

**STUDY KELAYAKAN KOMPOSIT POLIMER (PLASTIK BEKAS)
DENGAN PENGUAT AEROSIL UNTUK MENGHASILKAN
FILAMEN 3D PRINTER**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan/Dipolma D IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung



Disusun Oleh

Zulky Khoiri NIM : 1072229

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG TAHUN**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**STUDY KELAYAKA KOMPOSIT POLIMER (PLASTIK BEKAS)
DENGAN PENGUAT AEROSIL UNTUK MENGHASILKAN
FILAMEN 3D PRINTER**

Oleh :

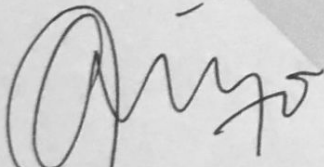
Zulky Khoiri

NIM : 1072229

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



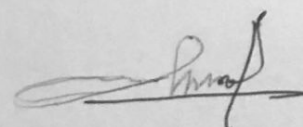
Sugianto, S.T., M.T.

Pembimbing 2



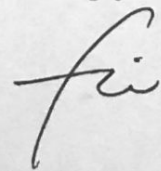
Idiar, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Dr. Sukanto, S.S.T., M.T

Penguji 2



Yang Fitri Arriyani, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Zulky Khoiri NIM :1072229

Dengan Judu : STUDY KELAYAKAN KOMPOSIT POLIMER (PLASTIK BEKAS) DENGAN PENGUAT AEROSIL UNTUK MENGHASILKAN FILAMEN 3D PRINTER

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 20 juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Zulky Khoiri



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kelayakan karakteristik komposit polimer berbasis plastik bekas dengan penambahan penguat aerosil dalam pembuatan filamen untuk printer 3D. Latar belakang penelitian adalah tingginya volume limbah plastik yang berpotensi mencemari lingkungan, sehingga diperlukan solusi inovatif berupa daur ulang plastik menjadi produk bernilai tambah. Metode penelitian meliputi pencampuran plastik bekas, seperti rPET, PLA, atau ABS daur ulang, dengan variasi konsentrasi aerosil, kemudian diproses melalui teknik ekstrusi untuk menghasilkan filamen. Karakterisasi dilakukan pada sifat mekanik (kekuatan tarik), ketahanan termal, dan stabilitas dimensi filamen yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan aerosil mampu meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan termal filamen, meskipun pada konsentrasi tertentu dapat menurunkan kelenturan material. Penentuan komposisi optimal aerosil sangat penting untuk menghasilkan filamen 3D berbasis plastik daur ulang yang memiliki sifat mekanik dan termal yang baik serta layak digunakan dalam aplikasi pencetakan 3D. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam pengelolaan limbah plastik dan mendorong pengembangan material ramah lingkungan di bidang manufaktur aditif.

Kata kunci : plastik bekas, komposit, aerosil, filamen 3D printer, sifat mekanik daur ulang.

ABSTRACT

This study aims to examine the feasibility of the characteristics of polymer composites based on recycled plastic with the addition of aerosil reinforcement in the production of filaments for 3D printers. The background of this research is the high volume of plastic waste that has the potential to pollute the environment, thus requiring innovative solutions in the form of recycling plastic into value-added products. The research method involves mixing recycled plastics, such as rPET, PLA, or ABS, with varying concentrations of aerosil, followed by extrusion processing to produce filaments. Characterization was conducted on mechanical properties (tensile strength), thermal resistance, and dimensional stability of the resulting filaments. The results show that the addition of aerosil can improve the mechanical strength and thermal resistance of the filaments, although at certain concentrations it may reduce the material's flexibility. Determining the optimal aerosil composition is crucial to producing 3D printer filaments based on recycled plastic that have good mechanical and thermal properties and are suitable for 3D printing applications. This research is expected to provide an innovative solution for plastic waste management and promote the development of environmentally friendly materials in the field of additive manufacturing.

Keywords : recycled plastic, composite, aerosil, 3D printer filament, mechanical properties, recycling.



KATA PENGANTAR

Puji dan rasa syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini. Shalawat serta salam terlimpah curahkan kepada baginda tercinta Nabi Muhammad SAW yang dinanti-nantikan syafa'atnya di akhirat nanti.

Laporan akhir ini merupakan bagian dari proyek akhir yang disusun sebagai salah satu syarat kelulusan program studi D-IV teknologi rekayasa perancangan manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Laporan akhir ini berjudul “STUDY KELAYAKAN KOMPOSIT POLIMER (PLASTIK BEKAS) DENGAN PENGUAT AEROSIL UNTUK MENGHASILKAN FILAMEN 3D PRINTER”, yang didalamnya terdapat tujuan, materi, pembahasan dan hasil, dan lain-lain dari proyek akhir yang saya kerjakan.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah terlibat dalam terselesaikannya proyek akhir ini kepada :

1. Tuhan yang Maha Esa atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan kepada penulis.
2. Kepada kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Bangka Belitung.
4. Bapak Sugianto, S.T., M.T. selaku pemimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam proses pengerjaan proyek akhir dan penyusunan laporan proyek akhir ini.
5. Bapak Idiar, S.S.T., M.T. selaku pemimbing II yang telah memberikan saran dan masukan dalam proses pengerjaan proyek akhir dan penyusunan laporan proyek akhir ini.

6. Seluruh staf pengajar di Politeknik Manufaktur Bangka Belitung.
7. Rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dan mendukung penulis dalam proses pengerjaan proyek akhir dan penyusunan laporan proyek akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini karena keterbatasan pengetahuan dan keterampilan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang terlibat untuk memperbaiki dan mengembangkan lebih lanjut makalah ini di masa mendatang. Penulis berharap makalah ini dapat bermanfaat khususnya bagi yang berminat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.



Sungailiat, 3 juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Material Komposit Polimer	4
2.2 Karakteristik Plastik Daur Ulang.....	4
2.3 Aerosil Sebagai Penguat.....	5
2.4 Proses Pembuatan Filamen Komposit	5
2.5 Karakterisasi Sifat Filamen	6
2.6 Penelitian Terdahulu.....	7
2.7 Uji tarik ASTM D 638.....	8
2.8 Uji Impact.....	9
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Flowchart Rancangan Penelitian Proyek Akhir.....	10
3.2 Flowchart	11
3.3 Studi Literatur.....	11
3.4 Pengumpulan Bahan Baku.....	11
3.5 Persiapan Bahan dan Alat.....	11
3.5.1 Botol plastik bekas	11

3.5.2 Aerosil	12
5.5.3 Timbangan Digital	12
3.5.4 Kompor Listrik	13
3.5.5 Cetakan Spesimen Uji Tarik.....	14
3.5.6 Cetakan Spesimen Uji Impact	14
3.6 Validasi Bentuk dan Dimensi	16
3.7 Pengujian Karakteristik Filamen	16
3.8 Analisa Data Pengujian dan Kelayakan Filamen	16
3.9 Kesimpulan.....	16
BAB IV PEMBAHASAN	17
4.1 Alur Proses Spesimen Uji.....	17
4.1.1 Pengumpulan botol plastik bekas	17
4.1.2 Pembuatan Spesimen Uji.....	17
4.2 Pengujian Spesimen Uji dan Hasil Pengujian	18
4.2.1 Uji Tarik ASTM D-638	18
4.2.3 Uji Impact.....	25
4.2.4 Novelty Kebaruan.....	28
BAB V PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D 638	8
Gambar 2. 2 Dimensi Sepesimen Uji Impact ASTM D 256	9
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i>	10
Gambar 3. 2 Botol Plastik Bekas.....	12
Gambar 3. 3 <i>Aerosil</i>	12
Gambar 3. 4 Timbangan Digital.....	13
Gambar 3. 5 Kompor Listrik	13
Gambar 3. 6 Cetakan Spesimen Uji Tarik.....	14
Gambar 3. 7 Cetakan Spesimen Uji tarik	14
Gambar 3. 8 Mesin Uji Tarik.....	16
Gambar 3. 9 Mesin Uji Impact	16
Gambar 4. 1 Spesimen Uji.....	18
Gambar 4. 2 Proses Uji Tarik	18
Gambar 4. 3 Grafik Kekuatan Tarik 30gr rPET aerosil 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr	22
Gambar 4. 4 Grafik Elongasi 30gr rPET aerosil 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr	22
Gambar 4. 5 Grafik Modulus Elastisitas 30gr rPET aerosil 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr.....	23
Gambar 4. 6 Hasil Uji Impact.....	25
Gambar 4. 7 Uji Impact	25
Gambar 4. 8 Grafik impact strengh 15gr rPET Aerosil 0gr, 0,75gr, 1,5gr, 2,25gr	26

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Komposisi Campuran PET dan Aerosil Uji Tarik.....	15
Tabel 3. 2 Komposisi Campuran PET dan Aerosil Uji Impact	15
Tabel 4. 1 Data Nilai Kekuatan Tarik.....	19
Tabel 4. 2 perbandingan dengan karakteristik 3D standar yang digunakan	24
Tabel 4. 3 data nilai ketangguhan material impact.....	25
Tabel 4. 4 kelayakan untuk filamen 3D.....	27
Tabel 4. 5 Perbandingan dengan filamen standar (PLA, ABS, PETG).....	27
Tabel 4. 6 Perbandingan Standar dan Hasil penelitian.....	28



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Foto Proses Pembuatan Sampel

Lampiran 3 : Hasil Uji Trik ASTM D 638



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik merupakan bahan yang dianggap tidak bernilai atau tidak berguna untuk penggunaan umum maupun khusus dalam proses produksi atau pemakaian barang, termasuk juga material yang cacat saat proses manufaktur atau bahan yang berlebih dan dibuang. Salah satu jenis sampah yang perlu mendapat perhatian serius adalah sampah plastik. Hal ini dikarenakan plastik banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dalam pembuatan berbagai perlengkapan yang dibutuhkan sehari-hari, sehingga menimbulkan akumulasi sampah dalam jumlah yang sangat besar (Sumardiyanto et al., 2021).

