.

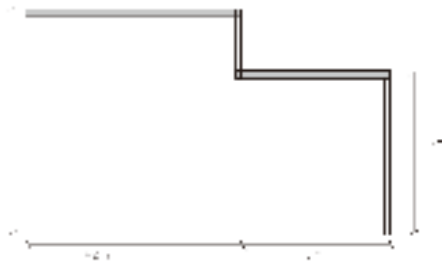
Adapun Langkah – Langkah melakukan simulasi adalah sebagai berikut :

1. Membuat modeling pada lembar kerja Energy 2D
2. Tambahkan Termometer dan, Sensor Perpindahan panas pada permukaan atap dak
3. kemudian menekan tombol run simulasi
4. pada kolom grafik, dapat terlihat pergerakan suhu, dan perpindahan panas

Untuk menjalankan Langkah diatas, yang menjadi perhatian dalam penggunaan aplikasi ini adalah saat proses membuat model atap beton, aplikasi ini tidak memberikan pilihan material. Sehingga pembeda suatu objek diukur dengan satuan angka yang definisikan objek. peneliti harus memasukkann beberapa pengaturang yang ada didalamnya seperti :

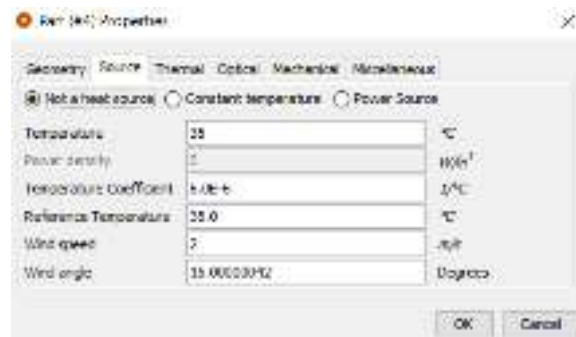
A. Geometry

Pada bagian geometri ini menunjukkan posisi dan dimensi. Pada ketinggian atap juga ketebalan atap dak itu sendiri. Dalam penelitian ini ada 2 ketinggian atap dak yang diuji, pertama pada ketinggian 4,5 meter, dan yang kedua pada ketinggian 3,2 meter. Ketebalan dak keduanya sama yaitu 0,1 meter. Dan lebar dak juga dibuat berbeda. Lebar dak pertama 4,2 meter, kedua 3 meter.



B. Source

Bagian ini menjelaskan kondisi eksiting di sekitar bangunan. Adapun parameter yang digunakan antara lain : (1) *Temperature*, (2) *temperature Coefficient*, (3) *Reference temperature*, (4) *wind speed*, (5) *wind angle*.



Gambar 2. Pengaturan Source dalam Energy 2D
Sumber : Peneliti, 2021

Dalam penelitian ini suhu yang diukur diambil pada luar permukaan atap yaitu 35°C.

C. Thermal

Mulai pada kolom termal inilah yang mendefinisikan material objek yang disimulasikan. Peneliti harus memasukan data kedalam program energy 2D terdapat 3 aspek yaitu : (1) Konduktivitas termal dalam satuan $W/m^{\circ}C$, (2) *specific Heat*, (3) *Density* dalam satuan kg/m^3



Gambar 3. Pengaturan Thermal dalam Energy 2D
Sumber : Peneliti, 2021

Pada material atap dak yang digunakan, (Campbell-Allen & Thorne, 1963) menurunkan rumus untuk konduktivitas termal teoritis beton. Dengan model perumusan ini dengan pemberian konduktivitas pasta semen, dimungkinkan untuk menghitung konduktivitas beton dalam hal: proporsi campurannya, kadar airnya, konduktivitas semen terhidrasi dan konduktivitas agregat.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots + \frac{1}{k_n}}$$

Gambar 3 : rumus konduktifitas termal pada beton menurut (Campbell-Allen & Thorne, 1963)

