

Menentukan Konduktivitas Termal Tandan Kosong Sawit dengan Polistiren (*Polystyrene*) sebagai *Heat Flux Meter*

HADIR KABAN

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

INTISARI: Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui besarnya konduktivitas termal dan tahanan termal tandan kosong sawit dengan menggunakan polistiren (*polystyrene*) sebagai *heat flux meter*. Sampel tandan kosong sawit diambil dari pengolahan pabrik sawit yang baru diproses oleh pabrik. Pengukuran hanya dilakukan untuk densitas *bulk* $0,2728\text{gr/cm}^3$; variasi ketebalan dilakukan dengan memberikan tekanan pada sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya konduktivitas termal tandan kosong sawit berkisar antara $0,07686597\text{ W/mk}$ - $0,10275511\text{ W/mK}$, sedangkan tahanan termalnya berkisar antara $2,392343586\text{ hr ft}^2\text{ }^\circ\text{F/Btu}$ - $3,868327764\text{ hr ft}^2\text{ }^\circ\text{F/Btu}$.

KATA KUNCI: konduktivitas, polistiren, tandan kosong sawit

E-MAIL: hadir_kaban@yahoo.com

Mei 2009

1 PENDAHULUAN

Tandan kosong sawit merupakan salah satu material yang berbentuk serat dan banyak didapat dari buangan pabrik kelapa sawit yang jumlahnya mencapai sekitar 23 % dari tandan buah sawit segar^[1]. Berangkat dari pemikiran itu, telah dilakukan penelitian bahan isolasi dari tandan kosong sawit yang ternyata banyak mengandung selulosa dan belum dimanfaatkan secara luas, terutama sebagai bahan isolasi^[2].

2 DASAR TEORI

Umumnya, dikenal tiga proses perpindahan panas yaitu: konduksi, radiasi, dan konveksi. Proses perpindahan panas secara konduksi terjadi ketika panas mengalir dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah dalam satu medium atau antara medium berlainan yang saling bersinggungan. Hubungan dasar untuk proses perpindahan ini diusulkan oleh J.B.J. Fourier^[3]. Dalam keadaan tunak, persamaan konduksi panas (satu dimensi) dapat dituliskan sebagai

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

dengan q_k menyatakan perpindahan panas secara konduksi, sedangkan k , A , dan dT/dx berturut-turut adalah konduktivitas termal, luas penampang, dan laju perubahan suhu terhadap jarak.

Pada umumnya konduktivitas termal berubah terhadap suhu, tetapi dalam banyak hal (yang terkait

dengan perekayasaannya) perubahannya cukup kecil sehingga dapat diabaikan. Untuk kasus sederhana dan dalam keadaan tunak, gradien suhu maupun aliran panas yang melalui dinding datar, tidak berubah terhadap waktu dan mempunyai luas penampang yang sama di sepanjang lintasan aliran. Dari pers.(1) diperoleh

$$\frac{q_k}{A} \int_0^L dx = - \int_{T_{\text{panas}}}^{T_{\text{dingin}}} k dT \quad (2)$$

Bila k tak gayut T , setelah diintegrasikan, maka laju konduksi panas melalui dinding dapat dinyatakan sebagai

$$q_k = \frac{Ak}{L} (T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}) = \frac{\Delta T}{L/Ak} \quad (3)$$

dengan L adalah lintasan kalor. Dari pers.(3) yang mana tahanan termal setara dengan yang diberikan oleh dinding kepada aliran panas, diperoleh

$$R_k = \frac{L}{Ak} \quad (4)$$

Kebalikan dari tahanan termal adalah konduktansi termal, yang dapat dinyatakan dalam kaitan

$$K_k = \frac{Ak}{L} \quad (5)$$

dengan k/L adalah konduktansi termal tiap satuan luas (biasa disebut konduktansi termal satuan) dan indeks "k" menunjukkan bahwa mekanisme perpindahannya dengan cara konduksi.

Bahan insulasi panas adalah suatu bahan yang berfungsi untuk menahan panas yang datang kepadanya dan akan dipantulkan atau diserap oleh bahan

insulasi tersebut. Dalam industri bangunan, bahan insulasi biasanya ditentukan melalui nilai R , yang didefinisikan sebagai

$$R = \frac{\Delta T}{q/A} \tag{6}$$

Tujuan insulasi tersebut adalah mengurangi perpindahan panas antara dua temperatur yang berbeda dengan meningkatkan tahanan termal terhadap aliran panas. Secara karakteristik, perpindahan panas yang menyangkut insulasi dibedakan dalam dua kondisi yaitu kondisi tunak dan kondisi tak-tunak atau transien^[4].

