

Studi Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Serapan Panas Radiasi Bahan Komposit Berpenguat Limbah Serat Sawit Dengan Matrik Poliester

Jamasri¹, Kuncoro Diharjo²

¹Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UGM

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS

Email: jamasri@ugm.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh peningkatan fraksi volume serat terhadap serapan panas radiasi bahan komposit berpenguat limbah serat buah sawit dengan matrix *unsaturated polyester*. Bahan utama penelitian adalah limbah serat buah sawit, *unsaturated polyester* 157 BQTN EX dan *hardener* MEKPO. Kandungan hardener adalah 1% dari volume *polyester*. Pembuatan panel komposit dilakukan dengan metode cetak tekan. Besarnya variasi fraksi volume serat (V_f) bahan panel komposit adalah berkisar antara 10 – 50%. Dimensi sampel uji adalah lebar 100 mm, panjang 200 mm dan tebal 3 mm. Pengukuran temperatur kedua sisi permukaan dilakukan pada jarak pengukuran antara sumber panas dengan panel 200 mm, 300 mm, 400 mm dan 500 mm, dengan menggunakan termokopel dan perlengkapannya. Peralatan uji yang digunakan adalah *thermal radiation apparatus*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serapan (hambatan) panas dan laju perpindahan panas radiasi panel komposit serat sawit – polyester meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serat (V_f). Selama pemanasan berlangsung, komposit dengan fraksi volume serat yang lebih besar memiliki harga selisih temperatur permukaan panel komposit sisi panas dengan sisi dingin yang lebih tinggi. Analisis komprehensif antara sifat hambatan panas, kekuatan dan nilai ekonomi (harga) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan serat akan meningkatkan kekuatan dan hambatan panas dengan harga yang lebih murah.

Kata kunci: komposit, serat sawit, serapan (hambatan) panas, laju perpindahan panas.

PENDAHULUAN

Penggunaan material komposit berpenguat serat mengalami perkembangan yang sangat pesat di segala bidang, seperti sarana transportasi, perumahan, komponen mesin, dan lain sebagainya. Di bidang transportasi, banyak komponen logam disubstitusi dengan komponen komposit. Penggunaan bahan komposit dalam bidang rekayasa didukung oleh beberapa keunggulannya, seperti harganya yang lebih murah, tahan korosi, ringan dan kekuatan dapat didisain sesuai dengan arah pembebahan. Perkembangan Tuntutan persyaratan aplikasi panel komposit tidak hanya didasarkan pada sifat mekanisnya yang tinggi, namun panel tersebut juga harus memiliki sifat fisik yang lebih baik seperti kemampuan serapan (hambatan) panas. Hal ini didasarkan pada persyaratan kenyamanan, dimana kulit manusia umumnya tahan pada kisaran temperatur 34 °C sampai 37 °C. Pada temperatur dingin, saluran darah manusia akan mengerut untuk mengurangi kerugian panas akibat radiasi dari kulit. Sebaliknya pada lingkungan panas, saluran darah tersebut akan mengambang sehingga radiasi kulit akan bertambah besar. Selanjutnya dalam lingkungan yang lebih panas lagi, tubuh akan berkerigan dan proses penguapan keringat akan mendinginkan kulit [Sugiharto dkk, 2005].

Perkembangan teknologi bahan panel komposit pun telah bergeser dari panel komposit berpenguat serat sintetis menuju panel komposit berpenguat serat alam. Pergeseran ini didorong oleh efek negatif bahan penguat serat sintetis yang limbahnya mencemari lingkungan dan sulit daur ulang. Perkembangan ini didukung oleh kondisi alam Indonesia yang kaya akan bahan-bahan serat alam, seperti serat buah sawit. Serat ini merupakan limbah buangan industri pengolahan minyak sawit. Serat sawit tersebut biasanya hanya untuk media pertumbuhan ketapang atau dibuang di lahan pertanian sebagai pupuk [Panduan RUT XII, 2004]. Seiring dengan kebijakan pemerintah untuk mengembangkan bahan bakar

alternatif baru Biodiesel, ketersediaan serat buah sawit akan semakin berlimpah. Serat tersebut sangat potensial digunakan sebagai unsur utama pembentuk bahan baru komposit.

