

INTISARI

Fused deposition modeling (FDM) merupakan salah satu metode *3D printing* yang populer dan paling banyak digunakan. FDM dapat digunakan untuk membuat suatu objek dari lapisan bawah ke lapisan atas dengan dukungan desain dengan bantuan komputer. Filamen yang terbuat dari termoplastik murni banyak seperti PLA banyak digunakan. PLA merupakan jenis termoplastik yang memiliki sifat mudah dicetak, biodegradable, biocompatible, tidak bersifat toksid dan memiliki sifat optik yang baik. Namun demikian, PLA memiliki kelemahan antara lain getas dan sifat termal rendah. Untuk mengatasi ini, matriks PLA perlu ditambah dengan material penguat. *Cellulose nanocrystal* (CNC) merupakan material nanoselulosa yang memiliki sifat mekanis tinggi, ramah lingkungan, dan sifat termal yang baik. Akibat perbedaan polaritas antara PLA yang hidropobik dan CNC yang hidropilik maka perlu penambahan coupling agent untuk meningkatkan ikatan antar muka matriks PLA dan CNC. *PLA grafted maleic anhydride* (PLA-g-MA) merupakan coupling agent yang banyak digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan *coupling agent* PLA-g-MA terhadap sifat tarik filamen komposit PLA/CNC.

Penelitian ini menggunakan matriks berupa pelet PLA, bahan penguat CNC, dan *coupling agent* PLA-g-MA. Pencangkakan MA ke rantai PLA dilakukan menggunakan katalis *dicumyl peroxide* (DCP). Pelet PLA, serbuk CNC, dan PLA-g-MA yang sudah dikeringkan dicampur menggunakan *planetary ball mill* dengan variasi PLA-g-MA: 0, 5, 10, 15 wt%. Pembuatan filamen komposit PLA/PLA-g-MA/CNC diproduksi menggunakan mesin *single screw extruder* dengan suhu ekstrusi 159 °C dan kecepatan ulir diatur konstan. Filamen komposit PLA/PLA-g-MA/CNC selanjutnya digunakan untuk membuat sampel uji tarik dan uji *flexural* untuk dikaji pengaruh penambahan PLA-g-MA terhadap sifat tarik dan *flexural* dari sampel hasil pencetakan tiga dimensi. Karakterisasi filamen dilakukan menggunakan pengukuran diameter filamen, analisis FT-IR, daya serap air, dan sifat tarik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sampel filamen, kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada penambahan 5 wt% PLA-g-MA, yaitu meningkatkan kekuatan tarik sebesar 4,58%. Penambahan PLA-g-MA di atas konsentrasi optimal menyebabkan penurunan kekuatan tarik filamen. Di sisi lain, untuk sampel *3D printing* penambahan 1 wt% CNC ke dalam matriks PLA meningkatkan kekuatan tarik sebesar 87,73% dibandingkan dengan sampel PLA. Namun penambahan 5 wt% PLA-g-MA ke dalam komposit PLA/CNC tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik. Selanjutnya, penambahan 5 wt% PLA-g-MA pada sampel *3D printing* komposit PLA/CNC meningkatkan kekuatan *flexural* sebesar 9,49% dibandingkan dengan sampel PLA dan memiliki nilai kekuatan *flexural* tertinggi dibandingkan dengan sampel *3D printing* lainnya. Selain itu, penambahan PLA-g-MA dapat menurunkan daya serap air filamen.

Kata kunci: PLA; CNC; *maleic anhydride* (MA); filamen komposit; sifat tarik

ABSTRACT

Fused deposition modeling (FDM) is one of the most popular and widely used 3D printing methods. FDM can be used to create an object from the bottom layer to the top layer with the support of computer-assisted design. Filaments made of pure thermoplastic much like PLA are widely used. PLA is a type of thermoplastic that is easy to print, biodegradable, biocompatible, non-toxic and has good optical properties. However, PLA has a weakness between brittle and lower thermal properties. To overcome this, the PLA matrix needs to be added with material reinforcements. Cellulose nanocrystal (CNC) is a nanocellulose material that has high mechanical properties, is environmentally friendly, and has good thermal properties. As a result of the difference in polarity between hydrophobic PLA and hydrophilic CNC, it is necessary to add a coupling agent to increase the bond between the PLA and CNC matrix interfaces. PLA grafted maleic anhydride (PLA-g-MA) is a widely used for coupling agent. This study aims to investigate the effect of the addition of the coupling agent PLA-g-MA on the tensile properties of the PLA/CNC composite filament.

This study used a matrix in the form of PLA pellets, CNC reinforcement material, and PLA-g-MA coupling agent. Grafting of the MA onto the PLA chains was carried out using a dicumyl peroxide (DCP) catalyst. PLA pellets, CNC powder, and dried PLA-g-MA were mixed using a planetary ball mill with variations of PLA-g-MA: 0, 5, 10, 15 wt%. The manufacture of PLA/PLA-g-MA/CNC composite filaments was produced using a single screw extruder machine with an extrusion temperature of 159 °C and a constant screw speed. PLA/PLA-g-MA/CNC composite filaments were then used to make tensile test samples and flexural tests to study the effect of the addition of PLA-g-MA on the tensile and flexural properties of three-dimensional printed samples. Filament characterization was carried out using filament diameter measurements, FT-IR analysis, water absorption, and tensile properties.

The results obtained from this research show that in the filament sample, the highest tensile strength occurs with the addition of 5 wt% PLA-g-MA, which increases the tensile strength by 4.58%. The addition of PLA-g-MA above the optimal concentration causes a decrease in the tensile strength of the filament. On the other hand, for 3D printing samples the addition of 1 wt% CNC into the PLA matrix increased tensile strength by 87.73% compared to PLA samples. However, the addition of 5 wt% PLA-g-MA to the PLA/1CNC composite has no significant effect on tensile strength. Furthermore, the addition of 5 wt% PLA-g-MA to the PLA/1CNC composite 3D printing sample increased flexural strength by 9.49% compared to the PLA sample and had the highest flexural strength value compared to other 3D printing samples. In addition, the addition of PLA-g-MA can decrease the water absorption of filaments.

Keywords: PLA; CNC; PLA grafted maleic anhydride (MA); composite filament; tensile properties