

Stabilitas Termal Komposit Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Matriks HDPE

Riza Wirawan*, Ryo Dody Pasaribu, Dian Permatasari, Himawan Hadi Sutrisno

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
Jalan Rawamangun Muka, Jakarta Timur, 13220
*rwirawan@unj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi serat dan perlakuan alkali terhadap stabilitas termal komposit eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan matriks *High Density Polyethylene* (HDPE). Batang eceng gondok kering dipotong untuk mendapatkan serat-serat pendek. Sebagian eceng gondok langsung dicampurkan dengan HDPE menggunakan *internal mixer* pada temperatur 140 °C untuk membentuk empat jenis komposit dengan komposisi berat serat masing-masing 10%, 20%, 30%, dan 40%. Sebagian serat eceng gondok yang lain direndam dalam larutan NaOH 5%, 10%, 15%, dan 20% selama 30 menit sebelum kemudian dicampurkan dengan HDPE untuk membentuk komposit dengan komposisi berat serat 20%. Stabilitas termal komposit-komposit yang telah dibuat kemudian diuji menggunakan alat *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Hasil analisis TGA dan DSC memperlihatkan bahwa stabilitas termal komposit menurun seiring dengan peningkatan kadar serat eceng gondok. Namun demikian, stabilitas termal dapat ditingkatkan dengan perlakuan alkali. Stabilitas termal meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH. Nilai stabilitas termal komposit yang berada di antara nilai stabilitas termal matriks dan serat pembentuknya mengindikasikan tidak adanya reaksi kimia antara serat dengan matriks yang dapat mempengaruhi stabilitas termal secara signifikan.

Keywords: Komposit, Eceng gondok, HDPE, TGA, DSC

Pendahuluan

Peningkatan kesadaran manusia terhadap lingkungan dan dibuatnya peraturan-peraturan baru telah mendorong industri untuk menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan. Bahan yang ramah lingkungan umumnya didapatkan dari bahan-bahan alam, terutama bahan nabati.

Pencampuran polimer termoplastik dengan serat alami adalah salah satu alternatif yang ditawarkan. Di samping lebih ramah lingkungan, sifatnya sebanding dengan komposit sintesis, serta memiliki keandalan sebagai sumber daya terbarukan. Memanfaatkan komposit serat alam sebagai bahan pengganti untuk beberapa produk polimer termoplastik dapat mengurangi jumlah atau volume penggunaan polimer termoplastik.

Salah satu serat alam yang mudah didapatkan adalah serat eceng gondok. Eceng gondok merupakan salah satu tumbuhan air yang banyak tumbuh di Indonesia. Di beberapa tempat, tumbuhan ini banyak dibuang karena dianggap sebagai hama bagi hewan-hewan air. Serat eceng gondok kini telah banyak dimanfaatkan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, juga dapat

mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) (Purboputro 2006). Mengingat kandungan serat alaminya yang cukup tinggi, perlu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan serat eceng gondok dengan lebih optimal. Salah satunya adalah dengan meneliti potensi serat eceng gondok untuk dijadikan sebagai penguat pada material komposit.

Penggunaan serat eceng gondok untuk dijadikan serat komposit memberikan keuntungan ganda. Di samping memanfaatkan tumbuhan air yang dianggap sebagai hama ini, pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan komposit dapat juga mengurangi jumlah pemakaian material polimer termoplastik, karena dapat digantikan dengan komposit polimer termoplastik dengan serat eceng gondok.

Polimer termoplastik bersifat tidak tahan terhadap panas atau memiliki titik leleh yang rendah. Maka dari itu pembuatan komposit polimer termoplastik dengan serat eceng gondok diharapkan mendapatkan sifat ketahanan panas yang lebih baik dari material polimer termoplastik. Adapun polimer termoplastik yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *High Density Polyethylene* (HDPE). HDPE adalah sebuah polimer termoplastik yang digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil (contohnya tali dan

karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah, perlengkapan laboratorium, pengeras suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer.

Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang komposit polimer termoplastik yang menggunakan serat dari alam, termasuk eceng gondok, dengan melakukan pengujian terhadap sifat-sifat material seperti kekuatan tarik, kekuatan bending, dan kekuatan impact (Purboputro, 2006; Nurjanah, 2010; Win, 2010; Wirawan, et al 2010 & 2011). Begitu pula penelitian komposit berbahan serat eceng gondok atau HDPE sebelumnya sudah pernah dilakukan, penelitian komposit serat eceng gondok dengan matrik polyester dan penelitian komposit HDPE dengan limbah batang kelapa sawit. Namun penelitian mengenai sifat termal komposit serat alam, khususnya eceng gondok bermatriks HDPE, masih jarang ditemukan. Penelitian ini diharapkan dapat menambah inovasi dalam mengembangkan pemanfaatan serat alam atau khususnya serat eceng gondok sebagai bahan komposit. Dengan demikian, penelitian ini akan difokuskan terhadap kajian untuk melihat pengaruh dari variasi komposisi serat/matriks serta konsentrasi NaOH pada perlakuan alkali terhadap stabilitas komposit HDPE dengan serat eceng gondok dengan menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

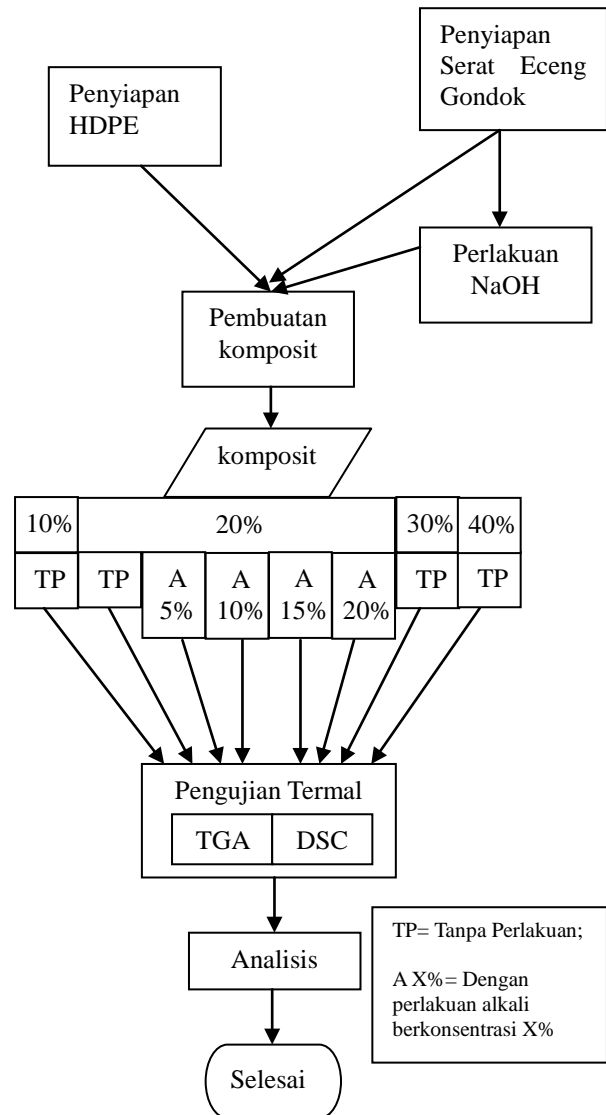
Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Gambaran umum eksperimen yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 1.

Serat eceng gondok dengan HDPE disiapkan untuk pembuatan komposit dengan komposisi berat serat masing-masing 10%, 20%, 30%, dan 40%. Khusus untuk komposit dengan kadar serat 20%, serat terlebih dahulu direndam dalam larutan alkali (NaOH) dengan konsentrasi masing-masing 5%, 10%, 15%, dan 20% selama 4 jam. Pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan *thermal mixer* pada temperatur 140 °C.

Kedelapan jenis komposit tersebut kemudian diuji termal dengan TGA dan DSC. Termogram dan kurva DSC dari komposit dengan kadar dan perlakuan berbeda dibandingkan serta dianalisis untuk melihat pengaruh kadar serat dan konsentrasi NaOH terhadap stabilitas termal komposit.

