

Kelayakan Komposit Pet Daur Ulang Berpenguat Talc Resin Sebagai Bahan Filamen 3D

Verdy Banarma¹, Sugianto^{1*}, Hasdiansah¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : sugianto.polman@gmail.com

Received 3 Desember 2025; Received in revised form 8 Januari 2026; Accepted 8 Januari 2026

Abstract

This study aims to utilize used PET plastic waste as a basic material for 3D filaments with the addition of talc resin as a reinforcing material. Literature review shows that talc resin can increase stiffness and mechanical strength in polymer composites. The experimental process was carried out through mixing, molding, and tensile and impact tests according to ASTM standards. The test results showed that the addition of 10% talc resin provided optimal tensile strength and toughness compared to other variations. Thus, filaments based on used plastic and talc resin are suitable for use in environmentally friendly 3D printing applications.

Keywords: Impact test; Mechanical strength; Plastic waste; 3D filament; Talc resin.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah plastik PET bekas sebagai bahan dasar filamen 3D dengan penambahan talc resin sebagai bahan penguat. Kajian literatur menunjukkan bahwa *talc resin* mampu meningkatkan kekakuan dan kekuatan mekanik pada komposit polimer. Proses eksperimen dilakukan melalui pencampuran, pencetakan, serta pengujian uji tarik dan uji impak sesuai standar ASTM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan 10% *talc resin* memberikan kekuatan tarik dan ketangguhan optimal dibandingkan variasi lainnya. Dengan demikian, filamen berbasis plastik bekas dan talc resin layak digunakan untuk aplikasi *3D printing* ramah lingkungan.

Kata kunci: Filamen 3D; Kekuatan mekanik; Limbah plastik; *Talc resin*; Uji Tarik; Uji impak.

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik adalah sebagai bahan yang tidak memiliki nilai atau tidak berharga untuk digunakan secara biasa atau khusus dalam produksi atau pemakaian barang atau cacat selama manufaktur atau materi berkelebihan atau buangan [1]. Salah satu jenis sampah yang harus dapat perhatian ialah sampah plastik. Hal ini karena plastik banyak digunakan oleh masyarakat dalam pembuatan segala aspek perlengkapan yang diperlukan manusia sehingga akan menyebabkan penimbunan sampah dengan jumlah yang besar [2].

Mendaur ulang limbah botol dapat meningkatkan manfaat, antara lain mengurangi limbah di lingkungan, menghemat energi, mengurangi dampak pemanasan global, dan menghasilkan pendapatan. Banyak kegiatan di masyarakat yang memproduksi botol minuman, botol minyak dan masih banyak lagi botol daur ulang lainnya, pembuangan limbah botol dapat mengurangi limbah. Botol plastik biasanya dibuang di tempat umum seperti di sungai,

jalan atau halaman kosong. Penghapusan botol plastik tidak terkendali dan salah lokasi menjadi masalah besar mengkhawatirkan Pada umumnya masyarakat tidak dapat mengelola sampah dengan baik Akibatnya, sampah botol plastik menumpuk. Sampah plastik sangat kompleks rusak, menyebabkan masalah kebersihan dan lingkungan. Selain itu Banjir merupakan ancaman serius akibat pembuangan limbah yang sembarangan [3]

Perkembangan teknologi yang menyuguhkan kehidupan serba praktis, memicu peningkatan penggunaan plastik dalam kehidupan manusia semakin lama semakin meningkat. Hal ini dikarenakan plastik bersifat fleksibel, ringan, praktis, ekonomis dan dapat menggantikan fungsi packing dari barang-barang lain. Sifat praktis dan ekonomis ini menyebabkan plastik sering dijadikan barang sekali pakai, sehingga semakin banyaknya penggunaan perlengkapan dari bahan plastik tersebut, menyebabkan semakin banyak pula sampah-sampah plastik. Hal inilah yang menyebabkan jumlah sampah plastik meningkat terus

menerus dan menyebabkan masalah lingkungannya yang serius [4].

