

**KARAKTERISASI EKSPERIMENTAL REFLEKTIVITAS SOLAR MATERIAL ATAP BAGIAN II:
MENENTUKAN NILAI ABSORPTIVITAS DAN REFLEKTIVITAS MATERIAL SOPRASTAR DI
BLOK PENGUJIAN UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLEPERANCIS**

Oleh :
WENDY TRIADJI NUGROHO *)

ABSTRAK

Bagian kedua penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai absorptivitas dan reflektivitas solar material Soprastar berdasarkan nilai-nilai konstanta koefisien konveksi A dan B yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Untuk kondisi yang paling optimum, nilai konstanta A sama dengan 0,321 dan B sama dengan 5,564. Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah studi literatur berdasarkan penelitian terdahulu, mengambil data dari alat ukur, melakukan kalkulasi dengan program Python, serta menarik kesimpulan. Nilai absorptivitas dan reflektivitas solar yang diperoleh akan digunakan sebagai bahan penelitian lanjutan dengan menggunakan software Python untuk mempelajari pengaruhnya terhadap kenyamanan ruangan dan penggunaan energi pendingin udara.

Kata kunci : Absorptivitas solar, Reflektivitas solar (albedo), dan koefisien konveksi

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Absorptivitas solar adalah fraksi cahaya yang diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu sedangkan reflektivitas solar atau dapat kita sebut sebagai albedo merupakan besaran tanpa dimensi. Ia merupakan perbandingan antara energi solar yang dipantulkan oleh suatu permukaan dengan radiasi solar total yang diterima oleh permukaan tersebut. Nilai albedo adalah antara 0 dan 1. Nilai nol adalah untuk benda hitam sempurna yang menyerap semua gelombang elektromagnetik tanpa merefleksikannya. Adapun nilai 1 adalah apabila semua gelombang elektromagnetik dipantulkan sempurna tanpa adanya absorpsi sebagaimana halnya kaca/cermin. Reflektivitas solar (RS) dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$RS_{\text{totale}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho_{\lambda,t} E_s^{\lambda,t} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_s^{\lambda,t} d\lambda}$$

persamaan 1

Dimana :

ρ adalah albedo untuk satu panjang gelombang λ .
 E_s merupakan energi sinar matahari

Koefisien konveksi merupakan suatu parameter spesifik yang nilainya berbeda-beda untuk suatu kondisi tertentu. Dalam hal ini, nilai koefisien ini dipengaruhi oleh kecepatan angin.

2. Permasalahan

Masalah yang ingin diteliti adalah bagaimana cara menentukan nilai absorptivitas dan reflektivitas solar dengan memanfaatkan data-data hasil pengukuran temperatur, kecepatan dan arah angin, fluks kalor konduksi, kelembaban relatif udara serta emisivitas material.

3. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian adalah :

- waktu pengambilan data adalah antara bulan Desember 2010 sampai dengan April 2011
- posisi material uji dianggap datar homogen
- bahan yang dipakai dalam kasus ini adalah Soprastar
- pengukuran variabel-variabel yang berpengaruh dibatasi pada daerah sekitar atap gedung Fakultas Teknik Sipil dan Mesin Université de La Rochelle-Perancis

4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk menentukan nilai absorptivitas dan reflektivitas solar material Soprastar.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

METODOLOGI

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2010 sampai dengan bulan Juli 2011. Sedangkan tempat penelitian adalah di Fakultas Teknik Sipil dan Mesin, Université de La Rochelle-Perancis.

2. Bahan dan Alat

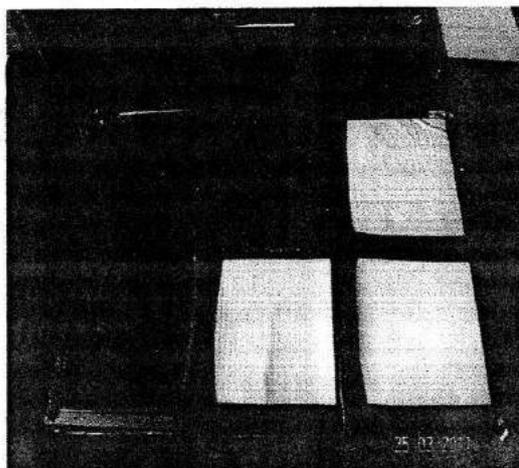
Bahan yang digunakan adalah Soprastar yang merupakan membran kedap udara. Ia adalah komposit dari polister. Pada permukaan bawahnya dilindungi oleh "film thermofusibel" dan di bagian atasnya berwarna putih dan bersifat reflektif. Ia diproduksi oleh Soprema, sebuah perusahaan yang membuat bahan-bahan kedap udara dari Perancis. Sedangkan peralatan yang dipakai adalah sensor temperatur tipe K dan Vaisala HMP50C, emisiometer tipe AE, pengukur kelembaban udara relatif, pengukur kecepatan dan arah angin anemometer Young 05103, pengukur fluks radiasi solar CNR1 KIPP & ZONEN, pyranometer CM3 dan pyrgeometer CG3 serta pengukur fluks konduksi.

