

Analisis Kelayakan Kekuatan Tarik Produk 3D Printing FDM Berfilamen

TPU- 95A untuk Aplikasi Bumper Guard

Aprias Shafara^{a,1,*}, Dani Mardiyana^{b,2},

^b Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

¹ aprias.shafara_tm22@nusaputra.ac.id;

* Corresponding Author

ABSTRACT

Perkembangan teknologi manufaktur aditif, khususnya 3D printing dengan metode fused deposition modelling (FDM), membuka peluang besar dalam produksi komponen otomotif yang ringan dan ekonomis. Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah thermoplastic polyurethane (TPU) tipe eFlex TPU-95A, yang dikenal memiliki sifat elastisitas tinggi, ketahanan aus, serta kemampuan menyerap energi benturan. Penelitian ini bertujuan menganalisis sifat mekanik TPU-95A hasil cetak FDM, terutama kekuatan Tarik dan keuletannya, sebagai bahan alternatif bumper guard kendaraan. Hasil menunjukkan kekuatan Tarik material berkisar antara 251,06 hingga 329,02 kg/cm², sedangkan keuletan mencapai 1,56, menunjukan kemampuan deformasi elastis yang baik. Nilai tersebut memenuhi bahkan melampaui standar kekuatan Tarik material bumper guard. Dengan demikian, produk 3D printing berbahan TPU-95A dinilai layak sebagai alternatif material bumper guard yang memerlukan kombinasi fleksibilitas, kekuatan, dan ketahanan deformasi.

KEYWORDS

*3D printing
FDM
TPU-95A
Bumper Guard
Kekuatan Tarik
Keuletan*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi manufaktur aditif, khususnya 3D printing, telah membuka peluang besar dalam pembuatan komponen otomotif yang ringan, presisi, dan ekonomis [1]. Salah satu teknologi 3D printing yang populer adalah fused deposition modelling (FDM), yang memungkinkan percetakan berbagai jenis material thermoplastic [2],[3]. Thermoplastic Polyurethane (TPU) merupakan salah satu material elastomerik yang banyak digunakan karena sifatnya yang fleksibel, tahan benturan, dan memiliki ketahanan aus yang baik. TPU 95A adalah varian TPU dengan tingkat kekerasan shore A sebesar 95, yang menjadikannya cukup kaku namun masih memiliki elastisitas yang baik [4].

Material ini banyak dipertimbangkan dalam aplikasi pelindung seperti bumper guard pada kendaraan, yang berfungsi untuk meredam energi benturan dan melindungi bagian kendaraan dari kerusakan [5]. Namun, performa mekanik dari hasil cetakan TPU 95A melalui FDM printing sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter seperti arah cetak (print orientation), persentase infill, suhu pencetakan, dan pola internal struktur [6]. Oleh karena itu, penting dilakukan kajian mengenai sifat mekanik, khususnya kekuatan tarik, sebagai parameter utama dalam menentukan kelayakan material TPU 95A untuk aplikasi struktural ringan seperti bumper guard [7].

Bumper guard adalah komponen pelindung yang dirancang untuk menyerap dan mendistribusikan energi saat terjadi benturan, umumnya dipasang pada bagian depan atau belakang kendaraan [8]. Material yang digunakan untuk bumper harus memiliki kombinasi antara kekuatan tarik, fleksibilitas, dan ketahanan benturan [9]. Umumnya digunakan bahan seperti karet, polikarbonat, atau material elastomer lainnya. Penggunaan TPU 95A hasil 3D printing sebagai alternatif bahan bumper merupakan pendekatan inovatif yang masih jarang diteliti secara mendalam, terutama dari aspek sifat tarik materialnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tarik material TPU 95A hasil proses 3D printing dengan metode FDM, serta mengevaluasi kelayakannya sebagai material pelindung

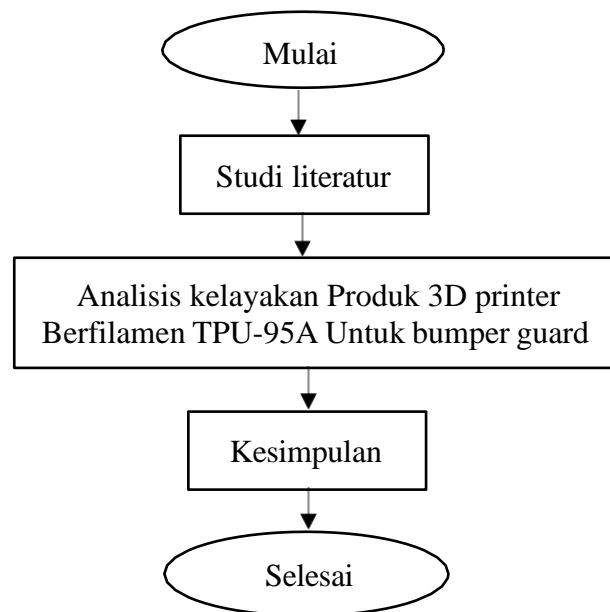
(bumper guard) pada kendaraan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi dalam pemanfaatan material fleksibel cetak 3D untuk aplikasi otomotif ringan [10].