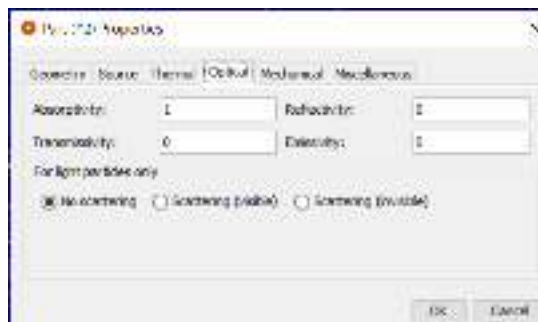
Selanjutnya, (Tinker & Cabrera, 1980) Porositas dan diameter pori median adalah parameter yang secara memuaskan mewakili perubahan dalam komposisi dan mineralogi beton dan telah terbukti variabel penting yang dapat digunakan untuk memprediksi daya konduksi termal. Sehingga pemilihan lokasi pembangunan atap dan juga komposisi bahannya mampu mempengaruhi daya serap panas yang dapat diprediksi. Dalam menentukan nilai konduktifitas termal ini juga dipengaruhi oleh ketebalan beton. Dalam (Lee & Benghida, n.d.) yang mengekspose permukaan beton menjadi beberapa bentuk yang tidak biasa. Kemudian (Kang et al., 2017) yang bereksperimen dalam membuat komposisi yang dinamakan Go-Cement Composites menambahkan satu partikel untuk efektivitas termal. Dalam tulisannya ia menguji beberapa lapisan beton. Untuk beton dengan ketebalan 30mm memiliki nilai konduktivitas 2,29 *W/mK*, nilai inilah yang kemudian diterapkan dalam penelitian.

Kapasitas kalor (*specific Heat*) diukur melalui jenis bahan mulai dari Air hingga Uranium yang telah memiliki dasar pengukurannya. Dan untuk Material beton nilai kapasitas kalor adalah 879 *J/kg°C*

Parameter yang ketiga adalah density (masa jenis) dari atap dak beton. Menurut Jones (1999) massa jenis beton itu bervariasi, tetapi nilainya berkisar ±2.400 kilogram per meter kubik (150 lb / cu ft). nilai inilah yang kemudian diinputkan kedalam penelitian.

D. Optical

Pada bagian optical ini mendefinisikan kemampuan material dalam merespon kinerja optik. Adapun parameter yang diukur terdapat 4 jenis yaitu : (1) *Absorptivity*, (2) *Transmissivity*, (3) *Reflectivity*, (4) *Emissivity*. Setelah itu peneliti akan diberikan pilihan apabila material itu berkaitan dengan cahaya apakah ini memantulkan cahaya atau tidak.



Gambar 4. Pengaturan Optical dalam Energy 2D

Sumber : Peneliti, 2021

Dalam material dak beton ini bersifat tidak memantulkan cahaya sehingga nilai reflectivity adalah 0, kemudian untuk transmissivity mengukur sejauh mana suatu media memungkinkan sesuatu, khususnya radiasi elektromagnetik, untuk melewatinya.

E. Mechanical

Pada bagian ini melihat dari karakter bahan, data yang dimasukkan adalah berupatingkat elatisitas materialnya. Jika terdapat dimensi maka nilai dimasukkan adalah 1 dan jika tidak ada dimensi ketebalan maka nilainya adalah 0.