Pengujian dengan TGA akan memperlihatkan stabilitas termal bahan dalam hal penurunan massa yang terjadi antara lain akibat terdekomposisi atau terbakar. Bahan yang terdekomposisi pada temperatur tinggi dikatakan memiliki stabilitas termal yang tinggi dan begitu pula sebaliknya. Sementara itu, pengujian dengan DSC akan memperlihatkan stabilitas termal yang terkait dengan perubahan fasa, dalam hal ini pelelehan.



Gambar 1. Diagram alir eksperimen.

Bahan yang meleleh pada temperatur lebih tinggi dikatakan memiliki stabilitas termal yang tinggi dan begitu pula sebaliknya.

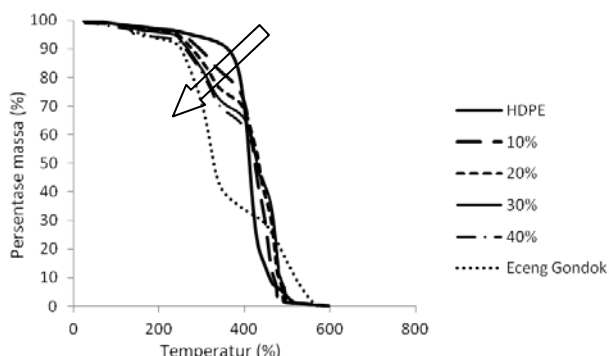
Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 memperlihatkan pengaruh perbedaan konsentrasi serat eceng gondok terhadap kurva TGA dari komposit. Secara umum, baik serat eceng gondok, HDPE, maupun komposit mengalami penurunan massa yang drastis pada kisaran temperatur 200 – 400 °C. Temperatur awal terjadinya penurunan drastis menunjukkan kestabilan termal dari material tersebut. Kestabilan termal dikatakan tinggi apabila penurunan massa terjadi pada temperatur yang lebih tinggi. Secara kuantitatif, stabilitas termal dapat ditentukan sebagai temperatur yang mengakibatkan penurunan massa sebesar persentase tertentu. Tabel 1 memperlihatkan temperatur yang mengakibatkan penurunan massa sebesar 10%, α_{10} , untuk setiap sampel.

Pada Gambar 2 dan Tabel 1 terlihat bahwa kestabilan termal paling tinggi ditunjukkan oleh HDPE, disusul kemudian secara berurutan oleh komposit dengan komposisi 10%, 20%, 30%, 40%, dan yang paling rendah adalah eceng gondok. Dengan kata lain, stabilitas termal komposit menurun seiring dengan penambahan kadar eceng gondok.

Hal ini terjadi karena stabilitas termal HDPE lebih tinggi dibandingkan stabilitas termal eceng gondok. Akibatnya, stabilitas termal komposit berada di antara stabilitas termal kedua komponennya. Sifat campuran yang memiliki sifat sesuai dengan komponen pencampurnya ini merupakan ciri sifat campuran fisik. Artinya, HDPE dan bercampur secara fisik.

Walaupun dalam pembuktiannya memerlukan pengujian lebih lanjut, seperti spektrometri *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), Gambar 2 merupakan indikasi awal tidak adanya reaksi kimia antara HDPE dan eceng gondok yang dapat mengubah sifat dari komposit. Apabila terjadi reaksi kimia, stabilitas termal komposit bisa berada di luar selang antara stabilitas termal eceng gondok dan komposit.



Gambar 2. Kurva termogravimetrik dari komposit dengan variasi komposisi.

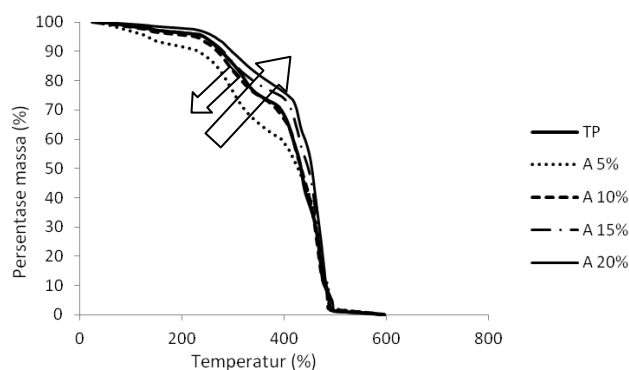
Tabel 1. Stabilitas termal berdasarkan TGA dari komposit dengan variasi komposisi.

