

## ABSTRACT

In the last 30 years, additive manufacturing has been developing rapidly. Fused Deposition Modelling (FDM) is one of the most widely used additive manufacturing processes which a solid thermoplastic material (filament) is extruded through a hot nozzle. PLA is one of filament which has high demand throughout the world because of its rigidity and excellent mechanical properties. Although its excellent mechanical properties, the stiffness of the material makes them unable to be used in some applications such as tissue engineering or other biomedical use. The use of multi-material is one technique for obtaining new material properties by mixing two or more materials. Material properties obtained from mixing will differ from the original material, even better. TPU offers high extension and tensile strength that makes it compatible to be mixed with PLA. PLA/TPU mixtures at certain ratios will lead to desirable mechanical properties. So, the mechanical properties can be controlled using multi-material approach and suitable for biomedical use or other previously limited applications.

This research will focus in determine the appropriate extrusion temperature and raster orientation for PLA/TPU multi-materials as a result from tensile test. Variations of extrusion temperature parameters that used in this study are 220°C, 230°C and 240°C, while the variations of raster orientation parameters are [0°, 90°] and [90°, 0°] for PLA only or TPU only and [0°, 90°], [90°, 0°], and [45°, 135°] for PLA/TPU multi-materials.

The tensile test result for determining appropriate extrusion temperature shown a maximum tensile strength value of 2.797 MPa when the extrusion temperature is 230 °C. While the maximum tensile strength value for determining appropriate raster orientation is obtained during raster orientation [0°, 90°] in all material categories. Obtaining 22.252 MPa for tensile strength, 617.255 MPa for Modulus of Elasticity, and 5.051 % for strain at break on PLA/TPU multi-material with raster orientation [0°, 90°].

**Keywords:** Extrusion temperature, Fused Deposition Modelling, Modulus of Elasticity, Multi-material, Raster orientation, Strain at Break, Tensile strength

## INTISARI

Dalam 30 tahun terakhir, *Additive Manufacturing* telah berkembang dengan cepat. *Fused Deposition Modeling* (FDM) adalah salah satu proses *Additive Manufacturing* yang paling banyak digunakan dimana bahan termoplastik padat (filamen) diekstrusi melalui *nozzle* panas. PLA merupakan salah satu filamen yang memiliki permintaan tinggi di seluruh dunia karena kekakuan dan sifat mekaniknya yang sangat baik. Meskipun memiliki sifat mekanik yang sangat baik, kekakuan material membuatnya tidak dapat digunakan dalam beberapa aplikasi seperti *tissue engineering* atau penggunaan biomedis lainnya. Penggunaan multi material merupakan salah satu teknik untuk memperoleh sifat material baru dengan cara mencampurkan dua material atau lebih. Sifat material yang didapat dari pencampuran akan berbeda dengan material aslinya, bahkan lebih baik. TPU menawarkan ekstensi tinggi dan kekuatan tarik yang membuatnya kompatibel untuk dicampur dengan PLA. Campuran PLA / TPU pada rasio tertentu akan menghasilkan sifat mekanik yang diinginkan. Sehingga sifat mekanik dapat dikontrol dengan pendekatan multi material dan sesuai untuk penggunaan biomedis atau aplikasi lain yang sebelumnya terbatas.

Penelitian ini akan difokuskan pada penentuan temperatur ekstrusi dan orientasi raster yang sesuai untuk multi material PLA / TPU hasil uji tarik. Variasi parameter suhu ekstrusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 220°C, 230°C dan 240°C, sedangkan variasi parameter orientasi raster adalah [0°, 90°] dan [90°, 0°] untuk PLA saja atau TPU saja dan [0°, 90°], [90°, 0°], dan [45°, 135°] untuk multi-bahan PLA / TPU.

Hasil uji tarik untuk menentukan suhu ekstrusi yang sesuai menunjukkan nilai kuat tarik maksimum sebesar 2,797 MPa pada suhu ekstrusi 230 °C. Sedangkan nilai kuat tarik maksimum untuk menentukan orientasi raster yang sesuai diperoleh pada saat orientasi raster [0°, 90°] pada semua kategori material. Memperoleh kekuatan tarik 22.252 MPa, Modulus Elastisitas 617.255 MPa, dan regangan saat putus 5.051% pada multi material PLA / TPU dengan orientasi raster [0°, 90°].

**Kata kunci:** Suhu Ekstrusi, Fused Deposition Modelling, Modulus Elastisitas, Multi-material, Orientasi Raster, Regangan saat patah, Kekuatan Tarik