Salah satu metode untuk mengurangi limbah plastik adalah melalui proses daur ulang. Saat ini, banyak komponen alat yang terbuat dari material plastik diproduksi menggunakan teknologi 3D printer. Dalam pembuatan prototipe dengan 3D printer, bahan yang umum dipakai adalah filament plastik jenis PLA (PolyLactic Acid). Proses pembuatan prototipe ini sering mengalami kegagalan, dan juga terdapat sisa filament dari bagian utama prototipe saat tahap finishing, yang kemudian menumpuk menjadi limbah. Filament sisa dari bagian penyangga (support) dan hasil cetak yang gagal ini dapat diolah kembali untuk digunakan ulang karena menggunakan bahan yang sama (Hanafi et al., 2022).

Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan metode eksperimen pencampuran bahan *Polypropylene* dan ABS dengan menguji nilai rasio pengembangan pada hasil pencetakan filamen dan pengujian tarik benda uji. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini antara lain penambahan ABS dan GF ke dalam PP efektif mengurangi rasio pembengkakan, meningkatkan stabilitas dimensi. Namun kekuatan tarik spesimen komposit mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan dengan PP dan ABS murni (Andika et al., 2024).

Penggunaan dan pengolahan limbah plastik menjadi semakin penting dalam mengatasi tantangan lingkungan global di era digital. Teknologi digital seperti aplikasi pengumpulan sampah dan pencetakan 3D menawarkan solusi inovatif untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang dikirim ke tempat pembuangan sampah. Cara ini akan mengeksplorasi berbagai cara untuk memproses sampah plastik, termasuk mendorong partisipasi masyarakat dalam pengumpulan sampah, dan inovasi Fila PET, yang mengubah sampah botol plastik menjadi filamen untuk printer 3D. Selain itu juga, pemanfaatan limbah plastik dalam produksi paving blok juga menunjukkan potensi untuk menghasilkan produk yang bermanfaat dan ramah lingkungan. Ini juga menyoroti pentingnya kesadaran publik untuk menciptakan masa depan yang lebih berkelanjutan dengan fokus pada ekonomi sirkular, dan peran generasi muda dalam pendidikan dan inovasi. Pengolahan sampah plastik dan pencetakan 3D menghadirkan tantangan teknis, namun upaya kolaboratif antara teknologi, masyarakat, dan kebijakan yang mendukung dapat menghasilkan solusi berkelanjutan (Imtiaz et al., 2020).

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan dasar pembuatan filamen untuk 3D printer yang layak secara teknis dan fungsional. Dalam hal ini, perlu dikaji apakah plastik bekas dapat dijadikan komposit polimer yang mampu memenuhi standar kualitas filamen cetak 3D. Penambahan bahan penguat seperti Aerosil diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal dari filamen yang dihasilkan. Oleh karena itu, penting untuk dianalisis bagaimana pengaruh penambahan Aerosil terhadap kekuatan tarik, stabilitas dimensi, dan kualitas permukaan hasil cetakan. Selain itu, perlu ditinjau sejauh mana komposit plastik bekas dengan penguat Aerosil dapat menjadi solusi yang berkelanjutan dalam mengatasi permasalahan limbah plastik, sekaligus memenuhi kebutuhan material untuk teknologi manufaktur aditif seperti pencetakan 3D. Studi ini juga akan mengevaluasi kelayakan penggunaan filamen hasil olahan tersebut dalam proses pencetakan 3D, baik dari sisi teknis maupun potensi aplikatifnya di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana kelayakan komposit polimer plastik bekas dengan bahan penguat karbon aktif untuk menghasilkan filamen 3D.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan dari material komposit polimer plastik bekas dengan bahan penguat karbon aktif sebagai bahan filamen 3D.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Material Komposit Polimer

Komposit polimer merupakan gabungan antara matriks polimer (plastik) dan bahan penguat (filler) untuk meningkatkan sifat mekanik, termal, atau kimia. Dalam konteks ini, matriksnya adalah plastik bekas (misalnya PET, PLA, atau ABS daur ulang), sedangkan penguatnya adalah aerosil (silika pirogenik). Teori komposit menjelaskan bahwa dispersi filler dalam matriks akan memengaruhi kekuatan tarik, kekakuan, dan stabilitas termal. Interaksi antarmuka antara polimer dan aerosil sangat kritis ikatan yang kuat akan meningkatkan transfer beban dan mengurangi risiko kegagalan material (Dhanasekar et al., 2022)

Polimer termoplastik seperti PET (*Polyethylene Terephthalate*) kerap digunakan sebagai matriks dalam pembuatan filamen untuk pencetakan 3D karena kemampuannya untuk dilelehkan dan dicetak ulang. PET hasil daur ulang (PET) menjadi pilihan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Kumar et al., 2023).

2.2 Karakteristik Plastik Daur Ulang

Produksi sampah terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk yang bertambah. Faktor-faktor seperti peningkatan populasi, industrialisasi, urbanisasi, dan perkembangan ekonomi menyebabkan jumlah limbah padat perkotaan meningkat secara signifikan di seluruh dunia. Salah satu jenis limbah yang menjadi perhatian utama adalah sampah plastik. Sampah plastik menyumbang sekitar 15% dari total produksi sampah, dengan tingkat pertumbuhan rata-rata mencapai 14,7% per tahun, menjadikannya penyumbang limbah terbesar kedua setelah sampah organik (Marisma et al., 2023). Namun, secara nyata, produksi sampah plastik di Indonesia tergolong sangat besar karena total produksi sampah di Indonesia mencapai sekitar 189 ribu ton per hari, yang jauh melampaui jumlah di negara-negara lain di Asia Tenggara. Secara umum, sampah plastik memiliki komposisi sebagai berikut.

- 1 16% *Polystyrene* (PS),
- 2 16% *Polypropylene* (PP),
- 3 5% *Polyethylene Terephthalate* (PET),
- 4 46% *Polyethylene* (HDcPE dan LDPE),
- 5 7% *Polyvinyl Chloride* (PVC),
- 6 5% *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene* (ABS)

2.3 Aerosil Sebagai Penguat

Aerosil, atau silika amorf berukuran nano, merupakan bahan aditif yang banyak digunakan untuk memperkuat komposit berbasis polimer. Aerosil memiliki luas permukaan yang tinggi sehingga mampu meningkatkan kekuatan mekanik, modulus elastisitas, serta ketahanan terhadap suhu tinggi (Wang et al., 2020).

Penggunaan aerosil sebagai filler/pengisi dalam komposit dapat meningkatkan kekuatan mekanik seperti kekuatan tarik dan impact. Aerosil atau fumed silica ini berfungsi untuk membuat material komposit menjadi lebih keras namun tetap lentur. Contohnya, pada penelitian komposit fiberglass, penambahan aerosil sebesar 25% dari total berat komposit meningkatkan tegangan tarik hingga 26,46 MPa dan tegangan impak sebesar 0,241 J/mm². Aerosil juga banyak digunakan sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit polyester dan fiberglass (Farianto Fachruddin et al., 2021).

2.4 Proses Pembuatan Filamen Komposit

Additive manufacturing adalah proses pembuatan objek tiga dimensi secara bertahap dengan mengekstrusi dan menumpuk material lapis demi lapis berdasarkan desain digital dari perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD). Salah satu teknik yang paling umum digunakan dalam 3D printing adalah fused deposition modeling (FDM). Pada metode ini, filamen plastik dipanaskan hingga meleleh melewati suhu rekristalisasi, lalu dikeluarkan melalui nozzle dan dibentuk secara bertahap lapisan demi lapisan melalui gerakan relatif antara nozzle dan meja cetak. FDM sangat populer karena kemudahan pengoperasian, biaya

operasional yang rendah, dan ramah lingkungan, sehingga sering dipakai untuk pembuatan prototipe dalam berbagai aplikasi industri. Teknologi ini memungkinkan pembuatan objek dengan bentuk yang kompleks secara cepat dan efisien. Salah satu penerapan pentingnya adalah di bidang kesehatan, terutama dalam pembuatan implan biomedis. Dengan teknik FDM, implan atau jaringan tubuh dapat dibuat menyerupai bentuk organ asli pasien berdasarkan data hasil pemindaian *Computed Tomography* (CT-Scan). Untuk itu, diperlukan material biomedis alternatif yang kompatibel dengan proses FDM, bersifat *biodegradable*, tidak beracun, dan memiliki sifat mekanik yang sesuai standar medis (Oktavian et al., 2021).

