

# NOZEL

## Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



### ANALISIS SIFAT TERMAL KOMPOSIT LIMBAH MASKER BERPENGUAT SERAT BAMBU

Hana Nadia Ekawardani<sup>1\*</sup>, Indah Widiastuti<sup>1</sup>, Yuyun Estriyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Kampus V FKIP UNS, Jl. Ahmad Yani 200, Surakarta

Email: [hana.wardani@student.uns.ac.id](mailto:hana.wardani@student.uns.ac.id)

#### Abstract

*This study aims to analyze differences in thermal properties, including thermal stability and the change in melting temperature ( $T_m$ ) on variations in the mass fraction of fiber in mPP/bamboo fiber composite materials. Disposable face mask waste or mask polypropylene (mPP) is used as a polymer matrix and bamboo (*Dendrocalamus asper*) fiber as a composite reinforcement. The method used in this research is experimental. Variations in the mass fraction of bamboo fiber used were 0%, 4%, 8%, and 12%. Size of the bamboo fiber used is 5 mesh and has been treated with 5% NaOH alkali for 2 hours. The composite manufacture consists of two stages, namely the manufacture of mPP/bamboo fiber fragments by melting mask waste that has been mixed with bamboo fiber using an oven at 180°C for 2 hours. In the second stage, the mPP/bamboo fiber fragments were processed using an extruder machine with a processing temperature of 150°C and a screw speed of 25 rpm. Composite specimens measuring 2 x 2 x 2 mm with a weight of 1 to 10 mg were tested by TGA and DSC using a temperature of 25 to 900°C with a heating speed of 10°C/min in an oxygen atmosphere. The results of the thermogravimetry analysis (TGA) test showed that the neat mask polypropylene (mPP) without bamboo fiber reinforcement had the best thermal stability compared to other fiber mass fractions. The results of the differential scanning calorimetry (DSC) test showed that the mPP/0% bamboo fiber had the best melting temperature ( $T_m$ ) at a temperature of 156.16°C compared to other fiber mass fractions in the temperature range of 155°C to 156°C.*

**Keywords:** composite, thermal properties, disposable face mask waste, bamboo fiber

#### A. PENDAHULUAN

Selama masa pandemi pengelolaan limbah alat pelindung diri menyumbang

permasalahan terkait plastik, khususnya masker sekali pakai. Masker medis atau masker sekali pakai bahan utama

penyusunnya adalah polipropilen, yang merupakan salah satu jenis polimer termoplastik (Selvaranjan et al., 2021). Limbah polipropilen (PP) merupakan salah satu limbah plastik yang paling banyak dihasilkan, yaitu sekitar 55 juta ton per tahun (Geyer et al., 2017). Ditambah selama pandemi, masker sekali pakai turut menyumbang peningkatan jumlah limbah polipropilen yang terbuang ke lingkungan. Menurut perkiraan WHO, dibutuhkan sekitar 89 juta masker medis untuk merespon Covid-19 setiap bulannya (WHO, 2020). Berdasarkan data LIPI, jumlah timbunan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di Indonesia, termasuk masker dan alat pelindung diri (APD), mencapai 1.662,75 ton selama masa pandemi, yakni selama bulan Maret hingga September 2020 (LIPI, 2021). Berbeda dengan limbah polipropilen dalam bentuk botol plastik, dimana 25% di antaranya dapat didaur ulang. Tidak ada pedoman resmi tentang daur ulang masker, sehingga cenderung terbuang ke lingkungan sebagai limbah padat (Fadare & Okoffo, 2020).

Masker wajah sekali pakai jenis baik *surgical* maupun *non-surgical mask* yang masiv digunakan masyarakat terbuat dari tiga lapisan. Lapisan luar terbuat dari bahan *non-absorbent* (misalnya, poliester) yang melindungi dari percikan cairan.

Lapisan tengah adalah *polypropylene non-woven* yang dibuat menggunakan proses meniupan lelehan (*meltblowing*), berfungsi mencegah tetesan dan aerosol melalui efek elektrostatik. Lapisan dalam terbuat dari bahan penyerap seperti kapas untuk menyerap uap. Beberapa jenis polimer digunakan dalam pembuatan masker, akan tetapi mayoritas bahan penyusunnya merupakan polipropilen *non-woven* (Xu & Ren, 2021).

