

KARAKTERISTIK KOMPOSIT (KARBON DAN PEREKAT KERAMIK) UNTUK MENINGKATKAN PANAS

Nereus Tugur Redationo

Universitas Katolik Widya Karya, Kota Malang

Email Korespondensi: tugur@widyakarya.ac.id

ABSTRAK

Di dunia global saat ini ada masalah dengan ekonomi, energi dan lingkungan. Para ahli teknik di berbagai bidang keahlian berusaha menjawab permasalahan tersebut. Rekayasa material pada teknologi nano dan material pintar digunakan untuk meningkatkan efisiensi energi dan material yang ramah lingkungan. Perbandingan karbon dan keramik perekat (komposit): 70%:30% ; 60%:40% ; 50%:50 dalam berat (gram) sebagai sampel uji. Komposit dipanaskan di atas kompor listrik sebagai sumber panas. Serbuk karbon diperoleh dari proses pirolisis (suhu 1000°C) tempurung kelapa.

Perhitungan konduktivitas termal dan laju panas digunakan sebagai dasar untuk menganalisis pengaruh rasio karbon dan perekat keramik. Hasil pengamatan, pengujian, perhitungan dan analisis data komposit ditemukan bahwa kandungan karbon yang tinggi meningkatkan panas. Variasi komposisi komposit 70% karbon dan 30% perekat keramik diperoleh nilai konduktivitas sebesar 116,23 W/m. K dan laju aliran panas 251,14 Watt/dtk. Komposisi komposit 60% karbon dan 40% perekat keramik diperoleh nilai konduktivitas 84,86 W/m.K dan laju alir panas 203,35 Watt/detik. Komposisi komposit 60% karbon dan 40% perekat keramik diperoleh nilai konduktivitas 65,28 W/m.K dan laju alir panas 140,72 Watt/detik.

Kata kunci: Karbon, Karakteristik, Konduktivitas, Laju Panas, Perekat Keramik

ABSTRACT

In today's global world there are problems with the economy, energy and the environment. Engineering experts in various fields of expertise seek to answer these problems. Material engineering on nano technology and smart materials is used to improve energy efficiency and environmentally friendly materials. Comparison of carbon and adhesive ceramic (composite): 70%:30% ; 60%:40% ; 50%:50 in weight (grams) as test sample. The composite is heated on an electric stove as a heat source. Carbon powder is obtained from the pyrolysis process (temperature 1000°C) of coconut shell. Calculation of thermal conductivity and heat rate is used as the basis for analyzing the effect of the ratio of carbon and adhesive ceramic. The results of observation, testing, calculation and analysis of composite data found that high carbon content increases heat. The variation of the composite composition of 70% carbon and 30% adhesive ceramic obtained a conductivity value of 116.23 W/m. K and heat flow rate 251.14 Watt/sec. The composite composition of 60% carbon and 40% adhesive ceramic obtained a conductivity value of 84.86 W/m.K and heat flow rate 203.35 Watt/sec. The composite composition of 60% carbon and 40% adhesive ceramic obtained a conductivity value of 65.28 W/m.K and a heat flow rate of 140.72 Watt/sec.

Keywords: Carbon, Characteristics, Conductivity, Heat Rate, Adhesive Ceramic

PENDAHULUAN

Material komposit saat ini menjadi salah satu alternatif untuk menciptakan material jenis baru. Material komposit diharapkan mampu menjawab kebutuhan material yang mempunyai sifat mekanik, fisik dan kimia tertentu sesuai dengan kebutuhan. Pengabungan dari beberapa material yang mempunyai sifat keunggulan

tertentu bila dipadukan akan menjadi material baru/komposit. Material komposit diharapkan mampu meningkatkan sifat mekanik, fisik dan kimia dari material aslinya.

Pada era global saat ini dunia dihadapkan pada permasalahan bidang ekonomi, energi dan lingkungan. Pelaku *engineering* dalam berbagai bidang keahliannya mengupayakan menjawab permasalahan tersebut. Rekayasa material komposit juga dilakukan untuk meningkatkan efisiensi energi dengan bahan-bahan yang ramah lingkungan. Penggunaan teknologi nano dan *smart material*/material cerdas digunakan untuk mendukung/mencari solusi permasalahan tersebut.