3. Metode Pelaksanaan

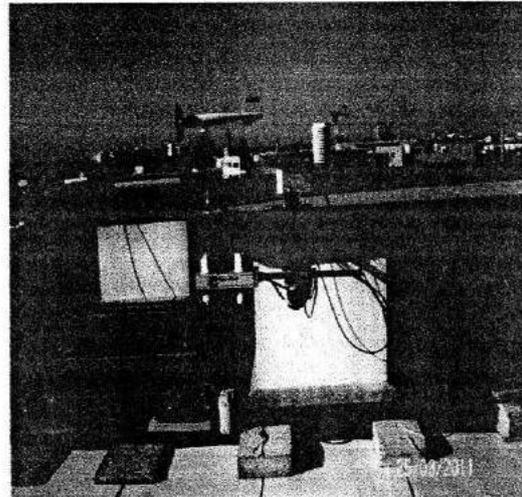
3.1 Pengambilan data

Data-data diperoleh dari pengukuran suhu, udara, material uji dan interior bangunan, pengukuran kelembaban udara relatif, pengukuran arah dan kecepatan angin, pengukuran gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari, pengukuran emisivitas bahan serta fluks konduksi.

Posisi material uji Soprastar ditunjukkan oleh gambar 1 (warna putih), sedangkan konstruksi peralatan pengukuran ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 1. Material uji (Soprastar)



Gambar 2. Konstruksi peralatan pengukuran

3.2 Pengolahan data

Data-data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan Microsoft Excell yang dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

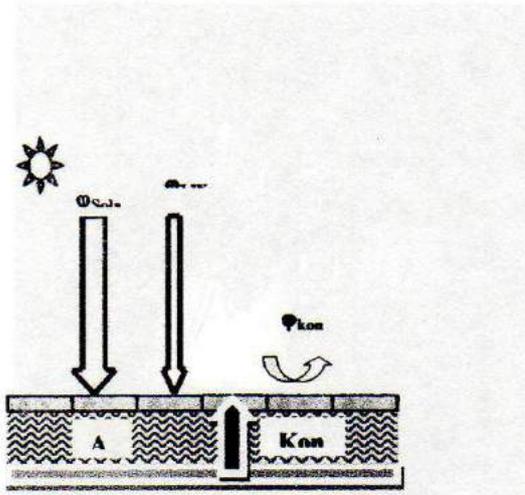
- pengelompokan data yang berasal dari sistem data akuisisi (DAQ system)
- mengolah data-data tersebut di software Python.

Adapun langkah-langkah untuk memperoleh nilai absorptivitas dan reflektivitas solar adalah sebagai berikut



Gambar 3. Metodologi penelitian

Berikut ini adalah skema keseimbangan termik di atap gedung Fakultas Teknik Sipil dan Mesin, Université de La Rochelle.



Gambar 4. Skema

Persamaan-persamaan yang berkaitan dengan gambar 4 adalah:

$$\epsilon_{material-uji} = \frac{V_{material-uji}}{V_{alu}} \cdot \epsilon_{alu}$$

dimana:

$\epsilon_{material-uji}$ = emisivitas spesimen (tanpa dimensi)
 ϵ_{alu} = emisivitas aluminium (material standard)
 $V_{material-uji}$ = tegangan material uji (volt)
 V_{alu} = tegangan material standard (volt) = 0,88

$$D = k \cdot \epsilon (T_d^4 - T_s^4)$$

persamaan 3

Dimana:

D = nilai detector emissiometer AE
 k = konduktivitas termik material
 ϵ = emisivitas material
 T_d = suhu detector (K)
 T_s = suhu permukaan material uji (K)

$$\Delta\epsilon \cong \frac{4 \cdot \epsilon \cdot T_a^3}{(T_d^4 - T_a^4)} \cdot \frac{x}{k} \cdot (150\epsilon + 120)$$

persamaan 4

Dimana :