Berdasarkan bahan penyusunnya limbah masker memungkinkan untuk di daur ulang untuk menekan akumulasi limbah masker sekali pakai di lingkungan. Hal tersebut mendorong penelitian eksperimental ini dengan menambahkan komposisi penguat berupa serat bambu dalam daur ulang komposit limbah masker. Variasi fraksi massa serat bambu yang digunakan yaitu 0%, 4%, 8%, dan 12%.

Dalam pembuatan komposit termoplastik berpenguat serat alam, dimana prosesnya menggunakan panas, maka suhu pencampuran (*blending*) penting untuk diperhatikan. Aplikasi komposit sebagai interior dan perlengkapan produksi memperhatikan karakteristik termal tertentu yang sangat penting untuk dipelajari. Pengujian TGA/DSC dilakukan dalam penelitian ini

untuk mengetahui pengaruh penambahan komposisi penguat serat bambu terhadap sifat termal komposit limbah masker.

## B. METODE

Penelitian ini dilakukan di dua tempat berbeda, yaitu Laboratorium Pemesinan dan Las Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret yang digunakan untuk pembuatan spesimen komposit daur ulang limbah masker dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, yang digunakan untuk pengujian TGA dan DSC. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan aplikasi OriginPro 2018 SR1 v9.5.1.195 x86-x64.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara membuat atau memanipulasi kondisi-kondisi tertentu dengan memberikan kontrol pada spesimen uji. Perlakuan yang digunakan adalah perbedaan fraksi massa serat bambu 0%, 4%, 8%, 12% dengan kontrol perlakuan alkali 5% pada serat bambu.

Variabel bebas dalam penelitian ini merupakan perbedaan fraksi massa serat bambu, yaitu 0%, 4%, 8%, dan 12%. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah sifat termal material komposit limbah masker berpenguat serat bambu yang diukur melalui pengujian TGA dan DSC.

Variabel kontrol dalam penelitian ini: (1) Limbah masker yang digunakan berupa potongan persegi berukuran 1-2 cm. (2) Perlakukan 5% NaOH terhadap serat bambu, (3) Pembuatan spesimen komposit menggunakan mesin *extrusion molding*.

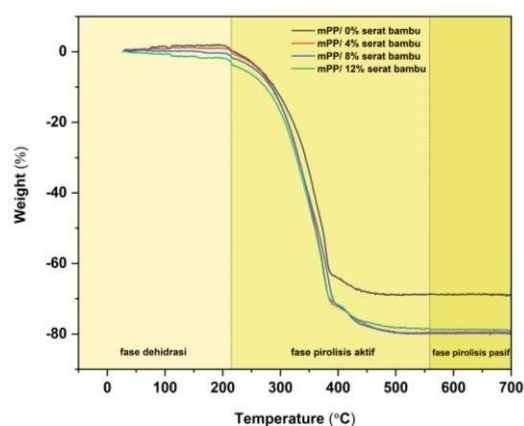
Pembuatan spesimen komposit dimulai dengan Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Kemudian menimbang massa komposisi limbah masker dan serat bambu dengan menggunakan timbangan digital sesuai komposisi yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu mencampur limbah masker dan serat bambu kemudian meletakkannya ke dalam kaca *pyrex* untuk dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 180°C selama 2 jam. Campuran limbah masker dan serat bambu yang telah dikeluarkan dari oven dibiarkan mengeras pada suhu ruangan kemudian dipotong menjadi serpihan menggunakan gunting. Setelah itu serpihan campuran antara limbah masker dan serat bambu dimasukkan ke dalam mesin *extruder* dengan kecepatan *screw* 25 rpm dan suhu barrel 150°C. Filamen komposit hasil pemrosesan menggunakan mesin ekstruder dipotong sesuai ukuran pengujian TGA dan DSC yaitu maksimal 2 x 2 x 2 mm dengan berat 1 s/d 10 mg.