Karbon tempurung kelapa mempunyai kadar karbon yang tinggi sehingga memungkinkan untuk dijadikan salah satu material penghantar panas. Tempurung kelapa yang telah mengalami proses pembakaran pada temperatur 1000°C dan ditahan selama 60 menit dan diserbukkan mempunyai kadar karbon yang tinggi yaitu 91,1% C (Redationo:2017). Pelapisan karbon pada permukaan aluminium juga mampu meningkatkan konduktivitas panas sebesar 60,65 W/m²K pada temperatur perlakuan panas aluminium 450°C (Redationo, 2018). Karbon memiliki tiga struktur atau *alotrop* karbon utama yaitu grafit, *fullerene*, dan intan. Karbon mempunyai beberapa sifat antara lain (Chen, 2003 dan Kadiyala 2006) kekerasan yang tinggi (5—80 GPa), konduktivitas panas tinggi, struktur atom yang halus/nano (< 5nm), koefisien gesek yang rendah (< 0,01—0,7), ketahanan terhadap abrasi, afinitas (gaya gabung) elektron negatif/*negative electron affinity*, tahan terhadap reaksi kimia, konstanta dielektrik rendah (<4) dan transparansi terhadap inframerah.

Peneliti ingin memanfaatkan karbon dan pengikat keramik menjadi komposit untuk meningkatkan konduktivitas panas. Peningkatan konduktivitas panas diharapkan mampu mengurangi energi yang dibutuhkan untuk keperluan tertentu. Pengurangan energi tentu akan berdampak pada kebutuhan energi yang efisien dan kinerja alat yang tinggi, Efisiensi dan kinerja yang tinggi akan menjawab masalah kebutuhan energi yang ujungnya pada masalah biaya/ekonomi.

Pada penelitian ini grafit/karbon akan dipadukan dengan pengikat keramik agar bisa mengikat dan keras. Kekerasan dan ikatan komposit paduan karbon pengikat keramik diharapkan mampu menahan panas yang cukup tinggi. Pemberian tekanan komposit (karbon dan pengikat keramik) dilakukan menggunakan dipres agar bahan padat terikat dan keras.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah studi ekperimental dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Data pengujian dibahas dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh karbon terhadap peningkatan konduktivitas panas. Kerangka operasional penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Operasional Penelitian

Metode pengumpulan data yaitu dengan menguji variasi komposisi komposit (karbon dan pengikat keramik) yang dicetak di sekeliling keramik dengan ketebalan 5 mm. komposit yang telah dicetak pada sekeliling keramik diletakkan di atas kompor listrik diukur setiap menitnya selama 30 menit.

Pembuatan sampel dilakukan dengan membuat komposit (karbon dan perekat keramik perbandingan (berat dalam gram) 70%:30% ; 60%:40% ; 50%:50%. Karbon yang digunakan adalah tempurung kelapa yang halus (0,3 mm) yang telah dipirolisis pada temperatur 1000°C. Perekat keramik MU 042 diencerkan dengan air dan selajutnya dimasukkan serbuk karbon dan diaduk hingga merata. Keramik dibuat di sekeliling komposit panjang 5 x 5 cm dan tebal 5 mm. Adonan perekat keramik dimasukan dalam lubang keramik selanjutnya dipres menggunakan mesin pres

Pengukuran dilakukan pada permukaan elemen kompor listrik dan permukaan komposit. Nilai kekerasan komposit di uji untuk mengetahui pebebanan gaya. Data diperoleh dari pengukuran temperatur pada permukaan material komposit, permukaan elemen kompor listrik, dan temperatur ruangan. Data-data tersebut selanjutnya diolah dan dihitung untuk menentukan nilai konduktivitas panasnya. Uji keras dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan dari material komposit. Data pengukuran dan uji kekerasan dijadikan dasar untuk menganalisis untuk mengetahui komposisi dan prosentase komposit.

Kalor yang masuk diperoleh dari kompor listrik. Sumber panas (Q) yang diberikan kompor listrik diperoleh dengan pendekatan merebus air di dalam wadah yang dipanaskan dengan menggunakan kompor listrik tersebut. Air sebanyak 300 ml dituangkan ke dalam wadah dengan *massa* air 0,3 kg dan *massa* wadah yang terbuat dari aluminium 0,025 kg. Kapasitas kalor (C) dari air adalah 4.220 J/Kg.°C dan kapasitas kalor dari wadah aluminium sebesar 902 J/Kg.°C.