Riset pendahuluan sifat mekanis bahan komposit serat sawit-poliester sudah dilakukan oleh Jamaris dkk [2005]. Komposit dengan penguatan serat sawit memberikan peningkatan kuat tarik yang sangat baik, yaitu sebesar 11 MPa, 14,21 MPa, 15,15 MPa, dan 18,51 MPa masing-masing untuk fraksi berat serat 19%, 27%, 30%, 36% dan 42%. Peningkatan kandungan serat sampai dengan 30% tidak memberikan peningkatan harga modulus dan regangan patah yang signifikan. Peningkatan harga modulus dan regangan patah mulai terlihat pada penguatan diatas 36% fraksi berat serat.

Sesuai analisis teoritis, kekuatan bending komposit sawit-poliesther meningkat seiring dengan penambahan kandungan serat. Perlakuan alkali (5% NaOH) serat juga mampu meningkatkan kekuatan bending komposit tersebut. Pada $W_f \approx 29\%$, kekuatan bending komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan dan dengan perlakuan alkali masing-masing adalah 28.38 MPa dan 31.57 Mpa [Jamasri dkk, 2006]. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Jamasri dkk [2005], perlakuan alkali serat selama 2 jam mampu menghasilkan kekuatan tarik komposit serat sawit-poliesther yang paling optimum. Namun, komposit berpenguat serat sawit tanpa perlakuan pun perlu dikembangkan karena tanpa menggunakan bahan kimia yang dapat merugikan lingkungan dan lebih ekonomis. Keuntungan penguatan limbah serat sawit ini ada 2, yaitu meningkatkan kekuatan komposit dan sekaligus menurunkan biaya panel komposit.

Menurut Jamasri dan Diharjo [2006], hambatan panas panel komposit sandwich meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan core. Hal ini diindikasikan oleh (1) penurunan laju kenaikan temperatur permukaan panel pada sisi belakang (dingin), (2) peningkatan laju beda temperatur antara permukaan panel sisi panas dan sisi dingin dan (3) semakin besarnya selisih temperatur antara permukaan panel sisi belakang dengan temperatur ruangan. Harga konduktifitas panas panel komposit sandwich meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan core.

Uraian tersebut di atas menunjukkan bahwa kajian riset sifat termal panel komposit menjadi penting untuk di kaji. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat fisis serapan (hambatan) panas komposit berpenguat serat buah sawit dengan matrik unsaturated polyester. Penelitian ini dilakukan dalam rangka melengkapi data sifat fisis-mekanis bahan komposit serat buah sawit – polyesteR. Hal ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang keunggulan penggunaan bahan panel komposit, yang dalam aplikasinya erat kaitannya dengan kenyamanan tubuh manusia.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan utama penelitian ini adalah limbah serat buah sawit, resin *unsaturated polyester* (UP) Yukalac tipe 157 BQTN EX dan hardener MEKPO. Variabel utama dalam penelitian ini adalah fraksi volume serat yang berkisar antara 10 – 50%. Sampel uji panel komposit dibuat dengan metode cetak tekan hidrolis dengan ukuran lebar 100 mm, panjang 200 mm dan tebal 3 mm. Besarnya fraksi volume dan fraksi berat serat dirumuskan sebagai berikut [Shackelford, 1992]:

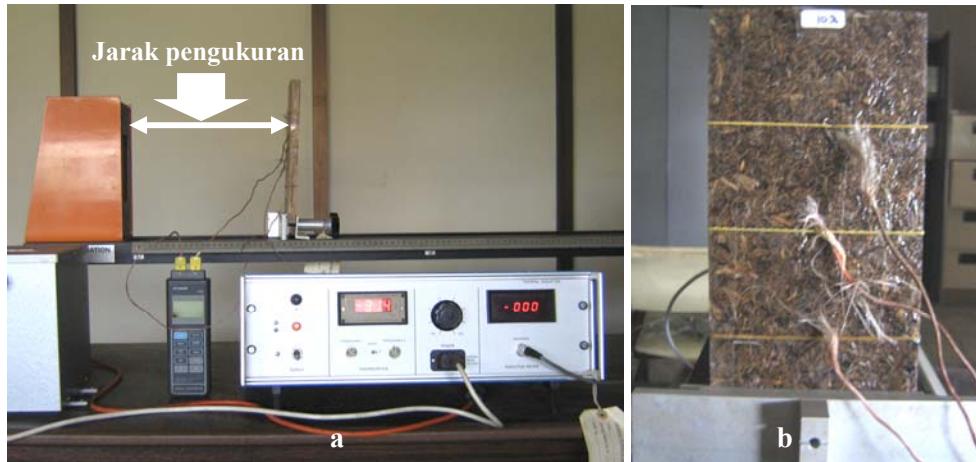
$$v_f = \frac{\frac{W_f}{\rho_f}}{\frac{W_f}{\rho_f} + \frac{W_M}{\rho_M}} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

Sesuai dengan data yang ada, massa jenis serat sawit dan polyester masing-masing adalah $1,4 \text{ gr/cm}^3$ dan $1,215 \text{ gr/cm}^3$.

Pada prinsipnya, perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas tanpa memerlukan medium perantara. Besar laju perpindahan panas radiasi adalah (Holman, 1998):

$$q = \sigma A (\Delta T)^4 \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

Pengujian serapan (hambatan) panas radiasi dilakukan dengan menggunakan alat uji *thermal radiation test apparatus*, yang skemanya ditunjukkan seperti pada gambar 1. Pengukuran beda temperatur permukaan sampel sisi panas dan sisi dingin dilakukan pada beberapa variasi jarak antara sampel uji dengan sumber panas (200 mm, 300 mm, 400 mm dan 500 mm). Sumber panas memiliki temperatur yang konstan, yaitu 275 °C. Pengukuran temperatur dilakukan hingga beda temperatur tersebut konstan. Data-data temperatur tersebut selanjutnya diolah dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk kurva hubungan antara beda temperatur dengan fraksi volume serat.



Gambar 1. (a) Skema pengujian hambatan panas radiasi dengan alat uji *thermal radiation test apparatus* dan (b) pemasangan termokopel pada permukaan panel komposit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

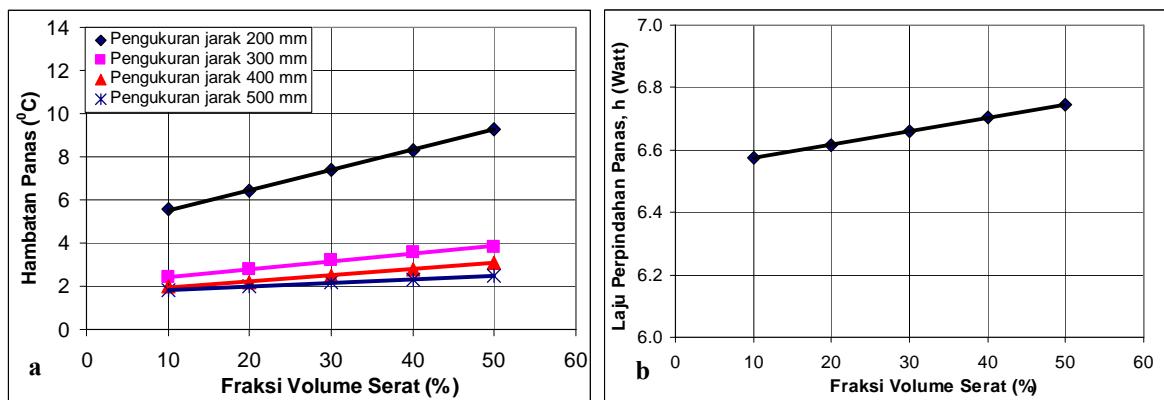
Tabel 1. Data hasil pengujian hambatan panas radiasi komposit serat sawit-*polyester*.