Pengujian sifat termal komposit yang dilakukan yaitu *thermogravimetry analysis*

(TGA) untuk menguji stabilitas termal komposit dalam penurunan massa yang terjadi karena dekomposisi dan *differential scanning calorimetry* (DSC) untuk menguji stabilitas termal yang terkait dengan perubahan fasa titik leleh ( $T_m$ ) material komposit.

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian TGA menunjukkan variasi fraksi massa serat bambu mempengaruhi nilai stabilitas termal pada material komposit mPP/serat bambu. Komposit mPP/serat bambu mengalami 3 tahap dekomposisi. Secara umum berdasarkan penelitian (Nurazzi et al., 2021; Zakikhani et al., 2016; Zhang, Wang, & Liang, 2018) hasil TGA terkait persentase penurunan berat seiring meningkatnya suhu menunjukkan dua sampai tiga tahap dekomposisi, tergantung pada karakteristik serat alam, kondisi perlakuan kimia, dan waktu perendaman.



Gambar 1. 1 Termogram TGA komposit mPP/serat bambu

Terdapat tiga *range* temperatur yang menunjukkan tahap dekomposisi termal dari termogram hasil pengujian TGA terhadap penurunan berat komposit mPP/serat bambu, yaitu temperature di bawah 202°C yang merupakan fase dehidrasi, temperatur 202°C s/d 563°C merupakan fase pirolisis aktif, dan fase pirolisis pasif pada temperatur di atas 563°C. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan temperatur dekomposisi serat bambu yaitu menurut (Chen et al., 2017; Wang et al., 2018; K. Zhang, Wang, & Liang, 2018) penurunan berat serat bambu pada kisaran suhu 200–330°C, 330–356°C, dan 356–450°C terutama disebabkan oleh dekomposisi hemiselulosa, selulosa, dan lignin secara berurutan.

Untuk menentukan stabilitas termal suatu material komposit polimer dapat diamati dengan memperhatikan temperatur yang dibutuhkan untuk terjadinya kehilangan massa dengan presentase tertentu. Semakin tinggi temperatur yang dibutuhkan untuk menghasilkan kehilangan massa sebesar 5% atau 10%, maka semakin baik stabilitas termal polimer jenis tersebut (Hakim, 2021; Zhang, et al., 2018). Data hasil pengujian TGA dapat dilihat dari tabel berikut:

mPP/ bambu (%)	Temperatur kehilangan massa 5% (°C)	Temperatur kehilangan massa 10% (°C)	Weight loss (%)
----------------------	--	---	-----------------------

100/0	264,34	289,53	68,91
96/4	262,59	285,65	79,50
92/8	256,39	283,91	79,95
88/12	235,27	264,34	78,98

**Tabel 1. 1 Data TGA komposit mPP/ serat bambu**

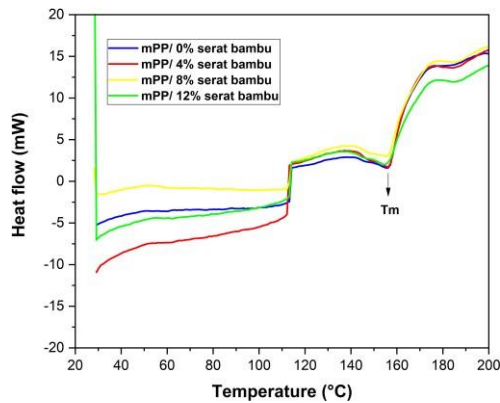
Dari data tersebut diketahui semakin banyak kandungan serat bambu pada komposit mPP/serat bambu semakin tinggi jumlah kehilangan massa dan semakin rendah stabilitas termal material tersebut. Matriks polimer terdekomposisi di kisaran 300°C s/d 500°C. Strategi potensial untuk meningkatkan stabilitas termal struktur komposit berpenguat serat alam yang diolah secara kimia yaitu hibridisasi dengan serat sintetis dan bahan karbon. Selain itu dengan cara menambahkan stabilisator termal dari senyawa anorganik seperti aditif hidroksida, *carbon nano tubes* (CNT) dan *graphene* menunjukkan kinerja luar biasa dalam hal stabilitas termal (Nurazzi et al., 2021).