T_a = suhu permukaan material uji (K)
 x = tebal material uji

$$\Phi_{sol,abs} + \Phi_{LWnet} + \Phi_{cond} = \Phi_{conv}$$

persamaan 5

Dimana:

$\Phi_{sol,abs}$ = fluks solar yang diabsorpsi material (W/m^2)

Φ_{LWnet} = fluks solar “long wave net” (W/m^2)

Φ_{cond} = fluks konduksi (W/m^2)

Φ_{conv} = fluks konveksi

DATA HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Pengukuran

Spesimen yang digunakan untuk penelitian ini adalah Soprastar yang berbentuk persegi dan berukuran 25 cm setiap sisinya (gambar 1 yang berwarna putih).

Dari hasil pengukuran menggunakan emisimeter dan dengan menggunakan persamaan 2, kita memperoleh nilai emisivitas material (ϵ) Soprastar sebesar 0,62 dengan tingkat error ($\Delta\epsilon$) sama dengan 0,02.

Persamaan konveksi yang digunakan pada kasus ini adalah

$$h_{conv} = A \cdot V_a^n + B \cdot h_{nat}$$

persamaan 6

Dimana :

h_{conv} = koefisien konveksi

A dan B = konstanta koefisien konveksi

V_a = kecepatan angin (m/s)

n = eksponensial (pangkat)

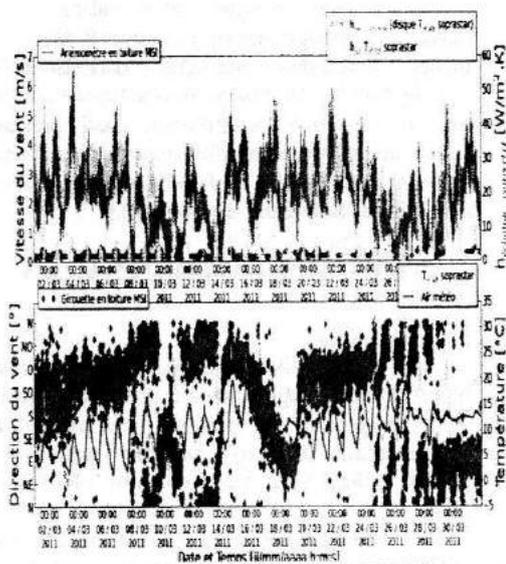
h_{nat} = koefisien konveksi natural

Kondisi-kondisi batas yang diberlakukan adalah:

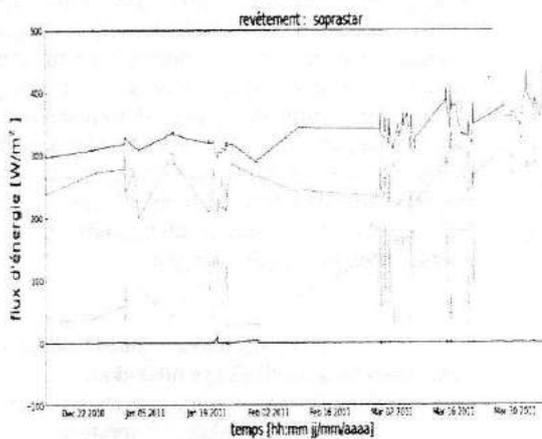
- n adalah sama dengan 1
- h_{nat} sama dengan 1
- Delta temperature minimum 2,3°C
- Kecepatan angin minimum 3,5 m/s
- Kelembaban relatif antara 0 hingga 100
- Arah angin dari 0 hingga 360° (segala arah)
- Radiasi solar dari 0 hingga 800 W/m^2

Gambar 5 menunjukkan evolusi kecepatan dan arah angin serta koefisien konveksi dan temperatur terhadap fungsi waktu.

Gambar 6 di bawah merupakan distribusi fluks energi pada material Soprastar.