Salah satu faktor yang menyebabkan rusaknya lingkungan hidup yang sampai saat ini masih tetap menjadi masalah adalah faktor pembuangan sampah plastik. Perlu diketahui, sampah plastik yang telah mencemari tanah, membutuhkan waktu puluhan bahkan ratusan tahun untuk benar-benar terurai secara alamiah. Selain itu, dampak negatif sampah plastik jika dibiarkan begitu saja akan menimbulkan bahaya yang sangat besar [5].

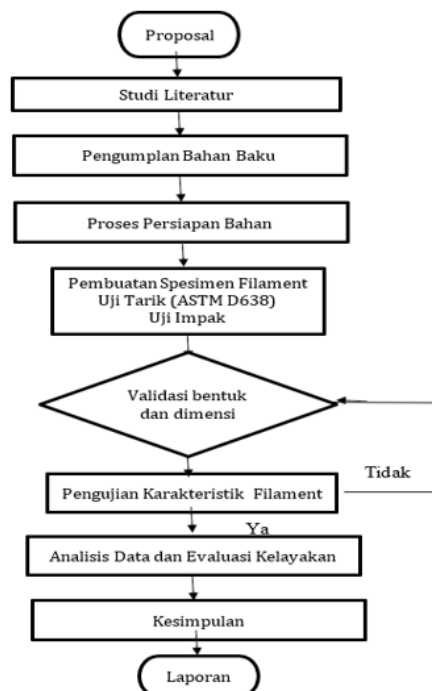
Plastik memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, umumnya digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman karena sifatnya yang kuat, ringan dan praktis. Jenis plastik yang sering digunakan yaitu plastik polyethylene terephthalate (PET) [6].

Dan dalam penelitian ini yang akan dilakukan adalah pengembangan bahan komposit seperti *talca resin* menghasilkan filamen yang memiliki kekuatan tarik dan ketangguhan material. Dengan mencampurnya ke dalam botol plastik yang dipanaskan, *talca resin* meningkatkan kekuatan dan kekuatan mekanik dari filamen menjadikannya lebih tahan terhadap jaman dan kerusakan saat digunakan dalam berbagai aplikasi industri.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Tahapan penelitian meliputi: pengumpulan limbah plastik PET bekas, pembersihan, pengeringan, dan pencacahan plastik, pencampuran plastik dengan talca resin pada variasi 0 g, 1,5 g, 3 g, dan 15 4,5 g, pencetakan spesimen sesuai standar ASTM D638 untuk uji tarik dan ASTM D256 untuk uji impak D256 pada variasi 0 g, 0,75 g, 1,5 g dan 2,2 5g serta, analisis hasil pengujian guna menentukan kelayakan komposit sebagai bahan filamen 3D.

Bahan utama yang digunakan menggunakan limbah plastik jenis polyethylene Terephthalate PET dan talca resin. Plastik berbahan jenis PET dipilih karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, ketahanan panas yang baik, serta ketersediannya melimpah. *Talca resin* memiliki fungsi sebagai bahan penguat karena karakteristiknya memiliki sebagai bahan pengisi dan penguat, *talca resin* juga memberikan tekstur halus dan licin dapat meningkatkan kekakuan dan mengurangi risiko retak, selain *talca resin* memiliki sifat inert, tidak mudah larut dalam air, dan tahan panas. Gambar *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart*

Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan talca resin terhadap sifat mekanik komposit berbasis plastik PET daur ulang, dilakukan pembuatan spesimen uji tarik

standar ASTM D638. Matriks utama yang digunakan adalah recycled PET (rPET) dengan penambahan talca resin. Total massa sampel disesuaikan dengan variasi filler yang

digunakan. Rincian komposisi campuran plastik PET dan talc resin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi komposisi campuran rPET dan talc resin

Kode Sampel	Berat PET (g)	Berat Talc Resin	Total Campuran
Sampel 1 rPET TR	30	1,5	31,5
Sampel 2 rPET TR	30	3	33
Sampel 3 rPET TR	30	4,5	34,5

Hasil variasi ini diharapkan dapat menunjukkan bagaimana penambahan talc resin pada tingkat yang berbeda memengaruhi kekuatan tarik, elongasi, dan modulus elastisitas.