Penelitian serupa dilakukan oleh (Xiang et al., 2021) terkait daur ulang limbah masker sebagai matriks komposit (mPP) dengan variasi fraksi massa serbuk limbah *loofah sponge* (LS) sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% sebagai penguatnya. Struktur kristal dan sifat mekanis dari komposit mPP/ LS tersebut diteliti dan hasilnya serbuk *loofah sponge* berperan dalam kristalisasi mPP dan meningkatkan

kekuatan tarik komposit sebesar 326% pada komposit berpenguat serbuk *loofah sponge* sebesar 12%. Setelah tergabung dalam mPP dengan fluiditas tinggi, serat *loofah sponge* yang berubah dari berongga menjadi padat memberikan penguatan untuk material komposit. Untuk stabilitas termal komposit mPP tanpa serbuk *loofah sponge* tahap degradasi terjadi pada suhu 380-450°C, sedangkan komposit mPP/LS tahap degradasi terjadi pada suhu kisaran 260-340°C. Suhu dekomposisi *loofah sponge* yang relatif rendah menyebabkan penurunan stabilitas komposit mPP/LS. Hasil tersebut serupa dengan penelitian ini, di mana semakin tinggi penambahan serat bambu pada mPP semakin rendah stabilitas termal komposit mPP/serat bambu.

Dari termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dapat diketahui bahwa perbedaan fraksi massa serat bambu 0%, 4%, 8%, dan 12% tidak berpengaruh signifikan terhadap titik leleh komposit mPP/serat bambu. Komposit mPP / 0% serat bambu mengalami perubahan fasa titik leleh ( $T_m$ ) pada temperature 156,16°C. Komposit mPP / 4% serat bambu mengalami perubahan fasa titik leleh ( $T_m$ ) pada temperatur 156,12°C. Komposit mPP / 8% serat bambu mengalami perubahan fasa titik

leleh ( $T_m$ ) pada temperatur 155,47°C. Komposit mPP / 12% serat bambu mengalami perubahan fasa titik leleh ( $T_m$ ) pada temperature 155,14°C.



Gambar 1. 2 Termogram DSC komposit mPP/ serat bambu

Spesimen mPP/ serat bambu (%)	Titik Leleh ( $T_m$ ) °C
100/0	156,16
96/4	156,12
92/8	155,47
88/12	155,14

Tabel 1. 2 Data DSC komposit mPP/ serat bambu

Proses pelelehan polimer terjadi ketika sampel mencapai fase endotermik dimana sampel menyerap energi panas. Dari termogram hasil pengujian DSC diketahui titik leleh komposit mPP/serat bambu pada suhu 155°C s/d 156°C. Titik leleh komposit mPP/serat bambu tersebut tidak jauh berbeda dengan titik leleh polipropilen murni ~150°C s/d 170°C.

Selain itu analisis DSC dari penelitian daur ulang limbah masker berpenguat serbuk *loofah sponge* (LS) yang dilakukan

(Xiang et al., 2021) menunjukkan *melting temperature* ( $T_m$ ) komposit mPP/LS berkisar 161°C s/d 165°C. Temperature melting dan temperature kristalisasi mengalami peningkatan meskipun tidak signifikan seiring bertambahnya serbuk *loofah sponge* pada komposit mPP/LS. Hasil tersebut berbanding terbalik dengan penelitian ini, meskipun tidak signifikan semakin bertambahnya serat bambu semakin menurun *melting temperature* komposit mPP/serat bambu.