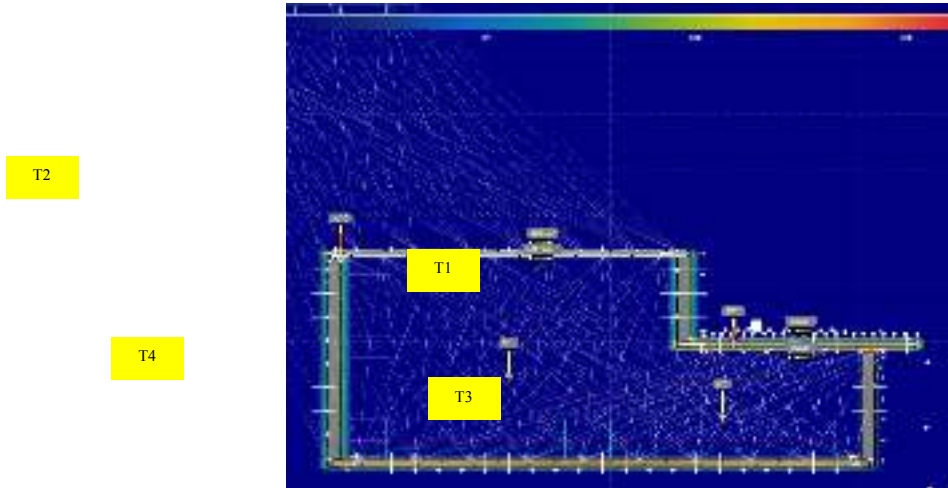
F. Miscellaneous

Sedangkan pada bagian ini terkait pada pelabelan materialnya untuk membedakan satu material dengan material lainnya.

Dalam proses verifikasi (Nakum, et al., 2013) pada hasil perhitungan yang muncul, elemen tiga dimensi, juga metode diterapkan pada model pemanas induksi sederhana dan hasil yang dihitung kemudian dibandingkan. Data yang disebutkan harus terukur guna pengukuran diperoleh merupakan hasil kesepakatan yang baik antara yang diukur dan dihitung

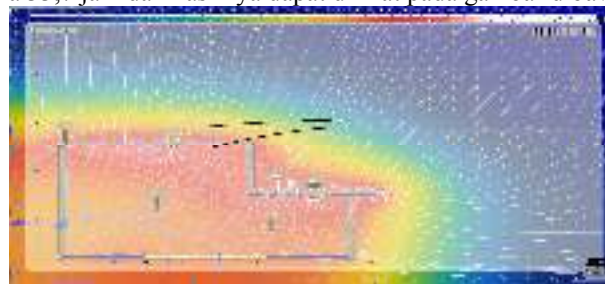
Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada atap dak beton ini, titik ukur suhu terdapat 4 titik diantaranya : (1) T1 merupakan suhu permukaan tas atap dak pada ketinggian 3,2 m, (2) titik ukur T2 merupakan suhu permukaan tas atap dak pada ketinggian 4,5 m, (3) titik ukur T3 merupakan suhu ruangan dibawah atap dak pada ketinggian 3,2 m, (4) titik ukur T4 merupakan suhu ruangan dibawah atap dak pada ketinggian 4,5 m. yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5. Pengaturan Source dalam Energy 2D
Sumber : Peneliti, 2021

Pada permodelan di simulasi ini dapat diletakkan 2 sensor untuk mengukur laju perpindahan panas yang diletakkan pada atap beton pada 2 ketinggian yang berbeda. Hal ini digunakan untuk mengidentifikasi laju perpindahan panas didalam ruang. Sehingga dari hasil ini dapat membantu pemecahan masalah dalam desain. Proses simulasi dilakukan selama 33,7 jam dan hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



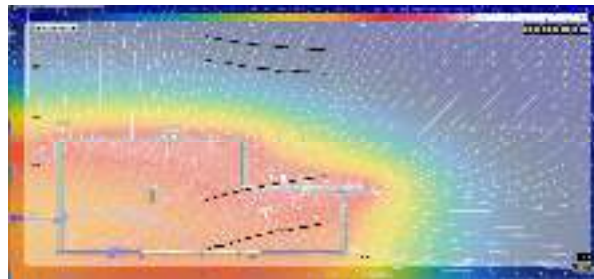
Gambar 6. Grafik Perubahan Suhu selama simulasi dengan Energy 2D
Sumber : Peneliti, 2021

Pada gambar diatas, terlihat perubahan suhu yang terjadi saat simulasi. Proses simulasi berakhir saat persebaran suhu dalam ruang sudah mulai merata. Hasil dari konduktivitas penghantaran panas, terjadi perubahan suhu ini dapat dilihat pada table dibawah:

Tabel 1. Perubahan Suhu pada dalam dan luar ruang

Termometer Suhu	Besaran Suhu awal (°C)	Besaran Suhu akhir (°C)
T1	34,8	34,8
T2	33	33,2
T3	29,4	30,7
T4	24,6	29,2