Selain uji tarik, dibuat pula spesimen untuk pengujian impak sesuai standar ASTM

D256. Pada pengujian ini, variasi penambahan talc resin lebih kecil dibandingkan dengan uji tarik, yaitu 0,75 g, 1,5 g, dan 2,25 g, dengan matriks 15 g. Rincian komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi komposisi campuran rPET dan karbon aktif untuk uji impak

Kode Sampel	Berat PET (g)	Berat Talc Resin	Total Campuran
Sampel 1 rPET TR	15	0,75	15,75
Sampel 2 rPET TR	15	1,5	16,5
Sampel 3 rPET TR	15	2,25	17,25

Variasi ini untuk mengetahui konsentrasi karbon aktif optimum dalam meningkatkan ketangguhan (*impact strength*) material.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses pembuatan spesimen

Proses pembuatan spesimen uji tarik pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D638. Bahan utama yang digunakan adalah plastik PET daur ulang (recycled PET/rPET) yang terlebih dahulu dicacah hingga berukuran kecil agar lebih mudah melewati tahap peleburan. Setelah itu,

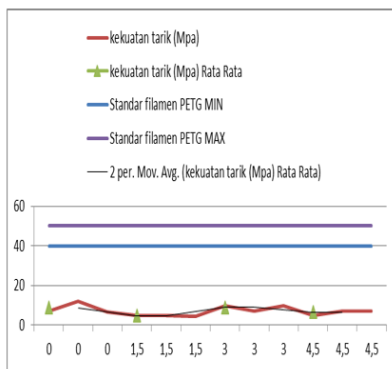
rPET dilelehkan pada suhu sekitar $\pm 180^{\circ}\text{C}$ hingga berbentuk cair homogen. Pada tahap berikutnya, rPET cair dicampurkan dengan talc resin sesuai variasi komposisi yang telah ditentukan, yaitu 0 variasi D638: 0 g, 1,5 g, 3 g dan 4,5 g dan ASTM D256 variasi : 0g, 0,75 g, 1,5g dan 2,25 g dari total massa campuran. Campuran rPET dan talc resin kemudian diaduk hingga merata sehingga diperoleh homogenitas yang baik sebelum dimasukkan ke dalam cetakan uji tarik sesuai standar ASTM D638. Selanjutnya, spesimen didinginkan hingga mengeras dan siap untuk diuji.

Tabel 3. Hasil uji Tarik

Karbon aktif (g)	Kekuatan tarik (Mpa)	Elongasi (%)	Modulus elastisitas
0	6,72-12 (rata 8,54)	0,55-0,80 (rata 0,68)	922-1290 (rata 1284)
1,5	4,24-4,85 (rata 4,53)	0,47-0,81 (rata 0,61)	826-902 (rata 852)
3	7,17-9,77 (rata 8,89)	0,62-0,81 (rata 0,74)	1290-1790 (rata 1533)
4,5	4,61-7,05 (rata 6,37)	0,58-0,81 (rata 0,62)	1320-1410 (rata 1376)

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan pola perubahan nilai kekuatan tarik spesimen PETG pada beberapa titik pengujian. Kurva utama kekuatan tarik memperlihatkan fluktuasi di rentang sekitar 5–13 MPa, sementara garis rata-rata menunjukkan kecenderungan relatif stabil di sekitar nilai tengah. Bila dibandingkan dengan batas standar filamen PETG, baik nilai minimum maupun maksimum standar berada jauh di

atas hasil pengukuran aktual. Kondisi ini menegaskan bahwa performa kekuatan tarik sampel yang diuji belum mencapai spesifikasi material yang direferensikan. Pola pergerakan moving average dua periode juga memperlihatkan tren stabil tanpa deviasi yang signifikan, mengindikasikan bahwa variasi antar pengujian tidak menunjukkan perubahan ekstrem.



Gambar 2. Grafik Kekuatan Tarik

Pada komposisi tanpa talc resin, nilai kekuatan tarik berada pada kisaran 6,72–12 MPa dengan rata-rata 8,54 MPa. Nilai ini merupakan performa awal material dasar sebelum ditambah filler. Ketika ditambahkan 1,5 g talc resin, kekuatan tarik justru mengalami penurunan drastis menjadi rata-rata 4,53 MPa, yang mengindikasikan bahwa dispersibilitas talc resin pada kadar rendah belum optimal sehingga berpotensi menurunkan integritas struktur material.

