

INTISARI

Fused Deposition Modelling (FDM) merupakan salah satu teknologi *Additive Manufacturing* (AM) yang bekerja dengan mencetak struktur secara berlapis. Metode ini digunakan dalam industri untuk pembuatan prototipe dengan berbagai jenis material, termasuk polimer seperti *Thermoplastic Polyurethane* (TPU). TPU menawarkan keunggulan berupa sifat fleksibel, ketangguhan tinggi, dan kemampuan pencetakan yang optimal. Namun, sifat mekanis TPU hasil 3D FDM lebih rendah daripada yang dihasilkan melalui metode manufaktur substraktif seperti *injection molding*. Salah satu metode untuk meningkatkan kekuatan material ini adalah dengan melakukan perlakuan panas berupa *annealing*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi tekanan selama proses *annealing* terhadap kekuatan tarik dan porositas material TPU yang dihasilkan melalui pencetakan 3D metode FDM. Spesimen dibuat menggunakan 3D printer *Flashforge Inventor* dengan material eTPU-95A berdiameter 1,75 mm, sesuai dengan standar ASTM D638-Tipe IV. Proses *annealing* dilakukan pada suhu 180°C selama 10 menit menggunakan *drying oven*, dimana spesimen ditempatkan dalam cetakan aluminium dan diberi tekanan dengan massa yang diletakkan di atasnya sebesar 0,8, 1,6, 2,4, dan 3,2 kg. Setelah *annealing*, spesimen menjalani uji tarik dan analisis struktur mikro untuk mengevaluasi hasilnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen dengan tekanan *annealing* sebesar 0,8 kg memiliki kekuatan tarik tertinggi, dengan rata-rata *Ultimate Tensile Strength* (UTS) mencapai 31,83 MPa. Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi tekanan selama *annealing* berperan dalam menentukan kekuatan tarik material TPU, dengan tekanan tertentu sebagai batas optimal untuk mencapai performa maksimal. Selain itu, tekanan yang diterapkan turut memengaruhi tingkat porositas material, yang berkontribusi langsung terhadap perubahan kekuatan tariknya.

Kata kunci: *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Thermoplastic Polyurethane* (TPU), *Heat Treatment*, *Annealing*, Tekanan, Kekuatan Tarik, Porositas, *Void*

ABSTRACT

Fused Deposition Modelling (FDM) is an Additive Manufacturing (AM) technology that builds structures layer by layer. This method is widely employed in industries for prototyping using various materials, including polymers such as Thermoplastic Polyurethane (TPU). TPU offers notable advantages, including flexibility, high toughness, and excellent printability. However, the mechanical properties of TPU produced through 3D FDM printing are generally inferior to those obtained through subtractive manufacturing methods, such as injection molding. One approach to improve the material's strength is by applying heat treatment, specifically annealing.

This study aims to evaluate the effect of pressure variation during the annealing process on the tensile strength and porosity of TPU materials fabricated using the FDM method. Specimens were printed using a Flashforge Inventor 3D printer with eTPU-95A filament of 1.75 mm diameter, following the ASTM D638-Type IV standard. The annealing process was conducted at 180°C for 10 minutes in a drying oven, where the specimens were placed in aluminium molds and subjected to pressures by applying weights of 0,8, 1,6, 2,4, and 3,2 kg on top. After annealing, the specimens underwent tensile testing and microstructural analysis to assess the outcomes.

The results showed that the specimen annealed under a pressure of 0.8 kg exhibited the highest tensile strength, with an average Ultimate Tensile Strength (UTS) of 31.83 MPa. These findings suggest that pressure variation during annealing plays a significant role in determining the tensile strength of TPU, with an optimal pressure threshold required to achieve maximum performance. Moreover, the applied pressure also affects the material's porosity level, which directly impacts its tensile strength.

Keywords: Fused Deposition Modelling (FDM), Thermoplastic Polyurethane (TPU), Heat Treatment, Annealing, Pressure, Tensile Strength, Porosity, Void