2.5 Karakterisasi Sifat Filamen

Karakterisasi sifat filamen merupakan langkah penting dalam evaluasi kualitas dan performa filamen yang dihasilkan dari komposit polimer, khususnya yang terbuat dari plastik bekas yang diperkuat dengan Aerosil. Karakterisasi ini bertujuan untuk memahami bagaimana penambahan Aerosil mempengaruhi sifat mekanik, fisik, dan reologi dari filamen, serta untuk menentukan kelayakan penggunaannya dalam aplikasi pencetakan 3D. Salah satu aspek utama yang dinilai adalah sifat mekanik filamen, terutama kekuatan tarik, yang sangat penting untuk menentukan kekuatan dan ketahanan produk akhir yang dicetak. Uji tarik dilakukan untuk mengukur kemampuan filamen menahan beban tarik sebelum mengalami kegagalan. Pengujian ini biasanya menggunakan Universal Testing Machine (UTM) dengan standar pengujian seperti ASTM D638 atau ISO 527, yang menghasilkan data nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan elongasi putus. Kekuatan tarik yang tinggi menunjukkan bahwa filamen memiliki kemampuan menghasilkan objek cetakan yang kuat dan tahan lama. Dengan demikian, uji tarik menjadi metode utama dalam karakterisasi mekanik filamen plastik bekas yang diperkuat menggunakan Aerosil, memberikan gambaran penting tentang efektivitas penambahan filler tersebut dalam meningkatkan performa mekanik filamen untuk aplikasi manufaktur aditif (Oviedo et al., 2020).

Filamen yang digunakan dalam proses 3D printing, seperti *Polylactic Acid (PLA)*, *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*, *Polyvinyl Alcohol (PVA)*, dan *Polyamide (Nylon)*, memiliki beragam karakteristik. PLA dikenal karena memiliki sifat mekanik dan kimia yang baik, serta bersifat ramah lingkungan, biodegradable, dan tidak beracun. Namun, PLA murni masih memiliki keterbatasan dalam hal kekuatan, stabilitas termal, dan sifat listrik, sehingga membatasi penggunaannya. Untuk meningkatkan performa mekanik PLA, diperlukan teknik modifikasi, salah satunya dengan membuat komposit PLA yang diperkuat menggunakan bahan tambahan seperti *Carbon Nano Tube (CNT)*. CNT merupakan material karbon berukuran nano yang memiliki stabilitas termal dan listrik yang tinggi serta kekuatan yang melebihi baja karbon. Penambahan CNT ke dalam PLA dapat memperbaiki sifat material, termasuk stabilitas termal dan elektrikalnya. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi filamen komposit PLA/CNT sebagai bahan baku untuk 3D printing dengan metode Fused Deposition Modeling (FDM) menggunakan mesin ekstrusi single screw. Selain itu, penelitian ini juga akan mengevaluasi sifat fisik dan mekanik filamen komposit PLA/CNT serta membandingkannya dengan filamen PLA murni untuk menilai keberhasilan modifikasi. Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran karakteristik filamen komposit PLA/CNT dan menentukan parameter optimal dalam proses ekstrusi filamen, yang nantinya dapat menjadi acuan dalam pembuatan material untuk 3D printing (Dicky et al., 2021).

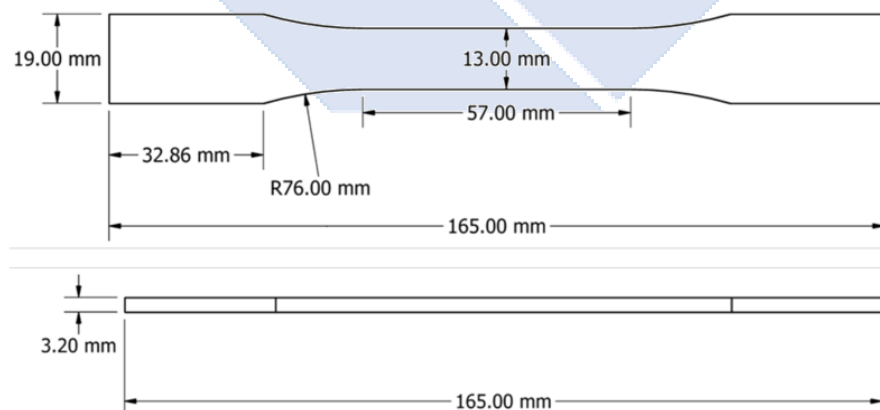
2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan limbah plastik PET daur ulang yang dicampur dengan resin polyester sebagai matriks, lalu diperkuat dengan serat fiberglass dan tambahan aerosil sebagai pengisi. Metode pembuatan komposit ini menggunakan teknik *hand lay-up* dengan perbandingan resin dan serat fiberglass sekitar 78,2% : 21,8%. Aerosil berfungsi meningkatkan kekerasan dan keuletan komposit sehingga material menjadi lebih tahan retak dan pecah. Spesimen diuji menggunakan Universal Testing Machine (UTM) berdasarkan standar ASTM D638, yang menghasilkan nilai kekuatan tarik yang mencerminkan kemampuan

material menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat fiberglass dan filler aerosil dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit secara signifikan, dengan nilai hingga sekitar 17,31 MPa, lebih tinggi dibandingkan komposit berbasis serat PET murni atau HDPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan aerosil dapat memperbaiki kekuatan dan ketahanan beban komposit PET, sehingga material ini dapat diaplikasikan untuk manufaktur komponen otomotif seperti spoiler kendaraan sebagai alternatif ramah lingkungan dari limbah PET (Budhi Martana et al., 2023).

Penelitian terkait mengenai pengaruh penambahan *hybrid* bubuk, serat daun kelapa, aerosil pada komposit matriks polimer diperkuat serat daun nanas dan serbuk arang tempurung kelapa yang telah dilakukan oleh Harijono et al. pengujian menggunakan metode drop test dengan pendulum 0,5 kg dari ketinggian 3 meter dengan ketebalan 3 mm. Hasilnya, spesimen dengan perbandingan volume serat daun nanas dan serbuk arang 10%, 30%. Sebaliknya, komposit dengan komposisi 30% serat daun nanas dan 10% serbuk arang menunjukan ketahanan terbaik, hanya membentuk kawah kecil pada permukaan tanpa lubang. Dengan demikian, semakin tinggi fraksi serat daun nanas, semakin baik kekuatan impak komposit yang dihasilkan (Harijono et al., 2024).

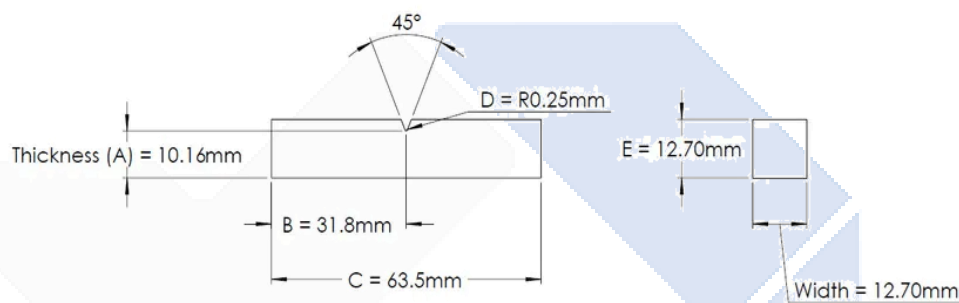
2.7 Uji tarik ASTM D 638



Gambar 2. 1 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D 638

Uji tarik ASTM D638 adalah metode standar yang digunakan untuk mengukur sifat mekanik plastik, termasuk kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan elongasi, dengan menggunakan spesimen berbentuk dumbbell yang ditarik hingga putus pada kecepatan dan kondisi lingkungan tertentu; pengujian ini menghasilkan data tegangan-regangan yang menggambarkan perilaku material di bawah beban tarik, serta menentukan nilai penting seperti tegangan tarik maksimum, titik luluh, dan rasio Poisson, yang sangat berguna dalam kontrol kualitas, pengembangan produk, dan desain komponen plastik (ZwickRoell, 2008).