Gambar 5. Evolusi kecepatan dan arah angin



Gambar 6. Distribusi fluks energi

Dimana:

$$E_{sol} = \Phi_{sol, abs}$$

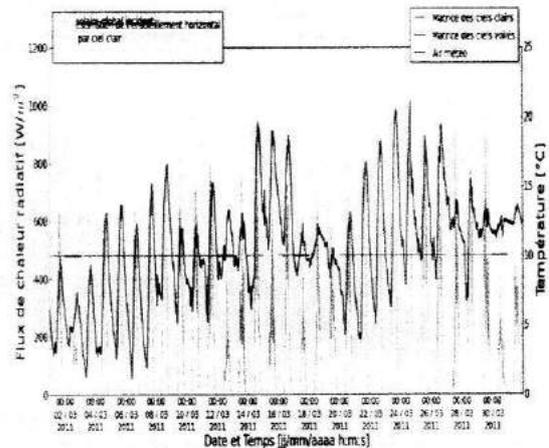
E_{atm} = energi yang berasal dari kubah langit

Φ_{conv} = fluks konveksi

Φ_{cond} = fluks konduksi (W/m^2)

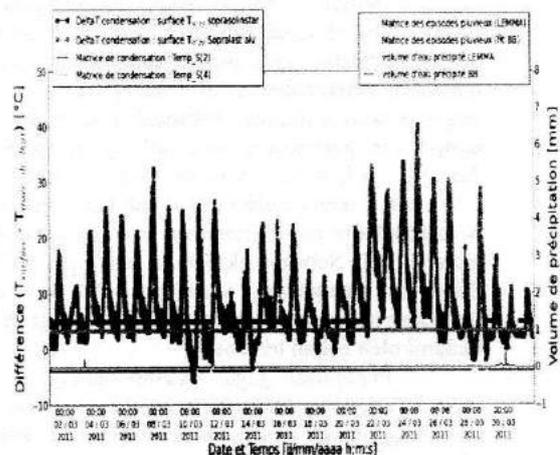
$\Phi_{GLO emis} = \Phi_{LWnet}$ = fluks solar "long wave net" (W/m^2)

Dari gambar 6 tersebut terlihat bahwa fluks energi terbesar merupakan fluks solar long wave net, kemudian diikuti oleh E_{atm} , E_{sol} , fluks konduksi dan yang paling kecil adalah fluks konveksi.



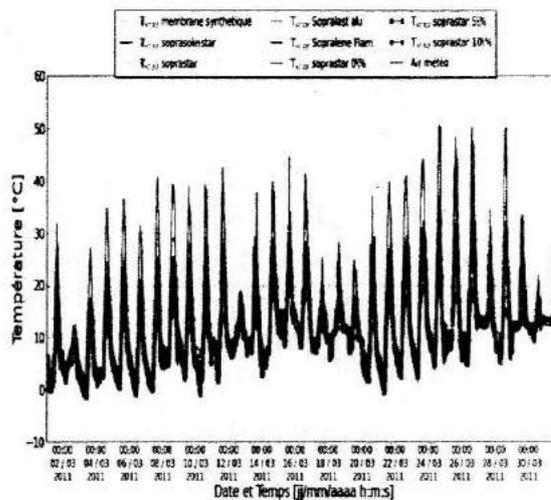
Gambar 7. Fluks kalor radiasi

Gambar 7 menampilkan evolusi fluks kalor radiasi beserta temperatur terhadap waktu. Seiring dengan bertambahnya waktu maka baik fluks kalor maupun temperatur cenderung mengalami kenaikan. Matrice des ciels clairs merupakan matriks untuk keadaan langit cerah, sedangkan matrice des ciels voilés adalah matriks untuk langit mendung, dan air météo adalah kondisi udara berdasarkan data meteorologi setempat.



Gambar 8. Distribusi beda temperatur permukaan bahan dengan temperatur presipitasi

Gambar 8 disajikan untuk melihat seberapa banyak presipitasi yang terjadi. Presipitasi merupakan suatu keadaan dimana suhu permukaan bahan uji lebih rendah dibandingkan suhu pengembunan sehingga timbulah presipitasi atau peristiwa pengembunan. Hal ini dapat mengurangi intensitas radiasi solar yang diterima Soprastar karena adanya lapisan air yang menutupi permukaannya.



Gambar 9. Distribusi suhu permukaan Soprastar terhadap waktu

Suhu permukaan material Soprastar makin meningkat sekitar 40% dalam jangka waktu 1 bulan. Hal ini berkaitan dengan bergantinya musim dari musim dingin ke musim semi.