3 METODOLOGI PENELITIAN

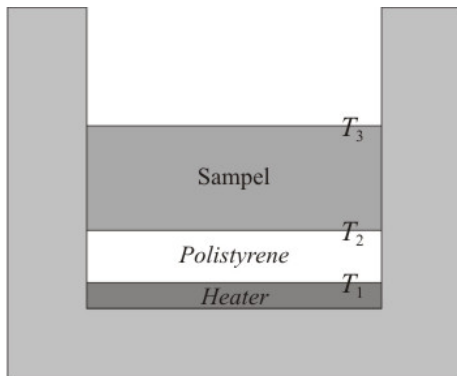
3.1 Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni sampai Oktober 2003, bertempat di laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA UNSRI.

3.2 Peralatan dan Bahan

Heater, polistiren, plat aluminium, termokopel, timbangan, sumber listrik, mistar, ayakan, dan tandan kosong sawit.

3.3 Metode



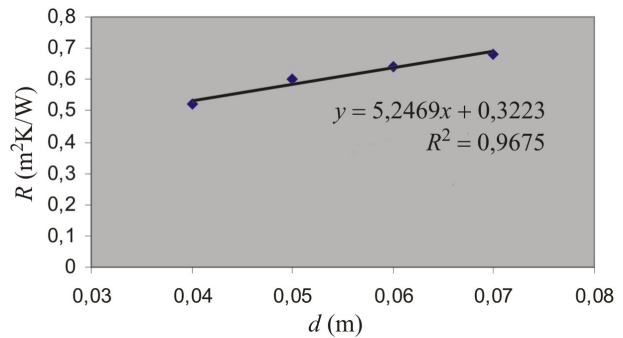
GAMBAR 1: Alat ukur konduktivitas^[5]

Perbedaan temperatur ditentukan dengan cara mengukur temperatur di sisi atas pemanas (*heater*) (T_1), di sisi bahan yang kontak dengan *heat flux meter* (T_2), dan di sisi atas bahan insulasi (T_3). Konduktivitas termal bahan (k_s) insulasi yang diperoleh ditentukan dengan cara menetapkan ketebalan polistiren dx_1 yang kontak langsung dengan pemanas di titik X_1 dengan temperatur T_1 , dan bagian atas polistiren yang kontak dengan bahan di titik X_2 dengan temperatur T_2 , serta ketebalan bahan insulasi dx_2 dengan temperatur T_3 di titik X_3 di sisi atas bahan.

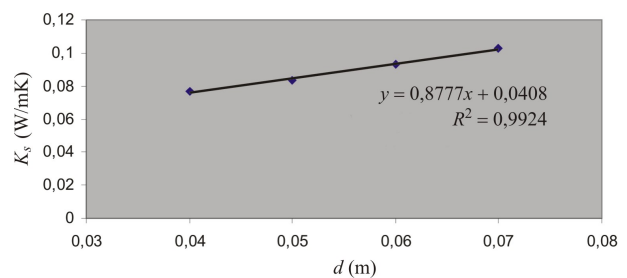
Tandan kosong sawit bahan insulasi ditempatkan pada ruang sampel dalam alat ukur termal konduktivitas pada ketebalan 7 cm; *bulk*-nya sebesar 0,2728 gr/cm³. *Heater* dinyalakan sampai tercapai keadaan tunak; diperoleh hasil pengukuran temperatur T_1, T_2, T_3 . Setelah itu, sampel kembali ditekan dengan pelat sampai ketebalan 6 cm, kemudian ditunggu sampai keadaan tunak, lalu diukur T_1, T_2 , dan T_3 . Dengan cara yang sama dilakukan penekanan hingga ketebalan 5 cm dan 4 cm. Harga k_s dihitung dengan pers.(1) dan nilai tahanan termal dihitung dengan pers.(6).

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan konduktivitas termal dan tahanan termal yang nilainya seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2 diperoleh grafik sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 2, 3, 4, dan 5.



GAMBAR 2: Grafik K_s vs T_{r1}



GAMBAR 3: Grafik K_s vs d

Pengukuran konduktivitas tandan kosong sawit dilakukan pada densitas bulk 0,2726 gr/cm³ dengan variasi ketebalan 7cm, 6 cm, 5 cm, dan 4 cm; setelah sampai pada ketebalan 4 cm sampel tidak dapat ditekan lagi. Data perhitungan diambil dari pengamatan untuk kondisi tunak.

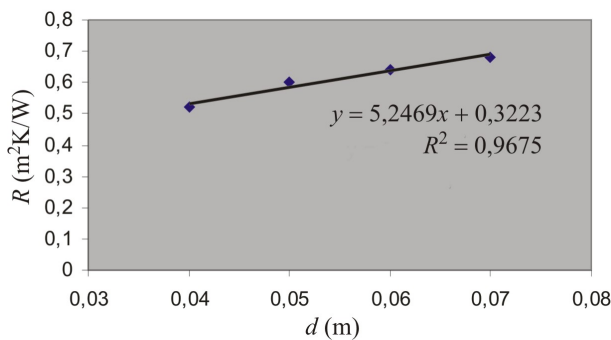
Grafik pada Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa makin tinggi temperatur rata-rata bahan tandan kosong sawit, konduktivitasnya makin besar seiring dengan perlakuan variasi ketebalan sampel. Hal itu