2.8 Uji Impact



Gambar 2. 2 Dimensi Sepesimen Uji Impact ASTM D 256

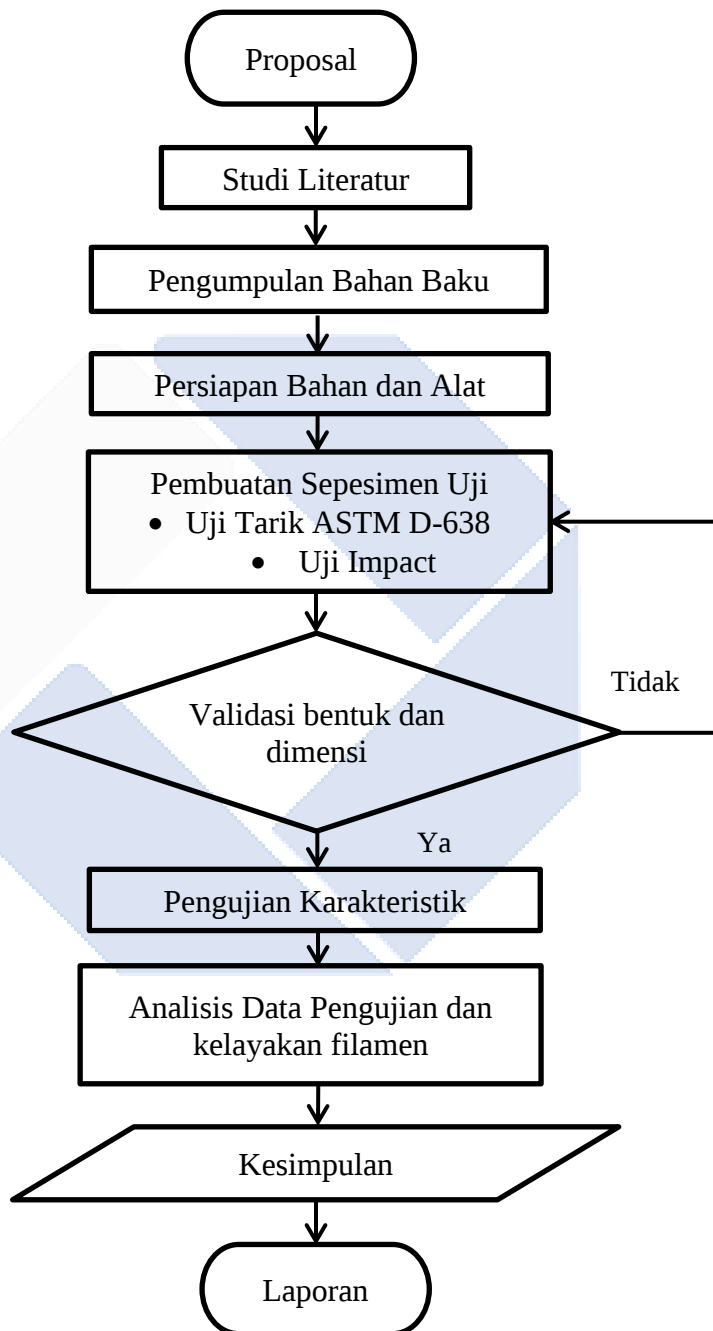
Uji impact ASTM D256 adalah metode standar untuk mengukur ketahanan benturan plastik menggunakan metode Izod, di mana spesimen berlekuk dijepit pada satu sisi dan dipukul oleh bandul pendulum yang berayun sehingga menyebabkan patah ketangguhan atau kemampuan material menyerap energi benturan pada laju regangan tinggi; energi yang diserap spesimen selama patah tersebut dihitung sebagai ukuran (ZwickRoell, 2008).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Flowchart Rancangan Penelitian Proyek Akhir

Di bawah ini disajikan diagram alir (flowchart) yang menggambarkan rancangan penelitian proyek akhir, diikuti dengan penjelasan yang terdapat setelah diagram tersebut.



Gambar 3. 1 *Flowchart*

3.2 Flowchart

Setelah menampilkan flowchart rancangan penelitian proyek akhir pada halaman sebelumnya, berikut ini adalah penjelasan terkait flowchart tersebut.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian proyek akhir dilakukan dengan mengumpulkan referensi dari berbagai sumber. Salah satu tujuan utama dari studi literatur ini adalah untuk menyediakan landasan teori yang mendukung serta sebagai acuan untuk mengetahui penelitian-penelitian yang telah dan belum dilakukan sebelumnya.

3.4 Pengumpulan Bahan Baku

Dalam proyek akhir ini terdapat identifikasi parameter yang telah ditentukan. Maksud dari identifikasi parameter, agar proyek akhir yang dilakukan dapat terarah dan sesuai dengan tujuan atau target yang telah ditentukan.

Dibawah ini merupakan parameter yang ada dalam penelitian proyek akhir

- Bahan yang digunakan = botol plastik bekas
- Bahan penguat yang digunakan = aerosil dengan 4 variasi (0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr)
- Suhu panas yang digunakan = 180°
- Pengujian spesimen uji dengan uji tarik dan uji *impact*

3.5 Persiapan Bahan dan Alat

Dalam penelitian proyek akhir ini, terdapat beberapa bahan dan peralatan yang digunakan, serta langkah-langkah yang dilakukan terhadap peralatan dan bahan tersebut selama pelaksanaan proyek.

3.5.1 Botol plastik bekas

Botol plastik yang digunakan berasal dari botol bekas yang sudah tidak terpakai atau dibuang. Berikut ini adalah gambar dari botol plastik bekas tersebut:



Gambar 3. 2 Botol Plastik Bekas

3.5.2 *Aerosil*

Dalam pembuatan spesimen uji tarik digunakan *aerosil* yang di campurkan dengan lelehan botol plastik bekas yang digunakan sebagai penguat, disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. 3 *Aerosil*

5.5.3 **Timbangan Digital**

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat dari alat dan bahan proyek akhir seperti botol plastik bekas yang sudah di cacah dan aerosil. disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. 4 Timbangan Digital

3.5.4 Kompor Listrik

Kompor listrik digunakan untuk mencairkan botol plastik bekas dengan suhu yang telah ditentukan, di dalam penelitian proyek akhir ini mungkinkan kompor listrik untuk bisa menentukan suhu yang telah ditentukan. Berikut ini merupakan gambar kompor listrik :



Gambar 3. 5 Kompor Listrik

3.5.5 Cetakan Spesimen Uji Tarik

Cetakan untuk spesimen uji tarik yang digunakan mengikuti standar ASTM D-638. Cetakan ini terbuat dari bahan silikon. Di bawah ini ditampilkan gambar dari cetakan spesimen uji tarik tersebut:



Gambar 3. 6 Cetakan Spesimen Uji Tarik

3.5.6 Cetakan Spesimen Uji Impact

Cetakan untuk spesimen uji impact yang digunakan dibuat sesuai dengan standar pengujian impact. Cetakan ini terbuat dari bahan silikon. Berikut adalah gambar dari cetakan spesimen uji impact tersebut:



Gambar 3. 7 Cetakan Spesimen Uji tarik

Pembuatan spesimen uji adalah proses pembuatan sampel uji menggunakan bahan dan peralatan yang telah ditetapkan, dengan cetakan yang disesuaikan berdasarkan dimensi dan ukuran spesimen uji tarik menurut standar ASTM D-638 serta spesimen uji impact. Filamen yang akan dibuat memiliki variasi 0gr, 1,5gr, 3gr, dan 4,5gr, untuk variasi 0gr tidak ada penambahan penguat arosil (rPET murni) untuk melihat perbandingan dari data hasil variasi aerosil 1,5gr, 3gr, dan 4,5gr. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan dari aerosil terhadap sifat mekanik dan fisik dari filamen yang dihasilkan.

Dalam pembuatan spesimen uji, digunakan beberapa bahan dan alat, antara lain bahan berupa botol plastik bekas yang telah dicacah serta aerosil, sedangkan alat yang dipakai meliputi timbangan digital, kompor listrik, cetakan untuk spesimen uji tarik dan uji impact, serta peralatan pendukung lainnya. Proses pembuatan spesimen dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku melalui tahapan-tahapan yang telah ditetapkan. Berikut ini disajikan tabel penggunaan botol plastik bekas dan bahan penguat aerosil:

Tabel 3. 1 Komposisi Campuran PET dan Aerosil Uji Tarik

Kode Sample	Berat rPET g	Berat Aerosil gr	Total Campuran
Sempel 1 rPET	30	1,5	31,5
Sempel 2 rPET	30	3	33
Sempel 3 rPET	30	4,5	34,5

Tabel 3. 2 Komposisi Campuran PET dan Aerosil Uji Impact

Kode Sample	Berat rPET g	Berat Aerosil gr	Total Campuran
Sempel 1 rPET	15	0,75	15,75
Sempel 2 rPET	15	1,5	16,5
Sempel 3 rPET	15	2,25	17,25

3.6 Validasi Bentuk dan Dimensi

Validasi bentuk dan dimensi spesimen pada uji tarik bertujuan untuk memastikan bahwa spesimen di uji sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh ASTM D638, sehingga hasil pengujian dapat dipercaya dan konsisten.

3.7 Pengujian Karakteristik Filamen

Pengujian spesimen dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik dari sampel yang telah dibuat, sesuai dengan standar spesimen uji tarik ASTM D-638 serta spesimen uji *impact*.

Pengujian tarik terhadap spesimen uji tarik ASTM D-638 dan spesimen uji *impact* yang dilakukan di Politeknik Mnuufaktur Negeri Bangka Belitung.



Gambar 3. 9 Mesin Uji Tarik



Gambar 3. 8 Mesin Uji Impact

3.8 Analisa Data Pengujian dan Kelayakan Filamen

Analisis data pengujian dilakukan setelah tahap pengujian selesai, di mana data yang diperoleh dari pengujian dikumpulkan, diolah, dan dianalisis. Proses analisis ini dapat mencakup penilaian terhadap seberapa besar peningkatan kekuatan botol plastik bekas setelah penambahan bahan penguat, berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh.

3.9 Kesimpulan

Langkah berikutnya setelah melakukan analisis data pengujian adalah menyusun kesimpulan dan memberikan saran.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Alur Proses Spesimen Uji

Alur proses pembuatan spesimen uji terdiri dari serangkaian langkah yang dilakukan untuk menghasilkan spesimen uji tarik dan impact. Tahapan tersebut meliputi pengumpulan botol plastik bekas, pembersihan dan persiapan bahan, pencampuran dengan aerosil, pelelehan pada suhu 180°, pencetakan, serta pembuatan spesimen uji. Di bawah ini disajikan diagram alur proses pembuatan spesimen uji yang dimaksud:

4.1.1 Pengumpulan botol plastik bekas

1. Pertama, mencari botol bekas dilokasi yang telah diketahui keberadaanya.
2. Kemudian botol plastik bekas di cuci dengan air bersih dan dikeringkan.
3. Setelah itu dilakukan pemotongan atau di cacah hingga kecil.
4. Proses 1 sampai 3 dapat dilakukan berulang hingga botol plastik bekas terkumpul sesuai dengan ketentuan yang diinginkan.