2. Pembahasan

Dengan mengacu pada hasil pengukuran seperti yang ditampilkan oleh gambar 5 sampai dengan 9 maka kita mengetahui bahwa posisi matahari, kelembaban relatif, kecepatan dan arah angin berpengaruh pada distribusi fluks energi dan temperatur permukaan material uji (Soprastar). Adanya pergantian musim saat pengukuran dilakukan menyebabkan terjadinya kenaikan intensitas kalor radiasi matahari yang diterima oleh material uji. Sebagai akibatnya suhu permukaan Soprastar mengalami kenaikan. Hal ini juga berpengaruh pada distribusi fluks energi yang dialami oleh bahan tersebut.

Presipitasi juga kadang-kadang terjadi seperti yang dinyatakan oleh gambar 8. Peristiwa ini menghalangi masuknya radiasi solar karena adanya genangan air (tetesan embun) pada permukaan material. Tentu saja hal ini akan berakibat pada menurunnya jumlah intensitas sinar matahari yang diterima oleh Soprastar (absorptivitas menurun).

Batasan-batasan yang sudah kita nyatakan sebelumnya seperti:

- delta temperatur minimum 2,3°C
- kecepatan angin minimum 3,5 m/s
- dan lainnya

adalah untuk mengeliminasi peristiwa kondensasi, adanya hujan dan kesalahan alat ukur yang dapat menyebabkan ketidakakuratan hasil pengukuran.

Dengan mengacu pada hal-hal di atas, maka kita menggunakan program Python untuk mengolah data-data yang berasal dari sistem DAQ dan diperoleh nilai absorptivitas sebesar 0,267 yang berasal dari 626 pengukuran. Dari persamaan sederhana bahwa nilai Albedo adalah sama dengan 1 – nilai absorptivitas maka kita mendapatkan nilai reflektivitas Soprastar sebesar 0,733.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Kondisi iklim mikro seperti kelembaban relatif, kondisi angin, adanya hujan dan mendung serta temperatur di sekitar peratan uji akan mempengaruhi besarnya koefisien konveksi dan jumlah radiasi solar yang diterima oleh material uji.

Dari hasil kalkulasi program Python yang didasarkan pada kondisi-kondisi batas yang diinputkan ke dalamnya, maka diperoleh nilai absorptivitas sebesar 0,267 dan nilai albedo sebesar 0,733. Ini berarti bahwa material Soprastar termasuk bahan yang direkomendasikan sebagai material atap agar radiasi solar lebih banyak yang dipantulkan daripada yang dikonduksikan ke dalam ruangan. Sebagai konsekuensinya, suhu di dalam ruangan menjadi lebih dingin dan kondisi ruang secara global akan menjadi lebih nyaman. Hal tersebut juga berarti mengurangi konsumsi energi untuk pendingin ruangan.

2. Saran

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat sebaiknya dilakukan:

- a. Pengecekan secara berkala terhadap sensor/alat ukur, terutama yang bersentuhan langsung dengan udara luar
- b. Pembersihan material uji dari kotoran akibat debu, air hujan dan noda lainnya
- c. Mengadakan verifikasi periodik terhadap data-data hasil pengukuran yang dikumpulkan oleh sistem DAQ
- d. Melakukan peninjauan teratur terhadap posisi sensor yang mungkin dapat berubah karena pengaruh angin, burung maupun faktor lain yang dapat mempengaruhi keakuratan hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, H., L. S. Rose, and S. Stern. 2008. "Procedure for measuring the solar reflectance of flat or curved roofing assemblies," *Solar Energy* 82; 648-655.

- A. Synnefa, M. Santamouris, and H. Akbari. 2007. "Estimating the effect of using cool coating on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions." *Energy and Building*, vol. 39; 1167-1174.
- A. Trabelsi, M. Doya, E. Bozonnet, P. Salagnac, R. Belarbi, R. Perrin. 2010. "Caractérisation expérimentale de propriétés radiatives de revêtement en toiture: Application à un bâtiment industriel".
- Doya, M., 2010. "Analyse de l'impact des propriétés radiatives de façades pour la performance énergétique de bâtiments d'un environnement urbain dense". Université de La Rochelle.
- S. Bretz, H. Akbari, and A. Rosenfeld. 1998. "Practical issues for using solar-reflectivity materials to mitigate urban heat island." *Atmospheric Environment*, vol. 32; 95-101
- Taha, H. 2002. "Meteorological and Air Quality Impacts of Increased Urban Surface Albedo and Vegetative Cover in the Greater Toronto Area, Canada," Lawrence Berkeley National Laboratory Report No. LBNL-49210, Berkeley, CA.