TABEL 1: Hasil perhitungan dari data pengamatan

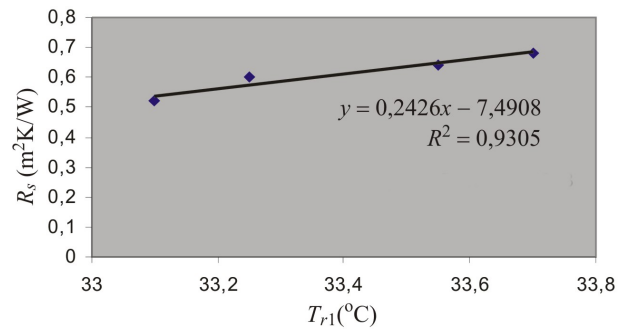
d m	T_1 °C	T_2 °C	T_3 °C	T_r °C	$k_a(T_r)$ W/mK	dT_1 °C	dT_2 °C	q_k W/m ²	T_{r1} °C	k_s W/mK
0,04	54,8	37,1	29,1	45,95	0,043427099	17,7	8	15,373193	33,1	0,07686597
0,05	54,3	37,6	28,9	45,95	0,043427099	16,7	8,7	14,504651	33,25	0,08336006
0,06	54,4	38,1	29	46,25	0,043482425	16,3	9,1	14,175271	33,55	0,09346332
0,07	55	38,6	28,8	46,85	0,043593077	16,5	9,8	14,385715	33,7	0,10275511

TABEL 2: Hasil perhitungan menentukan tahanan termal

d m	d inch	T_2 °F	k_s W/mK	k_s btu in/hr ft ² °F	$dT_2 \times d$ °F in	R hr ft ² °F/btu	R m ² K/W
0,04	1,275	14,4	0,076866	0,5329502	18,36	2,392343586	0,5203863
0,05	1,969	15,66	0,08336	0,57797698	30,83454	3,406710097	0,5998076
0,06	2,362	16,38	0,093463	0,64802793	38,68956	3,644904631	0,6419631
0,07	2,756	17,46	0,102755	0,71245256	48,11976	3,868327764	0,6812313



GAMBAR 4: Grafik R vs d



GAMBAR 5: Grafik R vs T_{r1}

sangat mungkin disebabkan oleh ruang rongga sampel yang semakin kecil sehingga panas yang keluar makin kecil dan transfer panas hanya melalui konduksi pada tandan kosong sawit tersebut. Perlakuan penekanan terhadap ketebalan mengakibatkan konduktivitas termal bahan insulasi berkecenderungan makin turun. Hal itu disebabkan oleh makin rapatnya suatu bahan, jarak antar-partikel semakin kecil (porositasnya makin kecil), sehingga proses hantaran termal di dalam insulasi lebih besar.

Grafik pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa tahanan termal juga mengalami kenaikan dengan perubahan ketebalan. Di samping itu juga menunjukkan bahwa nilai tahanan termal mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan nilai perkalian perbedaan temperatur dan ketebalan bahan insulasi. Pada ketebalan lebih rendah, nilai tahanan termal lebih rendah bila dibandingkan dengan ketebalan yang lebih tinggi, karena pada densitas yang lebih rendah nilai hantaran

termal lebih kecil; sehingga tahanan termal bahan insulasi lebih besar.

5 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Harga konduktivitas tandan kosong sawit pada densitas *bulk* 0,2728 gr/cm³ berkisar antara 0,07686597 - 0,10275511 W/mK
2. Harga tahanan termal tandan kosong sawit pada desitas *bulk* 0,2728 gr/cm³ berkisar antara 2,392343586 - 3,868327764 hr ft² °F/btu.
3. Nilai perkalian perbedaan temperatur dan ketebalan bahan insulasi untuk tandan kosong sawit adalah 18,36 - 48,11976 in °F

4. Tandan kosong sawit dapat digunakan sebagai bahan insulasi bangunan karena memenuhi kisaran bahan insulasi yaitu 0,052 - 0,130 W/mK

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zulfansyah, 1998, Pembuatan Pulp dari Tandan Kosong Sawit dengan Proses Asetat, *Seminar nasional: Fundamental dan Aplikasi Teknik kimia 1998*, Surabaya
- [2] Keith, F., 1991, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, Edisi III, Erlangga, Jakarta
- [3] Holman, J.P., 1984, *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta
- [4] Kaban H., 2003, Studi Pengaruh *Fire Retardant* Terhadap *Burning Path* dan Penentuan Konduktivitas Termal pada Tandan Kosong Sawit Sebagai Bahan Insulasi Termal, Tesis S2, PPs UNSRI, Sumatera Selatan
- [5] ASTM C 158, 1988, Standard Test Method for Steady-state Heat Flux Measurements and Derived Properties by Means of Heat Flow Meter Apparatus, *Annual Book of ASTM Standard*, Vol.04.06 , pp. 151-163, American for testing and material