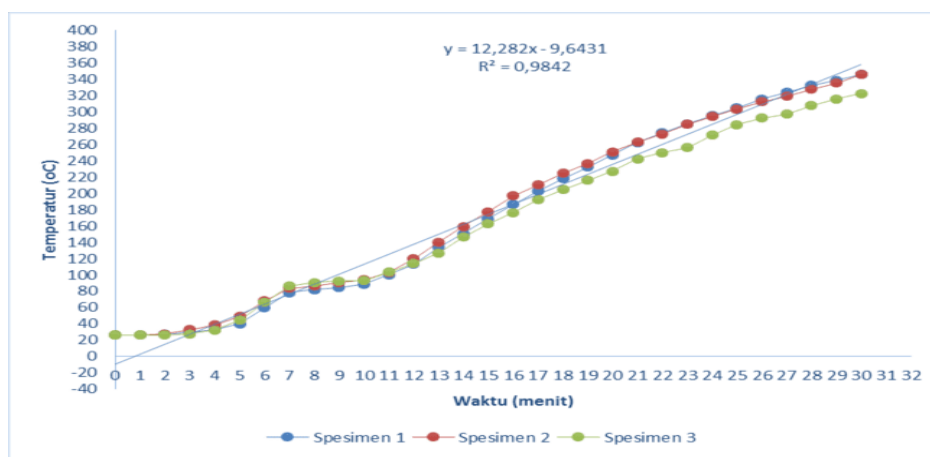
Spesimen konduktivitas panas diperoleh menggunakan panas dari kompor listrik, dari perhitungan panas (q) di dapat 52,97 Watt. Perubahan temperatur seiring dengan waktu 0—30 menit. Temperatur kompor (T₁) rerata temperatur spesimen sebesar 559,26°K. Perhitungan didapatkan konduktivitas panas puncak dari masing—masing spesimen. Adapun konduktivitas perhitungan setiap menitnya sebagai berikut:

$$K_l = \frac{((q \cdot dx_1 \cdot dx_2) - (k_2 \cdot A_2 \cdot \Delta T_2 \cdot dx_1))}{(dx_2 \cdot A_1 \cdot \Delta T_1)} \quad (1)$$

Hasil perhitungan di atas merupakan perhitungan untuk spesimen 1 pada menit ke 2, dilakukan berulang kali sampai pada 30 menit. Konduktivitas panas dicari dan dihitung tertingginya pada spesimen yang diuji. Pada perhitungan di atas $\Delta T_2 = 0^\circ\text{K}$ dikarenakan perpindahan panas tidak terjadi antara T₂-T₃. Kemudian setelah konduktivitas spesimen mencapai puncaknya atau bisa diartikan pada saat T₁ = T₂, panas tertahan di isolator, tetapi temperatur tidak diteruskan oleh isolator, namun dikembalikan dari isolator menuju spesimen. Temperatur menjadi positif (+) yang menunjukkan panas menyerap, sehingga untuk $\Delta T_2 = \Delta T_{1n}$, dimana ΔT_{1n} adalah ΔT_1 setelah mencapai konduktivitas puncak yang menjadi positif (+) karena menyerap panas (dikembalikan oleh isolator).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengamatan/pengujian, perhitungan dan referensi maka di dapatkan analisis.



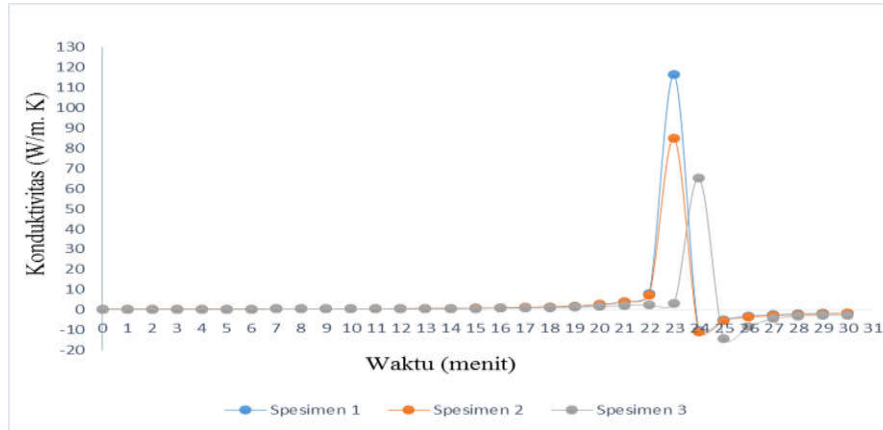
Gambar 2. Grafik Perbandingan Rerata Komposit dengan Temperatur dan Waktu

Dari data perbandingan temperatur dan waktu komposit, pada spesimen 1, 2 dan ke 3 distribusi kemaikan temperaturnya. Pada spesimen 1 dengan kadar komposit (karbon 70%, pengikat keramik 30%) kenaikan temperatur paling tinggi (346,33 °C) selajutnya spesimen 2 (246 °C) komposit (karbon 60%, pengikat keramik 40%) dan spesimen 3 (322,67 °C) komposit (karbon 50%, pengikat keramik 50%). Sebaliknya kekerasan tertinggi komposit pada spesimen 3, 2 dan 1. Penelitian terdahulu dan Eric Mayhew, 2013 menunjukkan bahwa kadar karbon meningkatkan nilai temperatur yang ditandai kenaikan konduktivitas dan laju panas.