4.1.2 Pembuatan Spesimen Uji

1. Botol plastik bekas yang sudah di cacah di timbang sesuai dengan bahan penguat aerosil dan di leleh menggunakan kompor listrik yang bersuhu 180° dan di campur dengan bahan penguat aerosil sebanyak 0gr, 1,5gr, 3gr, dan 4,5gr dan bisa dilihat dari tabel 3.1 dan tabel 3.2.
2. Setelah spesimen uji selesai dicetak dan telah mencapai bentuk padat sesuai jumlah yang ditetapkan, spesimen tersebut dibiarkan dan disimpan dalam waktu yang cukup agar menjadi padat dan keras, sehingga siap untuk dilakukan pengujian.

4.2 Pengujian Spesimen Uji dan Hasil Pengujian

Jumlah spesimen uji yang diuji sebanyak 24 buah, terdiri dari 12 spesimen untuk uji tarik sesuai standar ASTM D-638 dan 12 spesimen untuk uji *impact*.

4.2.1 Uji Tarik ASTM D-638

Gambar proses pengujian tarik, spesimen uji tarik setelah pengujian selesai, serta data hasil pengukuran kekuatan tarik pada komposit botol plastik bekas dapat dilihat pada bagian berikut:



Gambar 4. 2 Proses Uji Tarik



Gambar 4. 1 Spesimen Uji

Data pada pengujian uji tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik maksimum, regangan dan modulus elastisitas, yang ditampilkan pada tabel 4.1 pengujian ini untuk mengetahui kemampuan material gaya tarik, sebelum melakukan pengujian dilakukan penyetingan ukuran dari sampel uji tarik yang akan diuji.

Tabel 4. 1 Data Nilai Kekuatan Tarik

No	Karbon aktif gr	kekuatan tarik (Mpa)		Elongasi %		Modulus Elastisitas	
			Rata Rata		Rata Rata		Rata Rata
1	0	1290	1284	0,55	0,68	6,90	8,54
2	0	1640		0,80		12,0	
3	0	922		0,71		6,72	
4	1,5	2140	1993	0,47	0,44	8,44	7,77
5	1,5	2310		0,51		9,79	
6	1,5	1350		0,34		5,09	
7	3	1340	1623	0,59	0,75	7,14	10,3
8	3	1730		0,81		12,1	
9	3	1800		0,85		11,8	
10	4,5	142	892	0,22	0,39	2,99	4,45
11	4,5	1190		0,30		4,27	
12	4,5	1345		0,65		6,09	

Kekuatan tarik meningkat secara umum dengan penambahan aerosil, dari kisaran 922-1640 Mpa 0gr menjadi 142-1345 4,5gr. Ini menunjukan aerosil berperan sebagai penguat mekanik yang efektif.

Elongasi (%) cenderung bervariasi namun rendah (0,22-0,85) menunjukan bahwa material masih tergolong getas, meskipun ada peningkatan pada beberapa sampel dengan aerosil.

Modulus elastisitas juga menurun dengan penambahan aerosil, dari kisaran 6,72-12 Mpa 0gr menjadi 2,99-6,09 Mpa 4,5gr, menandakan material menjadi lebih kaku.

1. Perbandingan dan analisis data

Hasil rata rata untuk kekuatan tarik dari setiap sampel yaitu 0gr (1284), 1,5gr (1993), 3gr (1623), 4,5gr (892). Kekuatan tarik 1,5 gr aerosil Menunjukkan kekuatan tarik rata-rata tertinggi (1933 MPa), meningkat signifikan sekitar 50% dibandingkan kontrol 0gr aerosil. Ini mengindikasikan bahwa penambahan 1,5 gr aerosil secara efektif memperkuat komposit. 3 gr aerosil Kekuatan tarik sedikit menurun dibandingkan 1,5 gr (1623 MPa), namun masih lebih tinggi dari kontrol (peningkatan sekitar 26%). 4,5 gr aerosil Mengalami penurunan kekuatan tarik yang drastis (892 MPa), bahkan lebih rendah dari komposisi tanpa aerosil, menunjukkan efek negatif atau jenuhnya penambahan aerosil. Kekuatan tarik pada penelitian ini sekitar (922-2310 Mpa) : Nilai tinggi dibanding PETG (40-50) dengan penggunaan plastik bekas dan karbon aktif sebagai bahan baku memberikan nilai tambah dari sisi biaya dan keberlanjutan.

Hasil rata rata untuk setiap sampel yaitu 0gr (0,68%), 1,5gr (0,44%), 3gr (0,75%), 4,5gr (0,39%). Elongasi 3 gr aerosil Memberikan nilai elongasi rata-rata tertinggi (0,75%), sedikit lebih baik daripada kontrol (0,69%). 1,5 gr dan 4,5 gr aerosil Elongasi pada kedua komposisi ini sangat rendah (0,44% dan 0,39%), menunjukkan material menjadi lebih getas. Jauh lebih rendah dibandingkan filamen standar PETG yaitu (10-20%).

Hasil rata rata dari setiap sampel yaitu untuk 0gr (8,54 Mpa), 1,5gr (7,77Mpa), 3gr (10,3 Mpa) ,4,5gr (4,45 Mpa). Modulus elastisitas 3gr aerosil Memberikan modulus elastisitas tertinggi (10,3), mengindikasikan material yang paling kaku. 1,5gr aerosil Sedikit lebih rendah dari kontrol (7,77), menunjukkan sedikit penurunan kekakuan. 4,5gr aerosil Mengalami penurunan modulus elastisitas yang signifikan (4,45), menunjukkan material menjadi kurang kaku dan cenderung lunak.

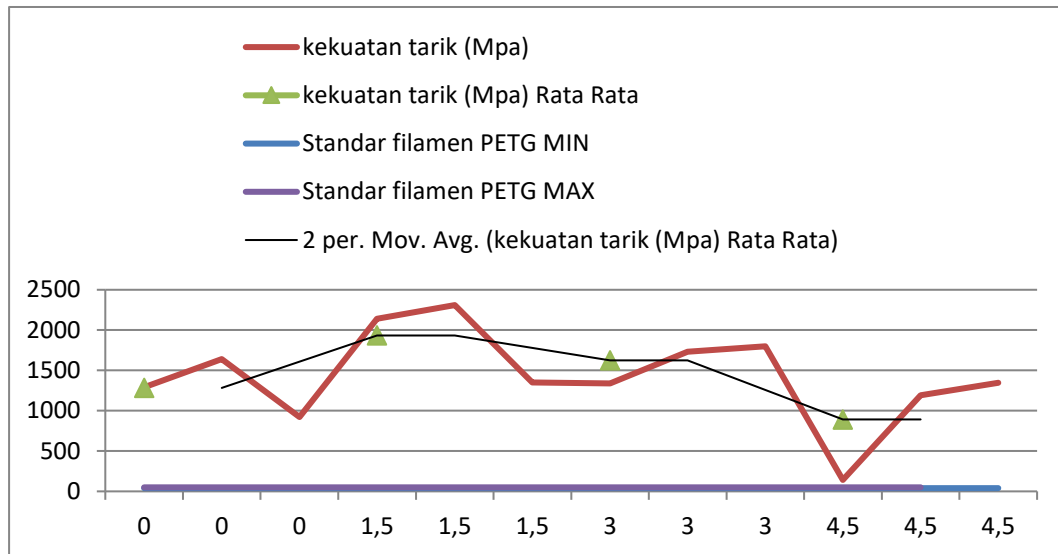
2. Kelayakan untuk filamen 3D printer

Kekuatan tarik Nilai kekuatan tarik yang diperoleh (ratusan hingga ribuan MPa) jauh lebih tinggi dibandingkan standar kekuatan tarik filamen 3D printing pada umumnya, yang berkisar antara 10-100 Mpa (misalnya, PLA/serat alami sekitar 20-30 Mpa, PLA+Sugoi 32,40 Mpa, ABS+ 17,10 Mpa, komposit serat polimer sekitar 11-17 Mpa. Ini menunjukkan bahwa dari segi kekuatan tarik, semua komposisi, kecuali mungkin yang 4,5gr dengan nilai terendah, memiliki potensi.

Elongasi Ini adalah parameter kritis. Elongasi yang sangat rendah pada semua komposisi (<1%) menjadi kendala utama. Filamen 3D printing memerlukan elongasi yang cukup (umumnya di atas 3-6%) agar tidak mudah patah selama proses ekstrusi (saat melewati nozzle) dan juga saat objek tercetak mengalami sedikit deformasi. Komposisi 3gr dengan elongasi 0,75% adalah yang terbaik, namun masih jauh di bawah standar ideal.