2. Metodologi

Penelitian ini menerapkan metode eksperimental, yakni pendekatan ilmiah yang melibatkan pengumpulan data melalui observasi langsung serta pengendalian dan manipulasi variabel-variabel terkait dalam lingkungan yang terkontrol. Pendekatan ini dipilih guna memungkinkan analisis terhadap variabel dependen, yaitu karakteristik mekanik dari produk hasil pencetakan.

Tahapan awal penelitian mencakup studi pustaka yang bertujuan menghimpun informasi dan referensi dari literatur ilmiah yang relevan. Selanjutnya, data hasil uji kekuatan tarik dianalisis untuk menilai sifat mekanik dari produk. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan peninjauan terhadap kelayakan penggunaan printer 3D dengan filamen TPU-95A pada aplikasi bumper guard, dengan mempertimbangkan apakah produk memenuhi kriteria elastisitas dan ketahanan. Sebagai langkah akhir, ditarik kesimpulan berdasarkan hasil evaluasi, disertai dengan rekomendasi mengenai parameter pencetakan yang paling sesuai untuk aplikasi tersebut.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode ilmiah di mana pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan langsung dan manipulasi variabel-variabel yang relevan dalam kondisi terkontrol. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Mengacu pada Gambar 1, proses penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi dan referensi dari sumber-sumber ilmiah yang relevan. Tahapan selanjutnya adalah analisis kelayakan penggunaan printer 3D dengan filamen TPU-95A untuk pembuatan bumper guard. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap spesimen guna mengetahui karakteristik mekaniknya, seperti kekuatan tarik.

Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi sifat mekanik produk, termasuk kekuatan tarik dan tingkat keuletannya. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan penilaian terhadap kelayakan penggunaan material TPU-95A dalam aplikasi bumper guard, dengan mempertimbangkan

aspek elastisitas dan ketahanan terhadap beban. Sebagai penutup, disusun kesimpulan dari hasil penelitian, disertai dengan rekomendasi terkait parameter optimal untuk penerapan material tersebut.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Analisis Kelayakan Produk 3D Printer Berfilamen TPU-95A Untuk bumper guard

Tabel 1 menampilkan data hasil pengujian, yang merupakan rata-rata dari tiga kali pengujian ulang untuk masing-masing spesimen. Pengulangan dilakukan guna menjamin keandalan dan ketepatan hasil yang diperoleh. Parameter yang diukur mencakup tensile strength (kekuatan tarik maksimum) serta elongation at break (persentase perpanjangan material sebelum mengalami kerusakan).

Perbedaan dalam hasil pengujian mengindikasikan bahwa parameter proses pencetakan, seperti temperatur, kecepatan pencetakan, dan ketebalan lapisan, berpengaruh terhadap karakteristik mekanik material. Analisis ini berperan penting dalam mengidentifikasi pengaturan proses yang paling efektif untuk menghasilkan produk dengan kekuatan dan keuletan yang sesuai dengan kebutuhan fungsional, terutama pada aplikasi seperti bumper guard yang menuntut tingkat fleksibilitas tinggi dan ketahanan terhadap beban berulang.

Tabel 1. Hasil Kekuatan Tarik dan Keuletan [6]

Sample	Kekuatan Tarik (kgf/cm ²)	Keuletan
1	251,06	1,14
2	259,86	1,31
3	282,06	1,35
4	287,18	1,30
5	291,20	1,37
6	282,92	1,29
7	292,59	1,34
8	303,49	1,52
9	329,02	1,56

Berdasarkan hasil analisis pada tabel, terlihat bahwa kekuatan tarik terendah terdapat pada sampel 1 dengan rata-rata sebesar 251,06 kgf/cm², sedangkan kekuatan tarik tertinggi tercatat pada sampel 9 dengan rata-rata 329,02 kgf/cm². Untuk parameter keuletan, nilai terendah juga ditemukan pada sampel 1 dengan rata-rata 1,14, sementara nilai tertinggi terdapat pada sampel 9 dengan rata-rata 1,56. Temuan ini mengindikasikan bahwa spesimen dengan nilai kekuatan tarik yang lebih besar cenderung memiliki tingkat keuletan yang lebih tinggi, sehingga dapat disimpulkan adanya korelasi positif antara kedua sifat mekanik tersebut.

Hubungan yang positif antara kekuatan tarik dan keuletan pada material ini menunjukkan bahwa pengaturan parameter pencetakan yang optimal dapat meningkatkan karakteristik mekanik eFlex TPU-95A. Hal ini membuat material tersebut lebih cocok digunakan pada aplikasi yang membutuhkan perpaduan antara ketahanan dan fleksibilitas.