Nilai kekerasan shore D komposit perbandingan perekat keramik 30%= 0,75: 40%=4,45 dan 50%=6,3. Perekat keramik memberikan dampak sebagai pengikat dan saat kering menjadikan komposit keras. Secara alamiah bahwa energi berpindah dari temperatur yang tinggi menuju ke-temperatur yang lebih rendah. Pada gambar grafik 2 terlihat laju kecepatan spesimen pada temperatur tertinggi/puncak, hal ini diasumsikan mendekati temperatur kompor (T_{masuk}). Temperatur kompor merupakan selisih antara T_1 dan T_2 . Setelah $T_1 = T_2$ berarti sudah tidak terjadi perpindahan panas antar kompor dan spesimen, maka panas tertahan pada isolator dan dikembalikan ke arah spesimen dimana nantinya terjadi kenaikan temperatur pada spesimen dikarenakan menyerap panas yang dikembalikan dari isolator. Selain daripada hal tersebut tentu saja massa dari spesimen yang hilang juga mempengaruhi kecepatan spesimen untuk mencapai temperatur puncaknya dengan tanpa mengabaikan dari sisa massa spesimen setelah pengujian. Selain daripada itu kerapatan keramik yang sebesar 1,43–1,53 gram/cm³ lebih rendah daripada karbon yang memiliki kerapatan 2,27 gram/cm³ berpengaruh terhadap laju panas dikarenakan kerapatan yang rendah tentu mempermudah panas untuk melewati spesimen sehingga membuat temperatur spesimen juga cepat naik dan cukup tinggi pada komposit terutama kadar karbon 70%.

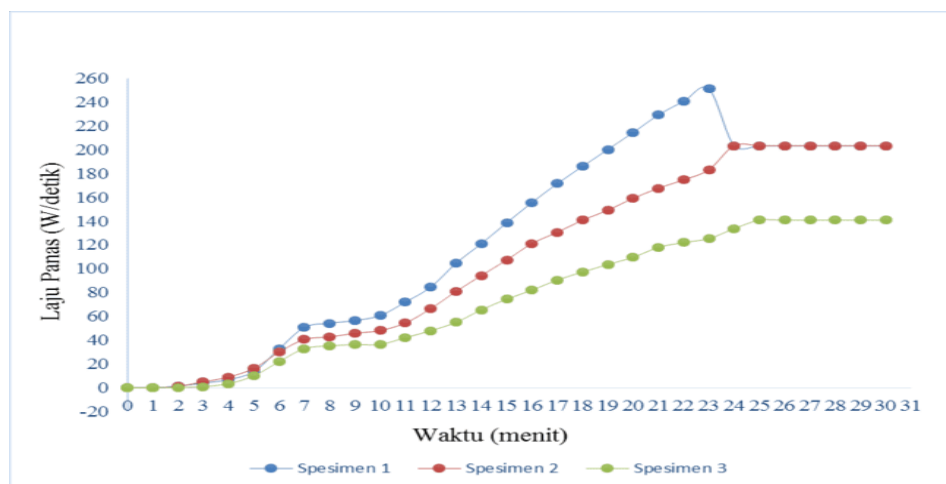
Karakteristik dominan pada komposit ini adalah karbon. Karbon pada penelitian ini (70% karbon) memiliki konduktivitas yang tinggi ditandai dengan nilai 116,23 W/m.K. Menurut Destyorini, Fredina, dkk. 2010 dengan kadar karbon 100%, konduktivitas karbon memiliki 119-165 W/m.K. Menurut Eric Mayhew, 2013, bahwa pemberian karbon nano fiber pada probe T-type terjadi peningkatan konduktivitas panas yang tinggi hingga 163 W/m.K. Tamado, 2013 juga menyatakan termal karbon aktif berbahan arang tempurung meningkatkan sifat thermal/konduktivitas.