## D. PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan perumusan masalah, tujuan penelitian, dan analisis data, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian *thermogravimetry analysis* (TGA) menunjukkan penambahan serat bambu berpengaruh menurunkan stabilitas termal komposit *mask polypropylene* (mPP)/ serat bambu. Komposit mPP/ serat bambu dengan dengan fraksi massa serat bambu 0% memiliki stabilitas termal tertinggi dan jumlah kehilangan massan terendah yaitu 68,91%.
2. Hasil pengujian DSC menunjukkan semakin bertambahnya serat bambu semakin menurun *melting*



*temperature* komposit mPP/serat bambu, akan tetapi penurunan tersebut tidak signifikan. *Temperature melting* (Tm) komposit mPP/serat bambu berkisar antara suhu 155°C s/d 156°C.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang mungkin diperlukan untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Tidak hanya sifat termal, baik sifat fisik maupun mekanik dari komposit mPP/serat bambu perlu dipelajari lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik dari komposit *recycled polypropylene* berpenguat serat bambu.
2. Perlu mencoba pengujian termal terhadap komposit *mask polypropylene* dengan menggunakan penguat dari jenis serat alam yang berbeda, seperti serat sisal, serat rami, serat tebu, serat aren dan lain sebagainya.
3. Strategi potensial yang mungkin dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas termal struktur komposit berpenguat serat alam yang diolah secara kimia yaitu hibridisasi dengan serat sintetis dan bahan

karbon. Selain itu, dengan cara menambahkan stabilisator termal dari senyawa anorganik, seperti aditif hidroksida, *carbon nano tubes* (CNT), dan *graphene*.

4. Perlu studi lebih lanjut terkait berbagai jenis metode daur ulang seperti daur ulang mekanis, daur ulang kimia, dan pembakaran untuk mengekstraksi polipropilen dari limbah masker sekali pakai agar diperoleh produk plastik baru yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

### DAFTAR PUSTAKA

- Fadare, O. O., & Okoffo, E. D. (2020). Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Science of the Total Environment*, 737, 140279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Hakim, M. L. (2021). *Analisis Sifat Termal Komposit Recycled*

- Polypropylene dengan Variasi Fraksi Massa Berpenguat Serat Bambu* [Universitas Sebelas Maret]. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/89590/Analisis-Sifat-Termal-Komposit-Recycled-Polypropylene-dengan-Variasi-Fraksi-Massa-Berpenguat-Serat-Bambu>
- LIPI. (2021). *Urgensi Pengelolaan Limbah Medis di Masa Pandemi Covid-19*. <http://lipi.go.id/siaranpress/urgensi-pengelolaan-limbah-medis-di-masa-pandemi-covid-19/22339>
- Nurazzi, N. M., Asyraf, M. R. M., Rayung, M., Norrahim, M. N. F., Shazleen, S. S., Rani, M. S. A., Shafi, A. R., Aisyah, H. A., Radzi, M. H. M., Sabaruddin, F. A., Ilyas, R. A., Zainudin, E. S., & Abdan, K. (2021). Thermogravimetric analysis properties of cellulosic natural fiber polymer composites: A review on influence of chemical treatments. *Polymers*,*13*(16). <https://doi.org/10.3390/polym13162710>
- Selvaranjan, K., Navaratnam, S., & Rajeev, P. (2021). Environmental challenges induced by extensive use of face masks during COVID-19: A review and potential solutions. *Environmental Challenges*, *3*(February),100039. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100039>
- Xiang, M., Yang, Z., Zhou, S., Lu, T., Zhang, S., Sun, L., & Dong, S. (2021). Polymer Composites Completely Derived from Waste: The Crystalline Structure and the Mechanical Enhancement Effect. *ACS Applied Polymer Materials*, *3*(7), 3679–3684. <https://doi.org/10.1021/acsapm.1c00696>
- Xu, E. G., & Ren, Z. J. (2021). Preventing masks from becoming the next plastic problem. *Frontiers of Environmental Science & Engineering* *2021* *15*:6, *15*(6),1–3. <https://doi.org/10.1007/S11783-021-1413-7>
- Zakikhani, P., Zahari, R., Sultan, M. T. H., & Majid, D. L. (2016). Thermal degradation of four bamboo species. *BioResources*, *11*(1), 414–425. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.414-425>
- Zhang, K., Wang, F., Liang, W., Wang, Z., Duan, Z., & Yang, B. (2018). Thermal and mechanical properties of bamboo fiber reinforced epoxy composites. *Polymers*,*8*(6). <https://doi.org/10.3390/polym10060608>