Berdasarkan tabel diatas, suhu pada permukaan atas cenderung stabil, dikarenakan prose simulasi ini menganggap satuan suhu pada permukaan atap sama kondisinya. proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah sesuai hukum fourier dengan media penghantar panas tetap. Dan pada permukaan bawah atap beton



Gambar 6. Grafik Perubahan Laju perpindahan panas selama simulasi dengan Energy 2D
Sumber : Peneliti, 2021

Hukum konduksi panas, disebut juga Hukum Fourier, menyatakan bahwa tingkat (*rate*) perpindahan panas melalui sebuah material adalah berbanding lurus dengan gradien negatif pada suhu dan luas, pada sudut siku pada gradien tersebut, melalui dimana panas mengalir. Hukum ini dapat dinyatakan dalam 2 bentuk ekivalen: bentuk integral, dimana dilihat dari jumlah energi yang mengalir dari dan ke sebuah sistem secara keseluruhan, dan bentuk diferensial, dimana dilihat dari laju alir atau fluks energi secara lokal.

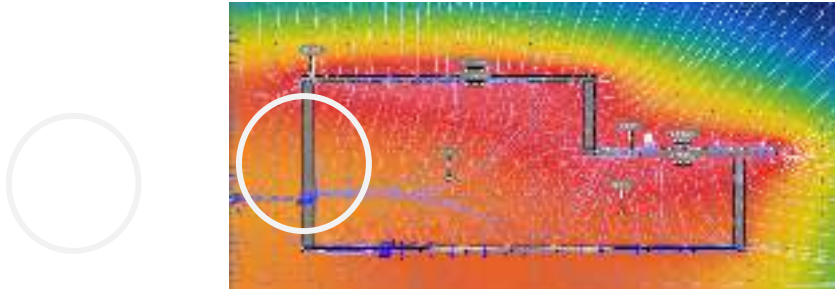
Gambar 2D dimensi proses perpindahan suhu pada hukkm fourier

Tabel 2. Laju Perpindahan Panas pada dalam dan luar ruang

Sensor Perpindahan panas	Laju Perpindahan Panas awal (W/m^2)	Laju Perpindahan Panas akhir (W/m^2)
Permukaan atas (atap 3,2m)	-0,31	-0,24
Permukaan atas (atap 4m)	-0,45	-0,38
Permukaan bawah (atap 3,2m)	0,16	0,12
Permukaan bawah (atap 4m)	0,09	0,05

Berdasarkan table diatas, laju perpindahan panas pada permukaan atas dan bawah atap beton cenderung mengalami penurunan. Semakin besar perbedaan suhu antara kedua ujung atap, maka semakin besar laju perpindahan energi panas, maka semakin banyak panas yang ditransfer. Panasnya, Q , adalah sebanding dengan perbedaan suhu. Dengan melihat data table diatas pada laju perpindahan diatas angkanya minus, hal ini terjadi karena perbedaan suhu yang terjadi pada

permukaan atas cenderung stabil. Dan pada dalam ruangnya tingginya perubahan suhu yang terjadi maka angka laju menjadi positif.



Gambar 7. Aliran panas selama Simulasi Energy 2D

Sumber : Peneliti, 2021

Dapat dilihat pada gambar 7 diatas bahwa di lokasi ketinggian atap 4,5 m, arah aliran perindahan panas yang dihantarkan atap ke dalam ruang bertemu dengan panas yang terpantul pada lantai. Dengan demikian ada aliran panas yang terjebak dalam ruangan yang membutuhkan untuk dialirkan.