Sesuai tujuan penelitian ini adalah bagaimana cara membuat komposit yang cukup kuat untuk komposit mempunyai nilai konduktivitas yang tinggi, Perekat keramik 50%, cukup memberikan nilai kekerasan shore D 6,3, namun kurang baik kalau dijadikan meningkatkan nilai konduktivitas.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Rerata Konduktivitas Komposit dan Waktu

Setelah dilakukan pengujian selama 30 menit pada tiap spesimen dan dilakukan perhitungan untuk setiap menitnya, maka dapat dianalisa perbandingan untuk laju kalor rata-rata tiap spesimen seperti pada gambar 3. Laju panas tinggi seiring dengan nilai konduktivitas panas. Nilai laju panas tertinggi komposit (70% C, 30% PK) 251,14 W/m pada menit ke 23, selanjutnya komposit (60% C, 40% PK) 203,35 W/m pada menit ke 24 dan komposit (50% C, 50% PK) 140,72 W/m pada menit ke 25. Pada menit ke 23 pada spesimen 1 menunjukkan laju aliran panas yang tertinggi, kadar karbon 70% yang tinggi meningkatkan nilai konduktivitas. Pada spesimen 3 laju aliran panas paling lambat (140,72 W/m) ditandai puncaknya pada menit ke 25.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Rerata Laju Panas Komposit dan Waktu

KESIMPULAN

Dari analisa data maka dapatkan simpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik komposit utamanya komposisi karbon meningkatkan nilai temperatur panas yang tinggi.
2. Nilai konduktivitas dan laju panas tertinggi komposit (70% C, 30% PK): 116,23 W/m.K; 251,14 W/m, komposit (60% C, 40% PK): 84,86 W/m.K; 203,35 W/m dan komposit (50% C, 50% PK): 65,28 W/m.K; 140,72 W/m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada Yayasan Adi Sucipto, Universitas Katolik Widya Karya Malang dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat yang telah membantu hibah penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Altinok, M., Tas, H.H., & Çimen, M. (2009) : Effects of Combined Usage of Traditional Glue Joint Methods in Box Construction on Strength of Furniture. *Material and designs*. Vol 30-339.
- [2] Amstead, B.H., 1995. *Teknologi Mekanik Jilid 1*. Jakarta. Erlangga Amstead, B.H., 1995. *Teknologi Mekanik Jilid 2*. Jakarta. Erlangga
- [3] Behnia M., 2002. A Comparison of Heat Sink for Laminar Forced Convection: Numerical Simulation of Periodically Developed Flow.
- [4] Casiraghi, C., et al., 2007, *Phys. Rev. B* 72, 085401
- [5] Chen, H. 2000. Inductively Coupled Plasma Etching of InP. Thesis
- [6] Dunn P.D. and Reay D.A.1994. *Heat Pipes*. Fourth Edition, Pergamon Press, Oxford
- [7] Ferrari, A. C., et al., 2000 *Phys. Rev. B* 62, 11089
- [8] Holman. J.P. 1993. *Perpindahan Kalor*, Edisi Keenam, terjemahan, E. Jasjfi, Erlangga, Jakarta
- [9] Jean P Mercier Gz, and Wilfried Kurz. 2002,. *Introduction to Materials Science*. New York: Elsevier
- [10] Kadiyala, K.C., 2006, Characterization and tribological behavior of diamond like carbon and nitrogen doped diamond like carbon thin film, B. Tech., Nagarjuna University, India
- [11] Koidl, P., et al., 1990, *Mater. Sci. Forum* 52, 41
- [12] Mayhew E, Prakash V., 2013 *Thermal conductivity of individual carbon nanofibers*, *Carbon*, 62 (2013) 493–500, Elsevier
- [13] Morrison, N. A., et al., 1999, *Thin Solid Films* 337, 71
- [14] Palshin V., Ves S., Logothetidis S., Meletis E.I., 1995, *Thin Solid Films*, 270 165
- [15] Popescu, B., et al., J. 2000, *Non-Cryst. Solids* 266-269, 803
- [16] Redationo N.T, 2017, Karakterisasi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Target Pembuatan Lapisan DLC (*Diamond Like Carbon*) dengan Variasi Pemanasan, LPPM, UNIKA Widya Karya Malang
- [17] Redationo N.T, 2018, Analisis Pelapisan Karbon Pada Permukaan Aluminium 2025 Terhadap Konduktivitas dan Laju Perpindahan Panas , LPPM, UNIKA Widya Karya Malang
- [18] Valencia, L.E.C., Alonso, E., Manzano, A., Pe´rez, J., Contreras, M.E., & Signoret, C., 2007, Improving the Compressive Strengths of Cold- Mix Asphalt Using Asphalt Emulsion Modified by Polyvinyl Acetate, *Construction and Building Materials*, 21, 583 – 589.
- [19] Xiaoyan, Z., Wenling, T., Xinliang, J., Xuesong, Z., 2009, Effects of Vibration Technology and Polyvinyl Acetate Emulsion on Microstructure and Properties of Expanded Polystyrene Lightweight Concrete, *Trans. Tianjin Univ.*, 15, 145 – 149.