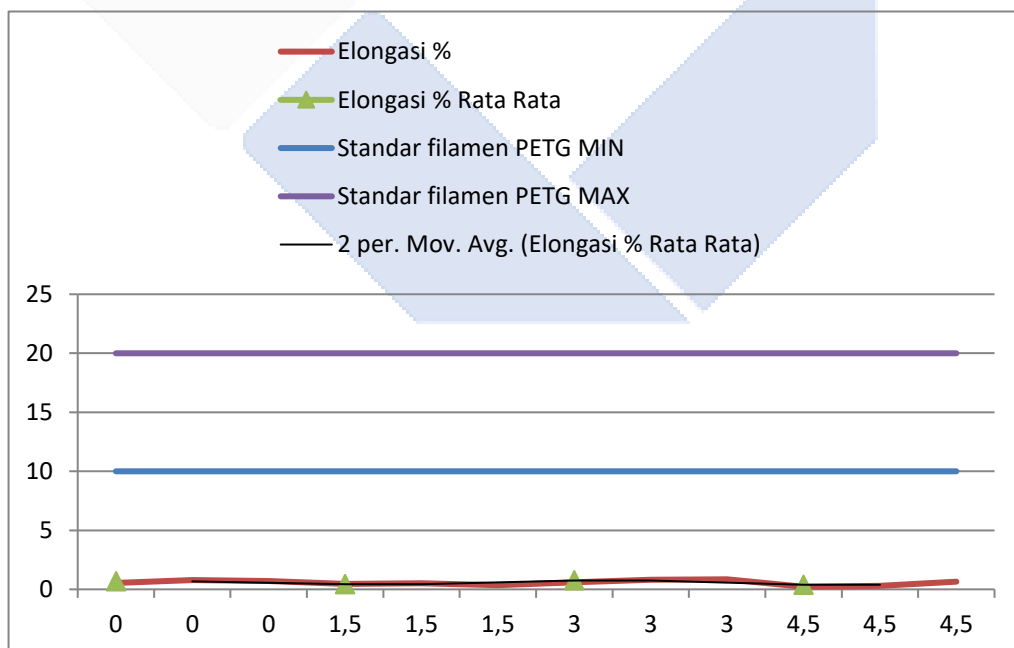
Modulus elastisitas Nilai modulus elastisitas yang tinggi pada 3gr aerosil sangat menguntungkan karena menunjukkan kekakuan yang baik, penting untuk stabilitas dimensional saat pencetakan.

Berdasarkan data uji tarik komposit polimer plastik bekas dengan penguat aerosil, komposisi 3gr aerosil menunjukkan performa mekanik paling seimbang dengan kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi serta elongasi terbaik dibandingkan komposisi lain, sehingga paling layak untuk dijadikan filamen 3D printer. Penambahan 1,5gr aerosil meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan namun elongasi yang rendah berpotensi menyebabkan filamen menjadi rapuh, sementara komposisi 4,5gr aerosil mengalami penurunan drastis pada semua parameter mekanik sehingga tidak layak digunakan. Meskipun demikian, nilai elongasi pada semua komposisi masih relatif rendah, sehingga diperlukan optimasi material, seperti penambahan plasticizer dan peningkatan homogenitas, agar filamen memiliki fleksibilitas yang cukup untuk proses pencetakan 3D yang stabil dan tahan lama.



Gambar 4. 3 Grafik Kekuatan Tarik 30gr rPET aerosil 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr

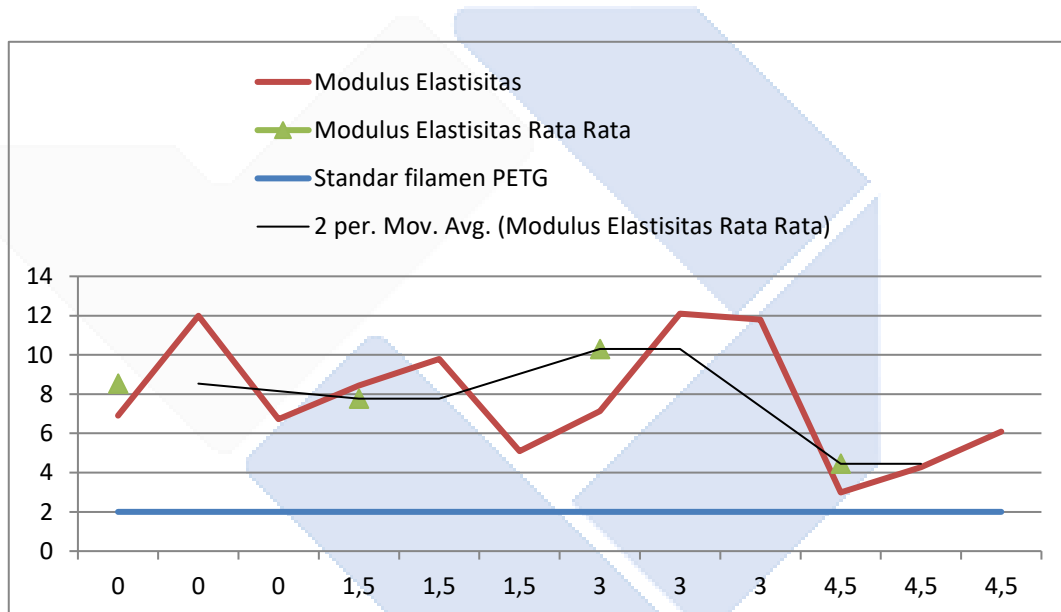
kekuatan tarik tertinggi, mencapai sekitar 2310 MPa, yang menunjukkan efek penguatan paling optimal. Pada komposisi 0gr, kekuatan tarik berada di kisaran 922–1640 MPa, masih tergolong sedang. Sementara pada 3gr, nilai kekuatan tarik menurun meskipun tetap cukup tinggi (1340–1800 MPa). Penurunan tajam terjadi pada 4,5gr, dengan nilai terendah hanya 142 MPa, menandakan bahwa penambahan Aerosil yang berlebihan menurunkan kualitas mekanik material.



Gambar 4. 4 Grafik Elongasi 30gr rPET aerosil 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr

Grafik menunjukkan bahwa nilai elongasi tertinggi terjadi pada komposisi 3gr Aerosil, dengan nilai mendekati 0,85%, menandakan material memiliki fleksibilitas yang baik. Pada komposisi 0gr, elongasi berada di kisaran 0,55–0,80%, cukup stabil namun belum optimal. Penambahan 1,5gr justru menurunkan elongasi menjadi sekitar 0,34–0,51%, yang menunjukkan bahwa pada level ini, material menjadi lebih kaku.

Penurunan paling drastis terjadi pada komposisi 4,5gr, dengan elongasi terendah sekitar 0,22%, mengindikasikan bahwa material menjadi rapuh akibat terlalu banyak penguat. Namun, salah satu sampel pada 4,5gr menunjukkan sedikit peningkatan hingga 0,65%, kemungkinan karena distribusi filler yang lebih merata pada sampel tersebut.



Gambar 4. 5 Grafik Modulus Elastisitas 30gr rPET aerosil 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr

Nilai modulus elastisitas tertinggi terjadi pada komposisi 3gr Aerosil, mencapai sekitar 12, menunjukkan material paling kaku dan tahan deformasi. Komposisi 0gr dan 1,5gr menunjukkan nilai cukup baik, berkisar antara 6,7 hingga 12, dengan kecenderungan meningkat pada 1,5gr. Penurunan signifikan

terjadi pada 4,5gr, di mana modulus turun drastis hingga sekitar 3, yang menandakan penurunan kekakuan material akibat kelebihan filler.

Tabel 4. 2 perbandingan dengan karakteristik 3D standar yang digunakan

Parameter	Komposit Polimer Plastik Bekas + Aerosil	Filamen Standar (PLA, ABS, PETG)
Kekuatan Tarik (Mpa)	Sangat tinggi, 922 – 2310 Mpa (hasil uji)	PLA: 50–70 MPa; ABS: 25–40 MPa; PETG: 40–50 MPa
Elongasi (%)	Sangat rendah, 0,34 – 0,85%	PLA: 6–10%; ABS: 10–30%; PETG: 10–20%
Modulus Elastisitas	Sekitar 5,09 – 12,1	PLA: 3,5 GPa; ABS: 2 GPa; PETG: 2 GPa
Kemudahan Pencetakan	Perlu optimasi, rawan patah karena sifat getas	PLA: mudah dicetak; ABS: butuh suhu tinggi; PETG: stabil dan mudah dicetak
Ketahan Kimia dan Termal	Penguat aerosil dapat meningkatkan kekakuan dan ketahanan termal	PLA: kurang tahan panas; ABS dan PETG: tahan panas dan bahan kimia lebih baik
Aplikasi Potensial	Aplikasi struktural yang memerlukan kekuatan tinggi	Prototipe, komponen fungsional, wadah, mainan, casing

4.2.3 Uji Impact

Gambar proses pengujian impact, spesimen uji impact setelah pengujian selesai, serta data hasil pengukuran kekuatan impact pada komposit botol plastik bekas dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 4. 7 Uji Impact