Evaluasi Kelayakan Produk Bumper Guard dari 3D Printer dengan Filamen TPU-95A. Komponen bumper guard berfungsi sebagai pelindung bumper mobil dari benturan ringan atau goresan, sehingga membutuhkan material dengan sifat mekanik unggul, seperti elastisitas dan kekuatan tarik yang umumnya dimiliki oleh karet. Filamen TPU-95A dikenal memiliki karakteristik yang menyerupai karet, menjadikannya kandidat yang tepat untuk aplikasi ini. Karena bumper guard harus mampu menahan beban dinamis serta tetap berfungsi optimal dalam berbagai kondisi cuaca, dilakukan analisis

kelayakan penggunaan material ini berdasarkan hasil pengujian terhadap kekuatan tarik dan keuletan, sebagaimana dijelaskan berikut:

Material karet yang digunakan pada bumper guard umumnya memiliki kekuatan tarik dalam rentang 10 hingga 30 MPa, atau setara dengan 101,97 hingga 305,91 kgf/cm². Dalam pengujian yang dilakukan, produk hasil cetak 3D menggunakan filamen TPU-95A menunjukkan kekuatan tarik antara 251,06 hingga 329,02 kgf/cm². Hal ini menunjukkan bahwa spesimen yang diuji berada dalam atau bahkan melebihi kisaran yang dibutuhkan untuk aplikasi bumper guard.

Sementara itu, nilai keuletan dari produk 3D printing TPU-95A berada pada kisaran 1,14 hingga 1,56, yang mengindikasikan kemampuan deformasi yang sangat baik. Karakteristik ini memungkinkan material untuk menahan beban berulang tanpa mengalami kerusakan permanen, yang merupakan salah satu tuntutan utama dalam penggunaan bumper guard pada kendaraan. Kemampuan TPU-95A untuk kembali ke bentuk awal setelah mengalami tekanan menjadikannya material yang layak dipertimbangkan untuk aplikasi yang memerlukan kombinasi antara ketahanan dan fleksibilitas tinggi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa produk cetak 3D menggunakan filamen TPU-95A menunjukkan konsistensi performa pada penelitian tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa material tersebut sangat layak dijadikan alternatif dalam pembuatan bumper guard. Keunggulan utama TPU-95A terletak pada sifat fleksibilitas dan kemampuannya menahan deformasi, menjadikannya efektif saat diterapkan sebagai pelindung bumper kendaraan.

- Material TPU-95A hasil pencetakan dengan metode FDM menunjukkan kekuatan tarik dan tingkat keuletan yang sesuai dengan standar minimum yang dibutuhkan untuk aplikasi bumper guard.
- TPU-95A memberikan perpaduan antara elastisitas, kekuatan, dan ketahanan terhadap deformasi, yang menjadikannya pilihan potensial dalam pembuatan bumper guard kendaraan.

Hasil data dari studi tersebut mengonfirmasi bahwa penggunaan filamen TPU-95A dalam proses 3D printing menunjukkan potensi kuat sebagai material pengganti dalam aplikasi bumper guard.

Referensi

- [1] Royhan, A. N. (2024). Pengaruh Jumlah Lapisan Skin dan Perlakuan Curing Terhadap Kekakuan Bending Komposit Serat Karbon dan Pla Honeycomb Ribs (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [2] Lu, Q. W., & Macosko, C. W. (2004). Comparing the compatibility of various functionalized polypropylenes with thermoplastic polyurethane (TPU). *Polymer*, 45(6), 1981-1991.
- [3] Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., & Sugiyarto, S. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01), 33-40.
- [4] ARMAWIJAYA, R. H. (2022). Perancangan Dan Pembuatan Sambungan Head Tube Sepeda Menggunakan 3D Printer Dengan Perkuatan Lapisan Fiberglass.
- [5] W. H. Pratama, H. -, and H. -, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen PLA + Menggunakan Metode Taguchi," *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 39-45, 2021, doi: 10.36655/sprocket.v3i1.568.
- [6] Mardiyana, D., Sumarno, D. I., Yudono, M. A. S., & Islami, L. A. (2024). Kajian Kelayakan Sifat Mekanik Produk 3D Printing FDM Berfilamen eFlex TPU-95A untuk Aplikasi Polisi Tidur. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(3), 457-468.
- [7] Triadesman Gulo^{1*}, Dani Mardiyana¹, Dodi Iwan Sumarno¹ ¹Department of Mechanical Engineering, Universitas Nusa Putra, Jawa Barat, 43152, Indonesia.
- [8] Chacón, J. M., Caminero, M. A., García-Plaza, E., & Núñez, P. J. (2017). Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection. *Materials & Design*, 124, 143-157.
- [9] Bertoldi, K., Reis, P. M., Willshaw, S., & Mullin, T. (2010). Negative Poisson's Ratio Behavior Induced by an Elastic Instability. *Advanced Materials*, 22(3), 361-366.
- [10] Novak, T., & Šajin, V. (2018). Tensile Properties of 3D-Printed TPU Material. *Tehnički vjesnik*, 25(1), 276-281.