Sampel	α_{10} (°C)
HDPE	382
Komposit 10%	278
Komposit 20%	267
Komposit 30%	262
Komposit 40%	260
Eceng gondok	255

Untuk komposit yang dibuat melalui proses perlakuan alkali, pengaruh konsentrasi NaOH terhadap stabilitas termal terlihat pada Gambar 3 dan Tabel 2.

Perlakuan alkali dengan kadar alkali 5% (A 5%) mengakibatkan penurunan stabilitas termal dibandingkan dengan komposit yang dibuat tanpa perlakuan (TP). Namun demikian, stabilitas termal komposit yang dibuat dengan perlakuan alkali meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH. Pada akhirnya, perlakuan dengan kadar NaOH 20% menghasilkan stabilitas termal yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang dibuat tanpa perlakuan. Urutan stabilitas termal dari yang paling tinggi hingga paling rendah adalah komposit dengan perlakuan alkali 20%, 15%, komposit yang dibuat tanpa perlakuan, 10%, dan yang paling rendah adalah 5%.

Pada konsentrasi yang rendah, NaOH melarutkan bagian serat terluar yang di dalamnya termasuk kotoran, debu, serta partikel-partikel inorganik lainnya. Bahan-bahan tersebut termasuk bahan yang memiliki stabilitas termal tinggi. Akibatnya, perlakuan alkali dengan NaOH yang rendah berakibat menurunkan stabilitas termal serat, yang pada akhirnya menurunkan stabilitas termal komposit secara keseluruhan. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, NaOH dapat melarutkan bagian-bagian serat yang lebih dalam namun memiliki stabilitas termal lebih rendah, seperti hemiselulosa. Akibatnya, semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan dalam perlakuan alkali, semakin banyak kadar hemiselulosa yang terlarut sehingga semakin tinggi pula stabilitas termal serat eceng gondok tersebut.



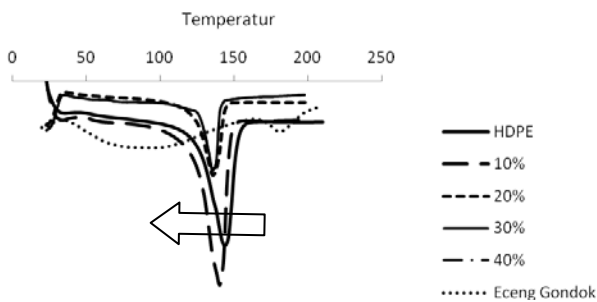
Gambar 3. Kurva termogravimetrik dari komposit dengan berbagai konsentrasi NaOH.

Tabel 2. Stabilitas termal berdasarkan TGA dari komposit dengan variasi konsentrasi alkali.

Sampel	α_{10} (°C)
Tanpa perlakuan	267
Alkali 5%	220
Alkali 10%	262
Alkali 15%	265
Alkali 20%	287

Pengaruh perbedaan konsentrasi serat eceng gondok terhadap kurva DSC dari komposit dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat bentuk kurva yang seragam antara komposit dengan variasi komposisi serta HDPE. Namun, eceng gondok terlihat memiliki kurva DSC yang lain dari pada yang lain. Hal ini terjadi karena pada temperatur 130-145 °C HDPE, baik dalam bentuk polimer maupun sebagai komponen dari komposit, mengalami pelelehan. Artinya, puncak-puncak yang ditunjukkan oleh kurva DSC komposit dan HDPE merupakan puncak titik leleh dari HDPE.