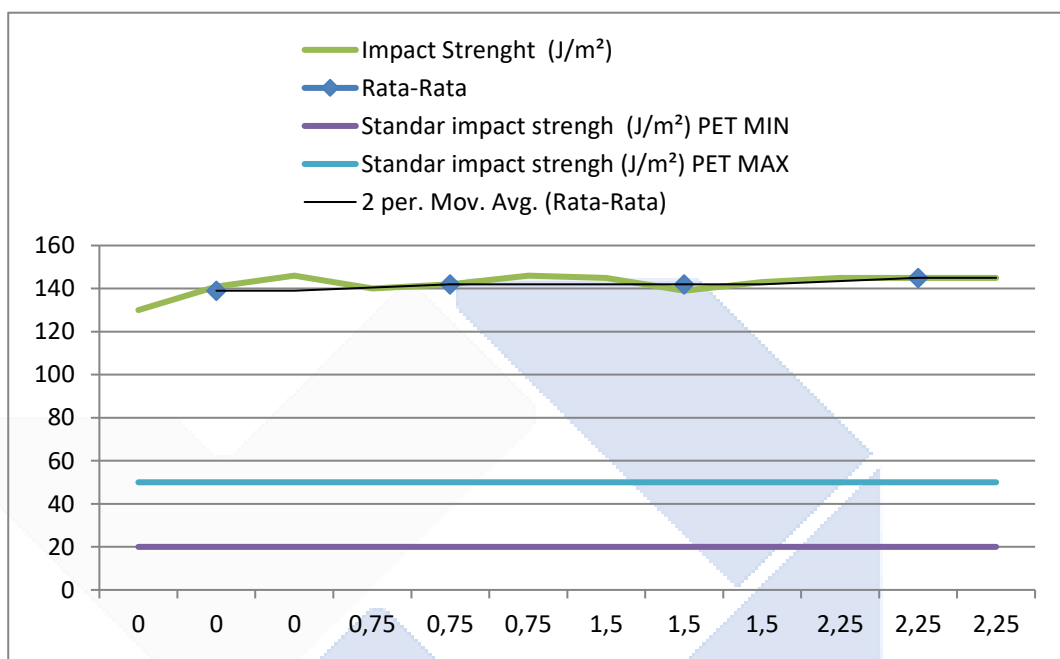
Gambar 4. 6 Hasil Uji Impact

Data nilai ketangguhan material *impact* komposit botol plastik bekas di tampilkan pada Tabel 4.3 yang berisikan nilai ketangguhan material dari setiap spesimen uji *impact* yang telah melalui proses pengujian *impact*.

Tabel 4. 3 data nilai ketangguhan material impact

No	Penguat gr	Impact Strength (kJ/m ²)	Rata rata
1	0	130	139
2	0	141	
3	0	146	
4	0,75	140	142
5	0,75	142	
6	0,75	146	
7	1,5	145	142
8	1,5	139	

9	1,5	143	
10	2,25	145	
11	2,25	145	145
12	2,25	145	



Gambar 4. 8 Grafik impact strenght 15gr rPET Aerosil 0gr, 0,75gr, 1,5gr, 2,25gr

Stabilitas material komposisi 2,25gr menunjukan stabilitas tertinggi dengan nilai *impact strength* identik (145) pada semua sampel. Sedangkan komposisi 0gr dan 1,5gr memiliki fluktuasi signifikan, berisiko menyebabkan ketidakseragaman produk cetak 3D. Pengaruh penambahan aerosil lebih dari 5% mengurangi variabilitas hasil, sedangkan komposisi 2,25gr mencapai homogenitas optimal, diduga karena distribusi partikel aerosil yang merata dalam matriks polimer.

Nilai rata-rata tertinggi adalah 2,25gr aerosil (145),serta kekuatan impact stabil di semua level aerosil menunjukan aerosil tidak menurunkan ketangguhan material. Berikut ini meruapakn tabel kelayakan untuk filamen 3D :

Tabel 4. 4 kelayakan untuk filamen 3D

Parameter	Kelayakan	Alasan
Konsistensi	Layak 2,25gr	Stabilitas maksimal (zero variance) cocok untuk ekstrusi filamen
Kekuatan	Layak	Nilai impact strength lebih dari 139 memenuhi syarat dasar filamen FDM
Komposisi optimum	2,25gr aerosil	Kombinasi kekuatan tinggi dan konsistensi sempurna

Tabel 4. 5 Perbandingan dengan filamen standar (PLA, ABS, PETG)

Parameter	Komposit Plastik Bekas + Aerosil	PLA (Standar)	ABS (Standar)	PETG (Standar)
Impact Strength (kJ/m^2)	130 - 146	20-50 (umumnya rendah)	40-60 (lebih tahan)	30-50 (sedang)
Kekuatan Tarik (Mpa)	1000-1800 (hasil uji)	48-110	25-40	40-50
Elongasi %	0,34-0,85%	6-10%	10-30%	10-20%

Berdasarkan data karakteristik komposit plastik bekas dengan penguat aerosil, material ini menunjukan kekuatan tarik dan impact strength yang sangat tinggi dibandingkan filamen standar seperti PLA, ABS, dan PETG, yang mengindikasikan potensi besar untuk aplikasi struktural yang memerlukan ketahanan mekanik tinggi. Namun, elongasi yang sangat rendah ($<1\%$) menandakan sifat material yang getas dan kurang fleksibel, sehingga berisiko mudah patah saat proses pencetakan 3D, terutama pada tahap ekstrusi filamen. Selain itu, kemudahan pencetakan masih menjadi tantangan karena sifat rapuh tersebut, sehingga perlu optimasi formulasi dan proses produksi agar filamen

dapat memiliki daya lentur yang memadai dan stabil saat digunakan. Keunggulan lain adalah peningkatan ketahanan termal berkat penambahan aerosil, yang memberikan nilai tambah dibandingkan PLA yang memiliki ketahanan panas rendah. Secara keseluruhan, komposit plastik bekas dengan aerosil layak dikembangkan sebagai filamen 3D printer jika dilakukan perbaikan pada aspek fleksibilitas dan proses pencetakan, sehingga dapat memenuhi standar performa filamen komersial sekaligus mendukung keberlanjutan dengan memanfaatkan limbah plastik.

4.2.4 Novelty Kebaruan

Berdasarkan tabel 4.6 dapat dijelaskan bahwa penelitian ini belum layak menjadi filamen 3D karena elongasi jauh lebih rendah dibandingkan PLA/ABS standar, ini menunjukkan bahwa material menjadi lebih rapuh dan kurang lentur, kekurangan kelenturan ini perlu diperhatikan terutama jika digunakan untuk bagian cetakan yang membutuhkan kelenturan atau tidak mudah patah.

Tabel 4. 6 Perbandingan Standar dan Hasil penelitian

No	Parameter	Budhi Martana et al	Standar PLA komersial	Penelitian ini (rPET)
1	Kekuatan Tarik	~17,31 Mpa (ASTM D638)	~60 MPa (ASTM D638)	Rata-rata ~1623 MPa (konversi perlu dikaji)
2	Elongasi	1,46-1,87%	3–10%	0,85%
3	Modulus Elastisitas	Tidak di jelaskan secara rinci	3–4 GPa	10,35 GPa

4	Impact Strength	Tidak di jelaskan secara rinci	20–40 kJ/m ² (standar PLA/ABS)	139–145 kJ/m ² (pada 10–15% Aerosil)
---	-----------------	--------------------------------	---	---

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Aerosil pada komposit plastik bekas mampu memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik material, terutama pada peningkatan modulus elastisitas dan kekuatan impact. Jika dibandingkan dengan standar PLA komersial yang memiliki modulus elastisitas sekitar 3–4 GPa, material hasil penelitian dengan komposisi 1,5gr aerosil mencapai nilai hingga 12,1 GPa, menunjukkan bahwa filamen ini jauh lebih kaku dan stabil secara dimensi. Di sisi lain, meskipun nilai elongasi cenderung menurun seiring meningkatnya kadar Aerosil, kekuatan impact justru menunjukkan kestabilan yang sangat baik, terutama pada komposisi 2,25gr yang menghasilkan nilai impact strength sebesar 145 kJ/m² dengan variasi antar sampel yang nyaris tidak ada. Hal ini menandakan bahwa struktur komposit yang dihasilkan tidak hanya tangguh terhadap benturan, tetapi juga konsisten secara performa. Argumen ini menguatkan bahwa material filamen dari plastik daur ulang yang diperkuat Aerosil memiliki potensi besar untuk digunakan dalam aplikasi cetak 3D struktural, dan sekaligus menjadi solusi inovatif yang ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah plastik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Studi kelayakan rPET berdasarkan data hasil uji tarik belum layak karena elongasi pada penelitian ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan PETG standar, menunjukkan material lebih rapuh dan kurang lentur, ini tidak direkomendasikan untuk bagian fleksibel atau mengalami lenturan berulang, karena nilai elongasi yang sangat rendah berisiko menyebabkan patah atau retak. Studi kelayakan rPET berdasarkan data hasil uji impact untuk nilai *impact strength* tinggi (130-146) memberikan indikasi bahwa benturan yang baik dibandingkan standar, mendukung penggunaan aplikasi yang membutuhkan daya benturan yang kuat.

