

## INTISARI

Proses *3D printing* adalah proses *additive manufacturing* yang banyak digunakan karena memiliki banyak kelebihan. Beberapa kelebihan dari proses tersebut antara lain adalah biaya yang rendah, kecepatan produksinya yang tinggi, dan proses pengerjaannya yang simpel. Salah satu material termoplastik yang sering digunakan dalam proses ini adalah *polylactic acid* (PLA). Kekurangan material ini memiliki kekuatan tarik dan kestabilan termal yang rendah. *Nanocrystalline cellulose* (NCC) adalah produk hasil pengolahan selulosa dengan nilai kristalinitas tinggi. Material ini memiliki karakteristik yang sangat menarik untuk dapat digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit. NCC memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi, selain itu karena berasal dari alam bahan ini memiliki sifat yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan bahan penguat *nanocrystalline cellulose* terhadap sifat tarik dan sifat termal dari filamen komposit PLA/NCC.

Penelitian ini menggunakan serat tanaman rami sebagai sumber selulosa. Proses ekstraksi berlangsung dalam dua tahap: proses pemurnian selulosa (*dewaxing*, *bleaching*, dan *alkalization*) dan proses hidrolisis selulosa menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan konsentrasi sebesar 41%. Serbuk NCC dan pelet PLA yang sudah dalam keadaan kering dicampur menggunakan tangan dengan variasi konsentrasi NCC: 0, 1, 3, dan 5 wt%. Filamen diproduksi menggunakan mesin ekstruder dengan satu ulir ekstrusi pada temperatur 185°C, kecepatan putar ulir konstan, dan pendinginan menggunakan udara sampai mencapai temperatur ruang. Karakterisasi filamen komposit dilakukan dengan melakukan pengujian diameter filamen, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Thermogravimetric Analysis* (TGA), dan pengujian tarik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan NCC sebesar 1 wt% meningkatkan kekuatan tarik filamen sebesar 19,04% (dari 48,41 menjadi 57,63 MPa) dan modulus elastisitas filamen sebesar 13,47% (dari 1791,62 menjadi 2033,07 MPa). Penambahan NCC di atas 1 wt% menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari filamen. Konsentrasi optimal yang menghasilkan efek penguatan terbaik dicapai pada 1 wt%. Disisi lain, penambahan NCC tidak menghasilkan peningkatan kestabilan termal filamen komposit yang signifikan. Dalam penelitian ini juga diamati terjadinya proses penyusutan dari filamen komposit. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai rata-rata diameter filamen hasil ekstrusi lebih kecil dari diameter *nozzle* mesin ekstrusi.

**Kata kunci:** *nanocrystalline cellulose*, *3D printing*, filamen, ekstraksi, karakterisasi

## ABSTRACT

3D process is an additive manufacturing process that widely used because of its many advantages. A few of this process advantages are low cost, high production rates and ease of doing this process. One of many thermoplastic materials that commonly used in this process is polylactic acid (PLA). Poor tensile strength and thermal stability are some disadvantages of using this material. Nanocrystalline cellulose (NCC) is a product of cellulose-refining process that has high crystallinity. This kind of material have many interesting characteristics to be used as reinforcing agent. NCC have great strength and stiffness, also because it is derived from plant this material is an environmental-friendly material. The objective of this study is to investigate the effects of adding NCC as reinforcing agents on the tensile and thermal characteristics of PLA/NCC composite filament.

Ramie fiber was used in this research as cellulose source. The extraction process was conducted in two stages: cellulose purification process (dewaxing, bleaching, and alkalization) and hydrolysis process with 41% concentration of sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ). Dried NCC powder and PLA pellet was hand mixed with different NCC concentration of: 0, 1, 3, and 5 wt%. Filament is produced by using single-screw extruder machine at 185°C with constant extrusion screw speed and cooled to room temperature using air. Characterization of the composite filament were conducted through diameter examination, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Thermogravimetric Analysis* (TGA), and tensile test.

The result of this study shows that addition 1 wt% of NCC increased the tensile strength of the filament by 19,04% (from 48,41 to 57,63 MPa) and Young's modulus by 13,47% (from 1791,62 to 2033,07 MPa). Addition of NCC more than 1 wt% decreased the tensile strength and Young's Modulus of the filament. Maximum reinforcing effect was observed at 1 wt% of NCC. On the other hand, addition of NCC did not have any significant effect to increase the thermal stability of the composite filament. Shrinkage process of the composite filament is observed in this study. This process can be seen from the average diameter value of the extruded composite filament was smaller than the nozzle diameter in the extrusion machine.

**Keywords:** nanocrystalline cellulose, 3D printing, filament, extraction, characterization