Pada penambahan 3 g talc resin, kekuatan tarik meningkat cukup signifikan, mencapai rata-rata 8,89 MPa. Nilai ini bahkan sedikit lebih tinggi daripada material tanpa talc resin, menunjukkan bahwa pada kadar ini talc resin mulai berperan sebagai penguat (reinforcement) yang dapat meningkatkan kekuatan tarik.

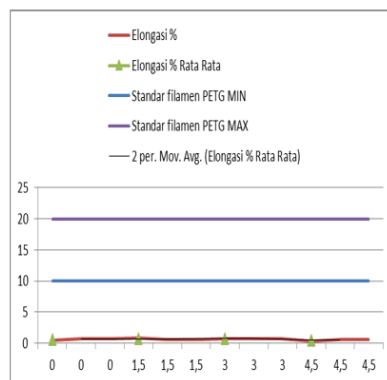
Namun pada dosis 4,5 g talc resin, kekuatan tarik kembali menurun menjadi rata-rata 6,37 MPa. Penurunan ini dapat disebabkan oleh konsentrasi filler yang terlalu tinggi, sehingga menyebabkan aglomerasi partikel dan mengurangi ikatan antarmolekul pada matriks PETG.

Gambar 3 menunjukkan pola perubahan nilai elongasi putus pada filamen PETG dengan variasi penambahan talc resin. Kurva elongasi memperlihatkan bahwa seluruh hasil pengujian berada pada rentang

0,47–0,81%, dengan nilai rata-rata yang relatif stabil di sekitar garis tengah. Pola moving average dua periode juga tidak menunjukkan penyimpangan besar, menandakan bahwa variasi antar pengujian berada dalam batas yang konsisten.

Nilai elongasi menunjukkan kecenderungan yang relatif stabil pada semua variasi penambahan talc resin, yakni berkisar antara 0,47–0,81%. Rata-rata elongasi tertinggi berada pada komposisi 3 g talc resin dengan nilai 0,74%, yang menunjukkan kombinasi terbaik antara kelenturan dan ketahanan material. Komposisi 1,5 g dan 4,5 g talc resin cenderung menghasilkan nilai elongasi yang lebih rendah, mengindikasikan bahwa peningkatan atau penurunan kadar filler tertentu dapat menurunkan kemampuan regangan material.

Jika dibandingkan dengan nilai elongasi filamen PETG yang dimodifikasi dengan penambahan talc resin, terlihat perbedaan yang sangat mencolok. Pada seluruh variasi penambahan talc resin, elongasi putus hanya berada di kisaran 0,47–0,81%, jauh lebih rendah daripada standar PETG. Bahkan pada komposisi dengan nilai terbaik, yaitu 3 g talc resin, elongasi rata-rata hanya mencapai 0,74%, yang masih berada jauh di bawah karakteristik PETG asli.



Gambar 3. Grafik Elongasi

Gambar 3 menampilkan variasi modulus elastisitas filamen PET yang diberi penambahan talc resin. Berdasarkan grafik, nilai modulus elastisitas menunjukkan perubahan yang cukup jelas pada tiap komposisi. Sampel tanpa talc resin memiliki modulus mendekati nilai tengah acuan.

Modulus elastisitas material tanpa talc resin berada pada rata-rata 1284 MPa. Penambahan 1,5 g karbon aktif menurunkan nilai modulus menjadi 852 MPa, konsisten dengan penurunan kekuatan tarik pada komposisi tersebut. Ketika talc resin ditingkatkan menjadi 3 g, modulus meningkat tajam hingga 1533 MPa, merupakan nilai tertinggi dalam pengujian ini. Hal ini menunjukkan peningkatan kekakuan material akibat adanya filler dalam jumlah yang ideal. Pada komposisi 4,5 g talc resin, nilai modulus turun kembali menjadi 1376 MPa, meskipun masih lebih tinggi daripada sampel awal tanpa filler. Penurunan ini juga mendukung dugaan terjadinya aglomerasi pada konsentrasi tinggi yang mengurangi efektivitas penguatan struktur.