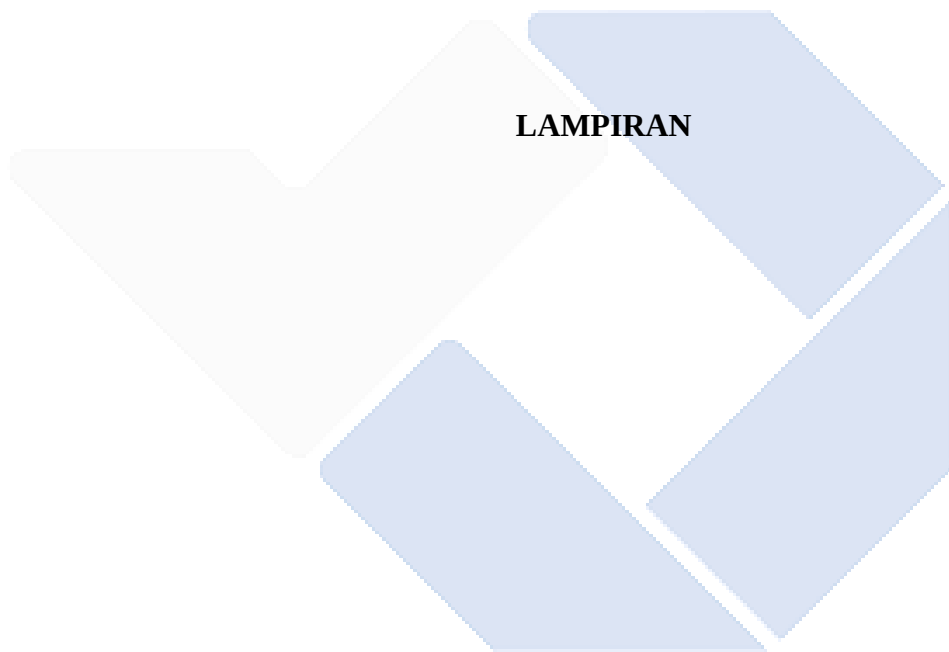
5.2 Saran

Berdasarkan pada penjelasan diatas menjelaskan bahwa elongasi jauh lebih rendah karena dari beberapa sampel menunjukkan material lebih rapuh dan kurang lentur dikarenakan proses pembuatannya tidak konsisten, Untuk mengatasi getas disarankan menambahkan plasticizer atau keuletan agar filamen lebih mudah diproses dan hasil cetak tidak mudah retak. Optimalkan proses pencampuran untuk memastikan karbon aktif tercampur merata, meminimalkan void dan menjaga homogenitas sifat mekanik filamen. Melakukan pengujian lebih lanjut pada parameter lain seperti ketahanan aus dan stabilitas dimensi pada suhu tinggi untuk memperluas aplikasi filamen ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, R., Wibowo, A., & Sari, D. (2024). Pengaruh penambahan ABS dan GF ke dalam PP terhadap rasio pembengkakan dan stabilitas dimensi pada filamen 3D printer. *Jurnal Teknik Mesin*, 18(2), 45-52.
- Budhi Martana, S., Fahrudin, S. P., & Hanif, E. N. (2023). Pengaruh penambahan aerosil pada komposit limbah plastik PET daur ulang berbasis resin polyester dan serat fiberglass untuk aplikasi manufaktur komponen otomotif. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 10(3), 123-130.
- Dicky, F., et al. (2021). Produksi dan karakterisasi filamen komposit PLA/CNT untuk 3D printing menggunakan metode FDM. *Jurnal Material dan Manufaktur*, 12(4), 85-92.
- Harijono, A. F., Hartono. (2024). Pengaruh penambahan bubuk aerosil pada uji drop test material komposit serat daun nanas dan serbuk arang. *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 3(1), 5-10.
<https://doi.org/10.25047/plp.v3i1.4635>
- Hanafi, R., Prasetyo, D., & Suryanto, H. (2022). Daur ulang filamen PLA sisa 3D printing sebagai material baru. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 7(3), 112-119.
- Oviedo, J., et al. (2020). Characterization of filament tensile strength for 3D printing applications. *Journal of Innovation in Applied Technology*, 1(2), 473-480. <https://doi.org/10.33504/jitt.v1i2.16>
- Martana, B., Fahrudin, S. P., & Hanif, E. N. (2020). Kajian kekuatan tekan komponen spoiler berbahan material komposit sampah plastik PET. *Jurnal Sains Terapan*, 8(2), 55-62.
- Andika, R., & Wibowo, A. (2023). Studi kelayakan komposit plastik bekas dengan penguat aerosil untuk filamen 3D printer. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 5(1), 101-110.
- Sari, D., & Prasetyo, D. (2023). Efek penambahan filler aerosil terhadap sifat mekanik filamen plastik daur ulang untuk aplikasi 3D printing. *Jurnal Material Polimer*, 9(4), 200-207.

- Frost, A. A., & Ashby, M. F. (1982). *Material Selection in Mechanical Design* (Pergamon Press).
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (9th ed.). Wiley.
- ASTM International. (2014). ASTM D638-14: Standard test method for tensile properties of plastics. ASTM International.
- ASTM International. (2016). ASTM D256-10: Standard test methods for determining the Izod pendulum impact resistance of plastics. ASTM International.
- Kumar, S., & Singh, R. (2021). Effect of Fiber Reinforcement on Mechanical Properties of Polymer Composite Filaments. *Materials Today: Proceedings*, 45, 1016-1022.
- Silva, C. G., & Gomes, R. (2020). Influence of processing parameters on properties of recycled PLA filaments for 3D printing. *Polymer Testing*, 89, 106615.
- Zhang, F., et al. (2019). Mechanical and thermal characterization of CNT reinforced PLA composites for 3D printing. *Composites Part B: Engineering*, 164, 159-165.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama Lengkap : Zulky khoiri
Tempat Tinggal Lahir : Sempan, 04 januari 2004
Jenis Kelamin : Laki – laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Jl.SINAR RAYA SEMPAN
No. telpon/HP : +62 85768379848
Email : zulkykhoiri@gmail.com



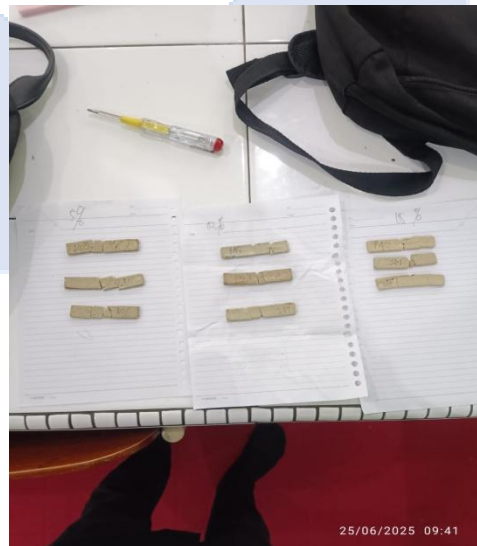
Riwayat Pendidikan

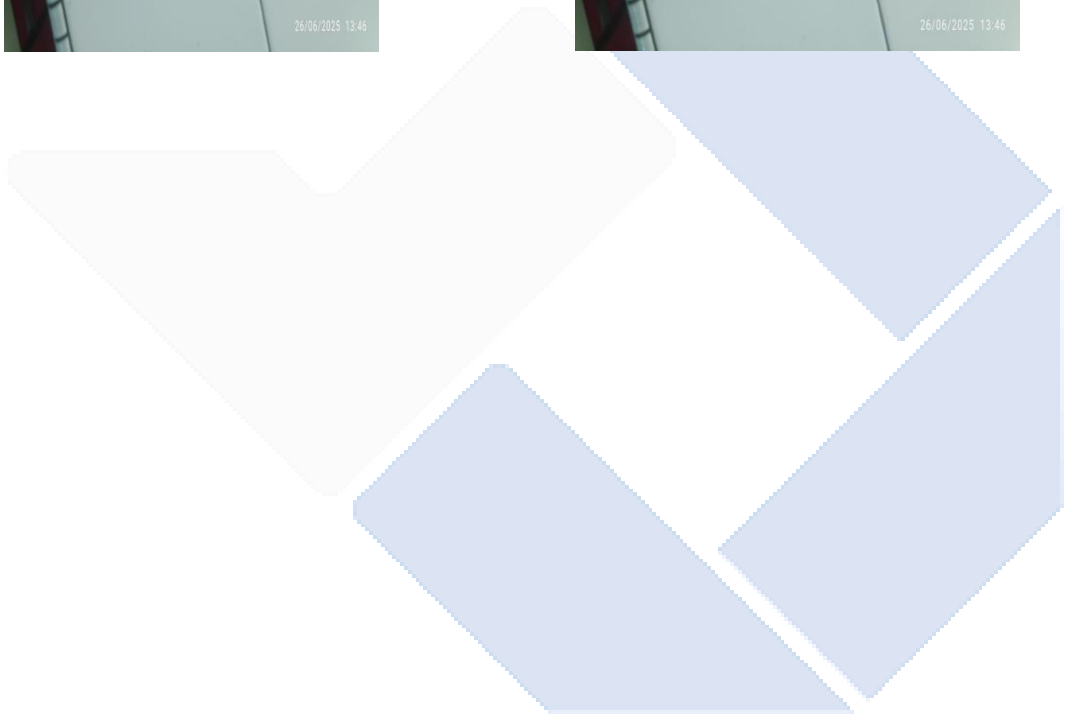
SD N 4 PEMALI : 2010-2016
MTsN 1 Bangka : 2016-2019
SMA N 1 PEMALI : 2019-2022
POLMAN BABEL : 2022- Sekarang

Pengalaman Kerja

PKL (Praktik Kerja Lapangan) PT. Timah Tbk sungailiat

LAMPIRAN 2 : Foto Proses Pembuatan Sampel





LAMPIRAN 3 : Hasil Uji Trik ASTM D 638

