

Abstrak

Fused filament fabrication (FFF) adalah proses pencetakan aditif berbasis filamen (AM) atau 3 dimensi (3D) yang kini menjadi lebih dikenal karena kemampuannya dalam pembuatan komponen kompleks dengan kualitas yang dapat disesuaikan. Meskipun memiliki banyak keuntungan, sifat mekanik yang rendah dari komponen hasil cetak FFF dibandingkan dengan komponen yang dibuat dengan pengolahan plastik tradisional menyebabkan penurunan aplikasi fungsional produk. Hingga saat ini, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui pendekatan dengan metode penguatan. Di antara teknik-teknik ini, *powder addition reinforcement* (PAR) telah menunjukkan kemampuannya untuk meningkatkan sifat mekanik polimer yang dibuat dengan *fused filament fabrication* (FFF). Namun, teknik ini kurang dapat diandalkan karena seringnya terjadi kegagalan pencetakan yang disebabkan oleh penyumbatan nosel.

Dalam penelitian ini, metode penghantar serbuk baru untuk serbuk Fe_3O_4 diperkenalkan untuk menyiapkan komposit PLA/ Fe_3O_4 . Sistem pengiriman serbuk yang dibuat khusus yang dikembangkan untuk memungkinkan penggabungan partikel serbuk Fe_3O_4 ke dalam matriks PLA selama proses pencetakan, dan unit penyalur dibuat terutama dengan *hopper*, motor DC, dan rangka baja. Dengan menggunakan alat tersebut, dibuat beberapa benda uji komposit dengan memvariasikan kadar serbuk Fe_3O_4 sebesar 1, 3, 5, dan 7 wt%. Seluruh spesimen PLA dan PLA/ Fe_3O_4 dicetak menggunakan beberapa variasi sudut raster yaitu 0° , $0^\circ/90^\circ$, $45^\circ/-45^\circ$, dan 90° , sedangkan parameter lainnya konstan. Sifat tarik dan lentur komposit yang dihasilkan kemudian ditentukan melalui pengujian mekanis. Sedangkan struktur mikro digunakan untuk mengamati kualitas ikatan antara matriks polimer dengan partikel pengisi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk Fe_3O_4 meningkatkan kekuatan tarik dan lentur komposit. Kekuatan komposit PLA/ Fe_3O_4 tertinggi diperoleh pada spesimen dengan kandungan serbuk Fe_3O_4 1 wt%, dimana kekuatan tarik dan lentur masing-masing meningkat sebesar 59,92% dan

53%. Struktur mikro komposit menunjukkan bahwa serbuk Fe_3O_4 mengubah interior komposit menjadi kurang berpori dan meningkatkan ikatan antara raster dan lapisan yang dicetak, sehingga meningkatkan sifat tarik dan lentur komposit. Peningkatan lebih lanjut dalam kandungan serbuk menyebabkan penurunan kekuatan komposit. Peningkatan kandungan serbuk pada akhirnya menghalangi ikatan antar matriks polimer sehingga mengurangi kekuatannya.

Keywords: *fused filament fabrication (FFF); powder addition reinforcement (PAR); metode penghantar serbuk; kekuatan tarik dan lentur.*

Abstract

Fused filament fabrication (FFF) is a filament-based additive manufacturing (AM) or 3-dimensional (3D) printing process which has become more common nowadays owing to its capability of complex component-making with customizable quality. Despite being beneficial, the low mechanical properties of such FFF-printed components compared to those prepared with traditional plastic processing led to a decrease in the functional applications of the product. Up to now, several studies have been carried out to overcome this problem through a reinforcement approach. Among these technique, powder addition reinforcement (PAR) has shown its ability to enhance the mechanical properties of polymers prepared with fused filament fabrication (FFF). However, this technique was less reliable owing to the frequent printing failure caused by nozzle clogging.

In this research, a novel powder delivery method for Fe_3O_4 powder was introduced to prepare PLA/ Fe_3O_4 composite. A custom-made powder delivery system was developed to enable the incorporation of Fe_3O_4 powder particles into the PLA matrix during the printing process, and the dispensing unit was constructed mainly with a hopper, DC motor, and steel frame. By using the apparatus, several composite specimens were made by varying the Fe_3O_4 powder content of 1, 3, 5, and 7 wt%. All the PLA and PLA/Sifat tarik dan lentur komposit yang dihasilkan kemudian ditentukan melalui pengujian mekanis. specimens were printed using several variations of raster angle i.e., 0° , $0^\circ/90^\circ$, $45^\circ/-45^\circ$, and 90° , whereas other parameters are constant. The tensile and flexural properties of the resulting composite were then determined through mechanical testing. Meanwhile, the microstructure was used to observe the bonding quality between the polymer matrix and filler particles.

The result showed that the addition of Fe_3O_4 powder increased both the tensile and flexural strengths of the composite. The highest strength of PLA/ Fe_3O_4 composite was obtained in the specimen with 1 wt% Fe_3O_4 powder content, where their tensile and flexural strengths increased by 59.92% and 53%, respectively. The microstructure of the composite showed that the Fe_3O_4 powder changed the

composite interior to become less porous and improved the bonding between the printed rasters and layers, thereby enhancing the tensile and flexural properties of the composite. Further increase in powder content, however, led to a decrease in the composites' strength. The increase in powder content eventually blocked the bonding between the polymer matrix, thereby reducing its strength.

Keywords: fused filament fabrication (FFF); powder addition reinforcement (PAR); powder delivery method; tensile and flexural strengths.