Kesimpulan

berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada atap dak beton disimpulkan bahwa :

- Ketinggian atap mempengaruhi pola persebaran panas. Dengan ketinggian yang lebih rendah maka panas akan segera terharkan pada medium lain. Dalam hukum forier disampaikan proses perpindahan panas itu dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, sehingga, semakin tinggi atap dak beton maka besaran panas yang diterima dipermukaan atak semaki besar. Namun pada distribusi panasnya mengalami proses yang lebih cepat.
- Perbedaan suhu pada dalam ruang membawa dampak bagi laju perpindahan panas. Pada permukaan bawah atap laju bergerak positif dikarenakan terjadi perbedaan suhu yang cukup tinggi.
- Penggunaan atap dak merupakan medium konduktor pas dengan penampang yang besar dalam mengalirkan panas.
- Kelebihan penggunaan atap dak dapat bermanfaat karena mampu mengalirkan panas yang cukup lama, hal ini terlihat dalam laju perpindahan pans yang cenderung landai. Penggunaan atap dak juga mempermudah desain apabila ingin menambahkan lantai. Pada berkembangannya komposisi material pada atap dak ini terus dikembang agar mampu mencapai standar nyaman termal dalam bangunan sehingga tidak memerlukan energy lain yang digunakan untuk menstabilkan panas (AC).
- Kekurangan penggunaan atap dak ini biasa dirasakan saat pelaksanaan pembangunan, apabila komposisi partikelnya, atau sambungannya tidak pas maka atap akan mudah bocor.

Daftar Pustaka

- Campbell-Allen, D., & Thorne, C. P. (1963). The thermal conductivity of concrete. *Magazine of Concrete Research*, 15(43), 39–48. <https://doi.org/10.1680/mac.1963.15.43.39>
- Carlos dos Santos Ribeiro, A., Vasconcelos Pinheiro, R., Borges de Macedo, L., Luis Christoforo, A., & Antonio Rocco Lahr, F. (2016). Comparative Study of Wood Consumption in Structures of Concrete Roof. *International Journal of Materials Engineering*, 6(3), 85–91. <https://doi.org/10.5923/j.ijme.20160603.04>
- Eddy Prianto & Agung Dwiyanto. (2013). *PROFIL PENUTUP ATAP GENTENG BETON DALAM EFFESIENSI KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA SKALA RUMAH TINGGAL*. MODUL Vol.13 No.1.

- Hegerland, S. O. (n.d.). *An Experimental Study of a Redundant Position System for the Autonomous Ferry Milliampere Utilizing Ultra Wide-Band Radio Frequencies*. 113.
- Hernández-Pérez, I., Álvarez, G., Gilbert, H., Xamán, J., Chávez, Y., & Shah, B. (2014). Thermal Performance of a Concrete Cool Roof under Different Climatic Conditions of Mexico. *Energy Procedia*, 57, 1753–1762.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.164>
- Kang, D., Seo, K. S., Lee, H., & Chung, W. (2017). Experimental study on mechanical strength of GO-cement composites. *Construction and Building Materials*, 131, 303–308.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.083>
- Lee, S.-H., & Benghida, D. (n.d.). *CAST-IN-PLACE ARCHITECTONIC CONCRETE IN SOUTH KOREA: METHODS AND SPECIFICATIONS*. 10.
- Nakum, V. R., Vyas, K. M., & Mehta, N. C. (2013). RESEARCH ON INDUCTION HEATING - A REVIEW. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 02(06), 141–144.
<https://doi.org/10.7753/IJSEA0206.1005>
- Navarro, J. A. A., Téllez, M. C., Martínez, M. A. R., Silvar, G. P., & Tejada, F. C. M. (2019). Computational thermal analysis of a double slope solar still using Energy2D. *DESALINATION AND WATER TREATMENT*, 151, 26–33. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.23811>
- Prianto, E. (2012). *STRATEGI DISAIN FASAD RUMAH TINGGAL HEMAT ENERGI*. 6, 11.
- R Hinrich, & Kleinbach, M. (2005). *Energy- its used and the Environment* (Fourth edition). Thomson Brook Cole.
- Tinker, J. A., & Cabrera, J. G. (1980). *Modeling the thermal conductivity of concrete based on its measured density and porosity.pdf. e Department of Civil Engineering, Leeds University*.
- Ulubeyli, S., Kazaz, A., Er, B., & Birgonul, M. T. (2014). Comparison of Different Roof Types in Housing Projects in Turkey: Cost Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 20–29.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.005>
- Xie, C. (2012). Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone. *The Physics Teacher*, 50(4), 237–240.
<https://doi.org/10.1119/1.3694080>