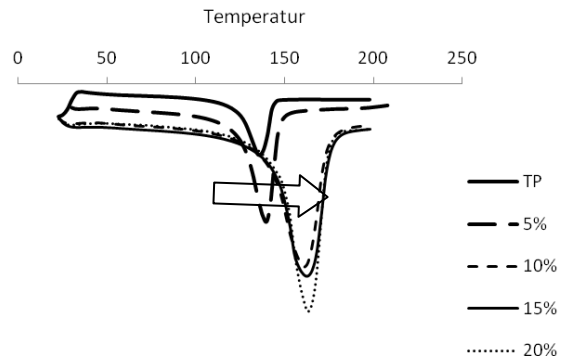
Yang menarik dari hasil pengujian ini adalah bahwa penambahan eceng gondok pada HDPE dapat menggeser kurva DSC HDPE ke sebelah kiri. Hal ini menunjukkan adanya penurunan temperatur leleh HDPE setelah penambahan eceng gondok. Semakin tinggi jumlah eceng gondok yang ditambahkan, semakin rendah temperatur leleh HDPE. Data temperatur leleh HDPE terlihat pada Tabel 3.



Gambar 4. Kurva DSC komposit dengan variasi komposisi.

Tabel 3. Stabilitas termal berdasarkan DSC dari komposit dengan variasi komposisi.

Sampel	Temperatur (°C)
HDPE	143
Komposit 10%	138
Komposit 20%	135
Komposit 30%	132
Komposit 40%	131



Gambar 5. Kurva DSC komposit dengan berbagai konsentrasi NaOH.

Tabel 4. Stabilitas termal berdasarkan DSC dari komposit dengan variasi konsentrasi alkali.

Sampel	Temperatur (°C)
Tanpa Perlakuan	135
NaOH 5%	137
NaOH 10%	160
NaOH 15%	161
NaOH 20%	162

Perubahan titik leleh HDPE terjadi pada komposit yang diproses melalui perlakuan alkali (Gambar 5 dan Tabel 3). Terlihat pergeseran kurva ke sebelah kanan, menunjukkan peningkatan stabilitas termal atau titik leleh HDPE seiring dengan peningkatan konsentrasi NaOH. Pada konsentrasi 5%, peningkatan tidak terlalu signifikan. Namun, peningkatan signifikan diperlihatkan pada konsentrasi 10%. Selanjutnya, pada konsentrasi 15% dan 20%, stabilitas termal masih meningkat namun tidak signifikan.

Kesimpulan

Dari data dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kadar serat hingga 40% pada komposit eceng gondok/HDPE mengakibatkan penurunan stabilitas termal komposit. Sementara itu, dalam hal perlakuan alkali, peningkatan konsentrasi NaOH hingga 20% komposit eceng gondok/HDPE mengakibatkan peningkatan stabilitas termal komposit.

Referensi

Nurjanah, S. Rohmat, D. Rahman, AH. Pemanfaatan Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Komposit Tekstil (Skripsi). Bogor: Institut Pertanian Bogor, (2010).

Purboputro, P. I. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Eceng Gondok Dengan Matriks Poliester, *Media Mesin*, Vol. 7, No. 2 (2006)

Wirawan, R., Sapuan, S.M., Yunus, R., & Abdan, K. The Effects of Thermal History on Tensile Properties of Poly(vinyl chloride) and its Composite with Sugarcane Bagasse, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Vol. 24 (2011).

Wirawan, R., Sapuan, S.M., Yunus, R., & Abdan, K. Elastic and Viscoelastic Properties of Sugarcane Bagasse-filled Poly(vinyl chloride) Composites, *Journal of Thermal Analysis Calorimetry*, Vol.103, (2011).

Wirawan, R., Sapuan, S.M., Yunus, R., & Abdan, K. Properties of Sugarcane Bagasse Poly(vinyl chloride) Composites After Various Treatments, *Journal of Composite Materials*, Vol. 45 (2010).

Win, J. Kualitas Papan Komposit Plastik Pada Berbagai Kadar Aditif Berbahan Limbah Batang Kelapa Sawit dan High Density Polyethylene (HDPE), (Skripsi), Universitas Sumatera Utara, (2010).