V _f (%)	JARAK PENGUKURAN (L)							
	L = 200 mm		L = 300 mm		L = 400 mm		L = 500 mm	
	ΔT (°C)	h (Watt)	ΔT (°C)	h (Watt)	ΔT (°C)	h (Watt)	ΔT (°C)	h (Watt)
10	5,6	6,832	2,4	6,523	2,0	6,486	1,8	6,467
20	6,4	6,911	2,8	6,561	2,2	6,504	2,0	6,486
30	7,4	7,010	3,2	6,599	2,5	6,533	2,2	6,504
40	8,3	7,101	3,6	6,638	2,8	6,561	2,3	6,514
50	9,3	7,202	3,8	6,657	3,1	6,590	2,5	6,533

Keterangan: - ΔT = rata-rata beda temperatur antara permukaan panel sisi panas dan sisi dingin,
- Data dalam tabel di atas adalah rata-rata dari tiga data pengujian.

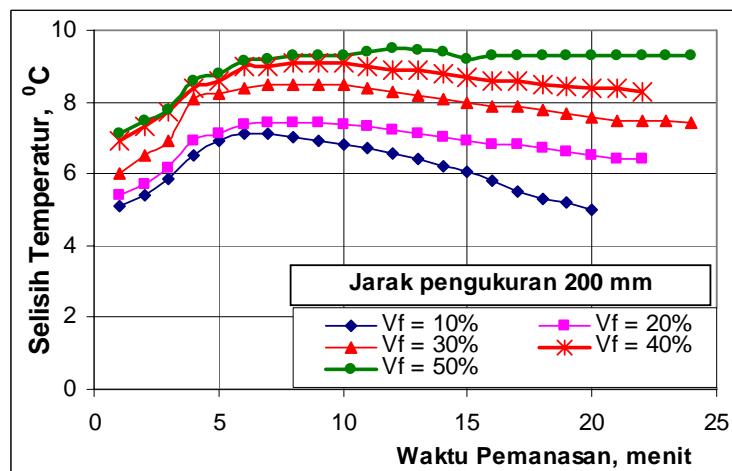
Data hasil pengolahan pada tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan kandungan serat meningkatkan nilai serapan (hambatan) panas (ΔT) dan perpindahan panas radiasi (h) bahan komposit serat sawit-*polyester*. Perilaku peningkatan hambatan panas ini mengindikasikan bahwa serat sawit berfungsi sebagai komponen penghambat panas.

Semakin dekat jarak pengukuran semakin jelas efek hambatan panasnya dan sebaliknya, seperti ditunjukkan pada gambar 2a. Dalam hal ini, hambatan panas didefinisikan sebagai selisih temperatur permukaan panel sisi panas dengan sisi dingin pada kondisi stabil (temperatur konstan setelah waktu pemanasan tertentu). Efek pengaruh kandungan serat hambatan panas panel komposit tersebut akan lebih tampak jelas jika temperatur permukaan panasnya lebih tinggi, seperti hasil pengujian pada jarak pengukuran 200 mm.



Gambar 2. (a) Hambatan panas pada jarak pengukuran yang berbeda dan (b) laju perpindahan panas radiasi panel komposit serat sawit-poliester.

Dalam hal ini, laju perpindahan panas yang terjadi pada panel komposit didefinisikan sebagai laju hambatan panas panel komposit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan laju perpindahan panas radiasi meningkat secara linier seiring dengan peningkatan fraksi volume serat (V_f), seperti ditunjukkan pada gambar 2b. Dengan demikian, semakin besar kandungan serat semakin baik kinerja hambatan panas panel komposit. Jika ditinjau secara komprehensif antara sifat hambatan panas, kekuatan dan nilai ekonomi (harga), maka peningkatan kandungan serat akan meningkatkan kekuatan dan hambatan panas dengan harga yang lebih murah. Semakin murahnya harga panel komposit disebabkan oleh harga serat sangat jauh lebih murah dari pada harga poliester sehingga harga panel dengan kandungan serat semakin tinggi menjadi semakin murah. Dengan demikian, pemanfaatan serat sawit mampu memberikan keuntungan yang sangat besar (sifat hambatan panas dan kekuatan lebih baik, serta harga panel menjadi lebih murah).