Jika ditinjau secara keseluruhan, performa mekanik filamen PET yang dimodifikasi talc resin belum memenuhi karakteristik mekanik filamen PETG komersial. Rendahnya nilai kekuatan tarik, elongasi putus yang sangat kecil, serta modulus elastisitas yang masih berada di bawah standar mengindikasikan bahwa filamen hasil penelitian ini kurang layak digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan

kekuatan struktural, kelenturan, dan kekakuan yang tinggi.

3.2. Pembuatan specimen uji impact

Setelah proses pembuatan filamen untuk pengujian tarik sesuai standar ASTM D638, tahapan berikutnya adalah melakukan pengujian impact dengan acuan standar ASTM D256. Sama seperti prosedur uji tarik, pengujian impact diawali dengan pembuatan spesimen tanpa penambahan talc maupun karbon aktif (PET murni). Pengujian pada kondisi tanpa aditif ini bertujuan untuk memperoleh data dasar yang akan digunakan sebagai pembandingan terhadap hasil uji filamen dengan variasi penambahan karbon aktif sebesar 0,75 g, 1,5 g, dan 2,25 g. Perbandingan ini diperlukan untuk mengetahui sejauh mana penambahan karbon aktif memengaruhi ketangguhan material terhadap beban benturan.

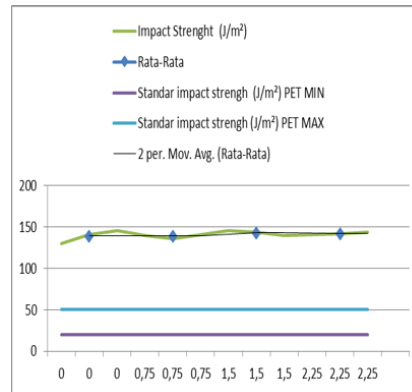
Tabel 1 menunjukkan hasil uji impact pada filamen PETG dengan variasi penambahan karbon aktif. Filamen tanpa karbon aktif (0 g) memiliki rata-rata 139 J/m². Penambahan 0,75 g karbon aktif menghasilkan nilai serupa (139 J/m²), sementara 1,5 g karbon aktif sedikit meningkatkan nilai rata-rata menjadi 141 J/m². Pada penambahan 2,25 g karbon aktif, nilai rata-rata impact strength mencapai 143 J/m², yang merupakan nilai tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif dapat sedikit meningkatkan ketangguhan material, terutama pada kadar 2,25 g.

Tabel 4. Hasil uji impact

Karbon aktif	Impact Strength (J/m ²)	Rata-Rata
0	130, 141, 146	139
0,75	140, 138, 141	139
1,5	137, 143, 143	141
2,25	143, 143, 143	143

Grafik hasil uji impact menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif pada filamen PETG memberikan dampak positif terhadap ketangguhan material, meskipun peningkatannya tidak signifikan pada kadar rendah. Filamen tanpa karbon aktif (0 g) memiliki nilai rata-rata 139 J/m², yang tetap dipertahankan pada penambahan 0,75 g

karbon aktif. Peningkatan ringan terlihat pada penambahan 1,5 g karbon aktif dengan nilai rata-rata 141 J/m², dan nilai tertinggi tercatat pada penambahan 2,25 g karbon aktif, yang mencapai 143 J/m². Secara keseluruhan, grafik ini mengindikasikan bahwa karbon aktif dapat meningkatkan kekuatan impact, terutama pada kadar yang lebih tinggi.



Gambar 5. Grafik Kekuatan Tarik

Grafik pada Gambar menunjukkan nilai impact strength komposit rPET dengan variasi penambahan talc resin sebesar 0 g, 0,75 g, 1,5 g, dan 2,25 g. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sampel tanpa penambahan talc resin (0 g) memiliki nilai impact rata-rata sebesar 139 J/m². Pada penambahan 0,75 g talc resin, nilai impact relatif stabil dengan rata-rata yang sama yaitu 139 J/m². Selanjutnya, pada komposisi 1,5 g terjadi peningkatan nilai rata-rata hingga 143 J/m², yang merupakan nilai tertinggi. Namun, pada penambahan 2,25 g talc resin nilai impact sedikit menurun menjadi rata-rata 142 J/m², meskipun tetap berada di atas sampel kontrol. Secara umum, grafik menunjukkan adanya tren peningkatan ketangguhan material hingga konsentrasi 1,5 g sebelum mengalami penurunan kembali pada konsentrasi yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa talc resin berperan dalam memperbaiki ikatan antar rantai polimer sehingga material lebih mampu menyerap energi benturan. Akan tetapi, jumlah filler yang terlalu banyak cenderung menyebabkan aglomerasi partikel, yang justru menurunkan efektivitas penguatannya.

