

## INTISARI

Dalam proses FDM (*Fused Deposition Modelling*), diperlukan material filamen yang berasal dari polimer jenis termoplastik. Salah satu termoplastik yang umum digunakan sebagai bahan filamen adalah *High Density Polyethylene* (HDPE). Namun, HDPE memiliki kelemahan, seperti kekuatan mekanik yang rendah serta tingkat penyusutan yang cukup besar. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan penambahan material penguat ke dalam matriks HDPE. Salah satu material penguat berbasis nanometer yang ramah lingkungan adalah *acetylated cellulose nanocrystals* (ACNC). Asetilasi merupakan salah satu metode perlakuan permukaan yang banyak digunakan untuk mengurangi aglomerasi dan meningkatkan dispersi. *Polyethylene grafted maleic anhydride* (PE-g-MA) berperan sebagai coupling agent dalam komposit untuk meningkatkan ikatan antarmuka. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan ACNC dan PE *grafted maleic anhydride* (PE-g-MA) terhadap sifat tarik filamen HDPE.

HDPE/ACNC dengan variasi ACNC (0, 1, 3, dan 5 wt%), dan HDPE/3ACNC/PE-g-MA dengan variasi PE-g-MA (0, 3, 5, 7 wt%) dibuat menggunakan mesin *single screw extruder* dengan suhu ekstrusi 140°C. Sebelum dilakukan proses ekstrusi, pellet HDPE, serbuk ACNC, dan pellet PE-g-MA dicampur dan diaduk menggunakan *planetary ball mill*. Karakterisasi filamen dilakukan menggunakan XRD, analisis FT-IR, pengukuran diameter filamen, pengujian daya serap air, dan pengujian tarik. untuk dianalisa pengaruh penambahan ACNC dan PE-g-MA pada pelet HDPE terhadap karakterisasi filamen komposit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan indeks kristalinitas pada penambahan ACNC dan PE-g-Ma dari 75% untuk HDPE, hingga 77% untuk HDPE/3ACNC, dan 78% untuk HDPE/3ACNC/7PE-g-MA. Setelah ditambahkan ACNC, kekuatan dari komposit antara HDPE dan ACNC meningkat, yang tercermin dari kenaikan kekuatan tarik komposit. Penambahan 3 wt% ACNC dalam matriks HDPE meningkatkan kekuatan tarik hingga 8,16%. Diperoleh bahwa penambahan 3 wt% PE-g-MA pada filamen komposit HDPE/3ACNC menurunkan kekuatan tarik sebesar 10,85% dibandingkan dengan filamen HDPE/3ACNC dan 3,72% dibandingkan dengan filamen HDPE murni. Komposisi optimal dengan kekuatan tarik tertinggi dalam filamen komposit ditemukan pada kombinasi 3 wt% ACNC dan 0 wt% PE-g-MA. Selain meningkatkan kekuatan tarik, penambahan ACNC dalam matriks HDPE juga meningkatkan kemampuan penyerapan air. Namun, penambahan PE-g-MA pada filamen komposit HDPE/3ACNC dapat mengurangi sifat penyerapan air tersebut. Dengan karakteristik ini, filamen komposit HDPE/3ACNC memiliki potensi untuk digunakan sebagai material dalam pembuatan produk 3 dimensi menggunakan metode FDM.

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

## ABSTRACT

In the Fused Deposition Modelling (FDM) process, filament materials derived from thermoplastic polymers are required. One of the most commonly used filament thermoplastics is High-Density Polyethylene (HDPE). However, HDPE has weaknesses, such as low mechanical strength and a high shrinkage rate. A reinforcing material must be incorporated into the HDPE matrix to overcome these limitations. One environmentally friendly, nanometer-scale reinforcing material is acetylated cellulose nanocrystal (ACNC). Acetylation is a widely applied surface treatment technique that reduces agglomeration and improves dispersion. Polyethylene-grafted maleic anhydride (PE-g-MA) also serves as a coupling agent in composites to enhance interfacial adhesion. This research aims to analyze the effect of ACNC and PE-grafted maleic anhydride (PE-g-MA) additions on the tensile properties of HDPE filaments.

HDPE/ACNC composites with ACNC variations (0, 1, 3, 5 wt%) and HDPE/3ACNC/PE-g-MA composites with PE-g-MA variations (0, 3, 5, 7 wt%) were fabricated using a single screw extruder at an extrusion temperature of 140°C. Before extrusion, HDPE pellets, ACNC powder, and PE-g-MA pellets were mixed and blended using a planetary ball mill. The characterization of filaments was conducted using X-ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), filament diameter measurement, water absorption testing, and tensile testing to evaluate the effect of ACNC and PE-g-MA addition to HDPE pellets on composite filament properties.

The results indicated an increase in crystallinity index with the addition of ACNC and PE-g-MA, from 75% for HDPE to 77% for HDPE/3ACNC and 78% for HDPE/3ACNC/7PE-g-MA. The incorporation of ACNC enhanced the mechanical strength of the HDPE-ACNC composite, as reflected by the increase in tensile strength. Adding 3 wt% ACNC to the HDPE matrix improved tensile strength by up to 8.16%. However, the inclusion of 3 wt% PE-g-MA in HDPE/3ACNC composite filaments led to a tensile strength reduction of 10.85% compared to HDPE/3ACNC filaments and 3.72% compared to pure HDPE filaments. The optimal composition for achieving the highest tensile strength in composite filaments was 3 wt% ACNC without PE-g-MA. Besides enhancing tensile strength, adding ACNC to the HDPE matrix increased water absorption capacity. However, introducing PE-g-MA into HDPE/3ACNC composite filaments effectively reduced water absorption. With these characteristics, the HDPE/3ACNC composite filament demonstrates potential as a material for fabricating three-dimensional (3D) products using the FDM technique.

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