Gambar 3. Kurva pengukuran selisih temperatur pemukaan padel sisi panas dan sisi dingin bahan panel komposit serat sawit-poliester.

Panel dengan kandungan serat yang lebih tinggi memiliki selisih temperatur yang lebih besar, seperti ditunjukkan pada gambar 3. Data hasil pengukuran hambatan panas secara langsung pada gambar 3 di atas menunjukkan bahwa peningkatan kandungan serat meningkatkan hambatan panas panel. Hal ini ditunjukkan oleh semakin besarnya kurva selisih temperatur antara permukaan sisi panas dengan sisi dingin pada panel komposit yang memiliki fraksi volume serat yang lebih tinggi. Dengan demikian,

penggunaan panel komposit dengan fraksi volume serat yang lebih tinggi akan menambah kenyamanan ruangan karena kemampuan hambatan panasnya lebih tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pembahasan hasil penelitian tersebut di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Serapan (hambatan) panas dan laju perpindahan panas radiasi panel komposit serat sawit – polyester meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serat (V_f).
2. Selama pemanasan berlangsung, komposit dengan fraksi volume serat yang lebih besar memiliki kurva selisih temperatur permukaan panel komposit sisi panas dengan sisi dingin yang lebih tinggi.
3. Analisis komprehensif antara sifat hambatan panas, kekuatan dan nilai ekonomi (harga) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan serat akan meningkatkan kekuatan dan hambatan panas dengan harga yang lebih murah.

DAFTAR NOTASI

v_f	: fraksi volume serat	(%)
W_f	: berat serat	(kg)
W_M	: berat matrik	(kg)
ρ_f	: berat jenis serat	(gr/cm ³)
ρ_M	: berat jenis matrik	(gr/cm ³)
σ	: koefisien Steffan Boltzmann	($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)
A	: luas permukaan	(m ²)
ΔT	: selisih temperatur	(°C atau °K)

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Deputi Pengembangan Bidang Riset dan Teknologi - Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini melalui program RUT XII/2 (Riset Terapan) Tahun 2006.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim,, "Manual Book of Thermal Radiation Test Apparatus".
- [2] Anonim, 2004. "Panduan Penelitian RUT XII", KMNRT, Jakarta, Indonesia.
- [3] Holman, J.P., 1998, *Perpindahan kalor*, Edisi keenam, Erlangga, Jakarta.
- [4] Jamasri, Diharjo K. dan Handiko G.W., 2005. "Rekayasa dan Manufaktur Komposit Sandwich Berpenguat Limbah Serat Buah Sawit Dengan Core Limbah Kayu Sawit Untuk Komponen Gerbang Kereta Api", Laporan Penelitian RUT Tahun I, KMNRT, Jakarta.
- [5] Jamasri, Diharjo K. dan Handiko G.W., 2005. "Kajian Sifat Tarik Komposit Serat Buah Sawit Acak Bermatrik Polyester", Media Teknik FT UGM – Terakreditasi, Edisi November 2005.
- [6] Jamasri, Diharjo K. dan Handiko G.W., 2006. "Studi Perlakuan Alkali dan Tebal Core Terhadap Sifat Bending Komposit Sandwich Berpenguat Serat Sawit Dengan Core Kayu Sawit", Jurnal Sains Materi Indonesia – Terakreditasi, BATAN (PIIB – BATAN), Puspitek Serpong, Tangerang.
- [7] Jamasri dan Diharjo K., 2006. "Pengaruh Tebal Core terhadap Hambatan Panas Konduksi Komposit Sandwich Serat Sawit-Polyester Dengan Core Kayu Sawit", Seminar Nasional Ilmu dan Teknologi Material (SNITM) - 2006, Jurusan Teknik Material, FTI-ITS, Surabaya
- [8] Shackelford, 1992. "Introduction to Materials science for Engineer", Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA.
- [9] Sugiharto B, Soleh M. dan Purwanto, 2005. "Analisa kenyamanan Thermal Dalam Kabin MPV Melalui Perbandingan Berbagai Model Ducting Dengan Menggunakan CFD", Prosiding SNTTM IV, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.