Jika dibandingkan dengan standar nilai impact strength PETG komersial yang berkisar 20–50 J/m², maka seluruh variasi komposit rPET + talc resin menunjukkan hasil yang jauh lebih tinggi, yaitu 139–143 J/m². Temuan ini membuktikan bahwa material hasil penelitian memiliki ketangguhan yang sangat baik dan berpotensi digunakan sebagai bahan filamen 3D printing dengan daya tahan terhadap benturan yang lebih unggul dibandingkan material komersial sejenis.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, komposit rPET dengan penambahan talc resin menunjukkan peningkatan sifat mekanik

dibandingkan rPET murni. nilai elongasi pada semua variasi masih relatif rendah (<1%), sehingga material cenderung bersifat kaku dan getas. Pada uji impact, nilai impact strength berada pada kisaran 130–146 J/m² dengan hasil terbaik pada variasi 1,5 g, yang membuktikan bahwa material memiliki ketahanan benturan cukup baik. Jika dibandingkan dengan filamen komersial (PLA, ABS, PETG), komposit rPET + talc resin memiliki keunggulan pada kekuatan tarik dan modulus elastisitas, namun masih kurang pada aspek elongasi. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa rPET dengan penambahan talc resin berpotensi digunakan sebagai bahan filamen 3D printing yang ramah lingkungan, meskipun masih diperlukan modifikasi tambahan (misalnya penambahan plasticizer atau pencampuran dengan polimer elastis lain) untuk meningkatkan fleksibilitas filamen.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dan juga rekan kerja yang telah membantu selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baedowy, I. R., Supriyatin, T., & Damayanti, S. (2020). Pengelolaan sampah plastik sebagai solusi lingkungan. *Jurnal Lingkungan Hidup*, 12(1), 45–53.
- [2] De Jong, J., & Mellquist, R. (2021). Plastics and the environment: Challenges and solutions. *Environmental Technology Review*, 13(4), 143–159.

- [3] Diana, N., Safitra, H., & Ariansyah, M. (2020). Studi karakteristik komposit berbasis serat alam dan matriks polimer. *Jurnal Material Teknik*, 8(2), 112–121.
- [4] Maghfira, A. (2022). Pengaruh talc resin terhadap sifat mekanik komposit polimer daur ulang. *Jurnal Teknologi Polimer*, 9(1), 34–41.
- [5] Mardiyati, Y. (2018). Komposit polimer dan aplikasinya. Bandung: UPI Press.
- Murathee, S., Wijaya, R., & Nuraini, D. (2022). Analisis karakteristik limbah plastik sebagai bahan baku daur ulang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 79–86.
- [6] Sari, N., Aisyah, R., & Rahayu, P. (2023). Potensi pemanfaatan botol plastik bekas sebagai material alternatif dalam teknologi. *Jurnal Inovasi Material*, 5(1), 22–29.
- [7] Singh, A., Patel, K., & Kumar, R. (2022). Development of recycled plastic-based filaments for 3D printing. *International Journal of Polymer Science*, 2022, Article ID 783451.
- [8] Suci, R., Janiroh, N., & Tohari, M. (2021). Pengaruh jenis plastik terhadap karakteristik cetak 3D. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 7(2), 98–105.
- [9]. Edi W, Iswanto. (2022). Mekanika Komposit dan Bio-Komposit. UMSIDA PRESS.
- [10]. Raliannoor, A'yan Sabitah. (2020). Pengaruh Kekuatan Impak Poliester Berpenguat Serat Bambu Haur Dan Fiberglass Pada Aplikasi Bumper Mobil. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 28-37.