

## INTISARI

Untuk proses FDM (*fused deposition modelling*) diperlukan material filamen yang terbuat dari polimer jenis termoplastik. Salah satu jenis termoplastik yang banyak digunakan sebagai material filamen adalah polipropilen (PP). PP memiliki kelemahan seperti sifat mekanis rendah dan penyusutan yang relatif besar. Untuk mengatasi ini, penambahan material penguat pada matriks PP diperlukan. Salah satu material penguat berukuran nanometer yang ramah lingkungan adalah *cellulose nanocrystal* (CNC). Namun, karena sifatnya yang hidrofilik akibat adanya gugus hidroksil, ketika CNC dicampur dengan matriks polimer non polar maka CNC cenderung aglomerasi sehingga efek penguatannya tidak signifikan. Untuk mengatasi ini maka perlakuan permukaan pada CNC perlu dilakukan dan asetilasi merupakan salah satu jenis perlakuan permukaan yang terkenal. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakterisasi CNC yang terasetilasi (*acetylated cellulose nanocrystal*=ACNC). Selain itu pengaruh penambahan ACNC dan PP *grafted maleic anhydride* (PP-g-MA) terhadap sifat tarik filamen polipropilen dipelajari.

Filamen komposit PP/CNC dengan variasi CNC (0, 1, 3, 5 wt%), PP/ACNC dengan variasi ACNC (0, 1, 3, 5 wt%), dan PP/ACNC/PP-g-MA dengan variasi PP-g-MA (0, 5, 8, 10wt%) dibuat menggunakan mesin *single screw extruder*. Proses ekstrusi dilakukan dengan kecepatan ekstrusi konstan dan suhu nosel 179°C. ACNC disintetis dengan menggunakan proses asetilasi dengan bahan dasar CNC komersial. Sebelum proses ekstrusi, pellet PP, serbuk CNC, serbuk ACNC, dan pellet PP-g-MA dicampur dan diaduk menggunakan *planetary ball mill*. CNC dan ACNC dikarakterisasi menggunakan FT-IR dan XRD sedangkan filamen komposit dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD, pengukuran diameter filamen, pengujian daya serap air, dan pengujian tarik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses asetilasi CNC telah berhasil yang diindikasikan dengan munculnya puncak pada 1733  $\text{cm}^{-1}$  pada hasil FT-IR. Didapatkan dari hasil uji tarik bahwa penambahan 3 wt% CNC pada matriks PP meningkatkan kekuatan tarik sebesar 23,95%. Setelah dilakukan asetilasi pada CNC, terlihat bahwa ikatan antara PP dan ACNC menjadi lebih kuat yang ditandai dengan naiknya kekuatan tarik komposit, yakni penambahan 3 wt% ACNC pada matriks PP meningkatkan kekuatan tarik sebesar 51,54%. Selanjutnya, penambahan 8 wt% PP-g-MA pada filamen komposit PP/3ACNC meningkatkan kekuatan tarik sebesar 8,4% jika dibandingkan dengan filamen PP/3ACNC serta 64,28% jika dibandingkan dengan filamen PP murni. Kekuatan tarik tertinggi dari filamen komposit diperoleh pada komposisi 3 wt% ACNC dan 8 wt% PP-g-MA. Penambahan CNC maupun ACNC pada matriks PP juga meningkatkan perilaku penyerapan air, tetapi penambahan PP-g-MA pada filamen komposit PP/3ACNC dapat menurunkan perilaku penyerapan air. Filamen komposit PP/3ACNA/8PP-g-MA dapat digunakan sebagai material untuk membuat produk 3 dimensi dengan metode FDM.

**Kata kunci:** PP; CNC; *acetylated cellulose nanocrystal* (ACNC); *maleic anhydride* (MA); filamen komposit; sifat tarik

## ABSTRACT

For the FDM (fused deposition modeling) process, filament material made from thermoplastic polymers is required. One type of thermoplastic that is widely used as a filament material is polypropylene (PP). PP has disadvantages such as low mechanical properties and relatively large shrinkage. To overcome this, the addition of reinforcing material to the PP matrix is necessary. One nanometer-sized reinforcing material that is environmentally friendly is cellulose nanocrystal (CNC). However, because of its hydrophilic nature due to the presence of hydroxyl groups, when CNC is mixed with a non-polar polymer matrix, CNC tends to agglomerate so that the strengthening effect is not significant. To overcome this, surface treatment on CNC needs to be carried out and acetylation is one type of well-known surface treatment. This research aims to examine the characterization of acetylated CNC (acetylated cellulose nanocrystal=ACNC). In addition, the effect of adding ACNC and PP grafted maleic anhydride (PP-g-MA) on the tensile properties of polypropylene filaments was studied.

PP/CNC composite filaments with CNC variations (0, 1, 3, 5 wt%), PP/ACNC composite filaments with ACNC variations (0, 1, 3, 5 wt%), and PP/ACNC/PP-g-MA composite filaments with variations PP-g-MA (0, 5, 8, 10wt%) were made using a single screw extruder machine. The extrusion process was carried out with a constant extrusion speed and a nozzle temperature of 179°C. ACNC was synthesized using an acetylation process with commercial CNC materials. Before the extrusion process, PP pellets, CNC powder, ACNC powder, and PP-g-MA pellets were mixed and stirred using a planetary ball mill. CNC and ACNC were characterized using FT-IR and XRD while composite filaments were characterized using FT-IR, XRD, filament diameter measurements, water absorption testing, and tensile testing.

The research results show that the CNC acetylation process has been successful as indicated by the appearance of a peak at 1733 cm<sup>-1</sup> in the FT-IR results. It was found from the tensile test results that the addition of 3 wt% CNC to the PP matrix increased the tensile strength by 23.95%. After acetylation of CNC, it was seen that the bond between PP and ACNC became stronger as indicated by an increase in the tensile strength of the composite, namely the addition of 3 wt% ACNC to the PP matrix increased the tensile strength by 51.54%. Furthermore, the addition of 8 wt% PP-g-MA to PP/3ACNC composite filaments increased the tensile strength by 8.4% compared to PP/3ACNC filaments and 64.28% compared to pure PP filaments. The highest tensile strength of the composite filament was obtained at a composition of 3 wt% ACNC and 8 wt% PP-g-MA. The addition of CNC and ACNC to the PP matrix also increases the water absorption behavior, but the addition of PP-g-MA to the PP/3ACNC composite filament can reduce the water absorption behavior. PP/3ACNA/8PP-g-MA composite filament can be used as a material to make 3-dimensional products using the FDM method.

**Keywords:** PP; CNC; acetylated cellulose nanocrystal (ACNC); maleic anhydride (MA); composite filament; tensile properties