STUDY KELAYAKAN KOMPOSIT POLIMER (PLASTIK BEKAS) DENGAN BAHAN PENGUAT KARBON AKTIF UNTUK MENGHASILKAN FILAMEN 3D

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Disusun Oleh:

Meriatun NIM 1072214

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2025

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

STUDY KELAYAKAN KOMPOSIT POLIMER (PLASTIK BEKAS) DENGAN BAHAN PENGUAT KARBON AKTIF UNTUK MENGHASILKAN FILAMEN 3D

Oleh:

Meriatun / NIM 1072214

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

Menyetujui,

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Sugianto, S.T., M.T	Hasdiansah, S.S.T., M.Eng
Penguji 1	Penguji 2
Dr.Sukanto, S.S.T., M.T	Idiar, S.S.T., M.T.

2025/09/21 14:57

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Meriatun NIM: 1072214

Dengan judul : Study Kelayakan Komposit Polimer(Plastik Bekas) Dengan Bahan Penguat Karbon Aktif Untuk Menghasilkan Filamen 3D

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……

Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1.Meriatun	……

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kelayakan komposit polimer plastik bekas (jenis PET) yang diperkuat dengan karbon aktif sebagai bahan baku pembuatan filamen 3D. Latar belakang pada penelitian ini adalah permasalahan lingkungan akibat akumulasi sampah plastik,khususnya botol PET, serta pengembangan material yang berkelanjutan untuk aplikasi pencetakan 3D. Dalam penelitian ini, plastik jenis PET daur ulang dicampur dengan variasi persentase karbon aktif, Pengujian dilakukan menggunakan standar ASTM D638 untuk uji tarik dan uji impak untuk ketangguhan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh dari karbon aktif terhadap kekuatan tarik, ketangguhan, serta menentukan komposisi optimal karbon aktif untuk menghasilkan filamen 3D berbasis plastik daur ulang dengan kualitas baik

Kata kunci : Komposit, Plastik bekas, Karbon aktif, Filamen 3D, Sifat mekanik, , Daur ulang.

ABSTRAK

This study aims to examine the feasibility of a polymer composit made fromrecycled plastic (specifically PET) reinforced with activated carbon as a raw material for producing 3D printing filament. The bacground of this research is the environmental problem caused by the accumulation of plastic waste, particulary PET bottles,as well as the development of sustainable materials for 3D printing applications.in this study, recycled PET plastic is mixed with varying percentages of activated carbon.Testing is conducted using ASTM D638 standard for tensile testing and impact testing for toughness. The results of this study are expected to provide information about the effect of activated carbon on tensile strengh, toughness, as well as to determine the optimal composition of activated carbon to produce high-quality 3D printing filament based on recycled plastic

Keywords: Composite, recycled plastic, activated carbon , 3D filament, mechanical properties, recycling.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan atas kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Proyek Akhir yang saya ajukan adalah "**STUDY KELAYAKAN KOMPOSIT POLIMER (PLASTIK BEKAS) DENGAN BAHAN PENGUAT KARBON AKTIF UNTUK MENGHASILKAN FILAMEN 3D**"

Proyek akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Doploma IV (D-IV) jurusan Rekayasa Perancangan Manufaktur Bangka Belitung. Pada kesempatan ini, saya juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam penyusunan Proyek akhir ini , diantaranya sebagai berikut :

1. Kepada Allah S.W.T yang selalu membantu hambanya dikeadaan manapun
2. Kepada kedua orang tua tercinta karena atas doa yang telah banyak mendoakan saya hingga dapat menyelesaikan proyek akhir.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph,D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
4. Bapak Sugianto, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 proyek akhir yang telah memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis dengan penuh keikhlasan dan kesabaran selama melaksanakan proyek akhir
5. Bapak Hasdiansah, S.S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing 2 proyek akhir
6. Bapak Idiar, S.S.T., M.T**.** selaku Ko.Prodi dan Dosen Wali Rekayasa Perancangan Manufaktur .
7. Kepada teman seperjuangan yang telah menemani ,membantu dan memberi dukungan kepada penulis hingga titik ini.

Dalam penyusunan Laporan ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu perlunya kritik dan saran yang membangun pada laporan proyek ini

Harapan saya pada laporan proyek akhir ini semoga dapat berguna bagi pihak pihak yang terkait.

Sungailiat, 2025

Meriatun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT iii
ABSTRACT iv
ABSTRACT iv
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xi
BAB l PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Proyek Akhir 3
BAB II DASAR TEORI 4
2.1 Komposit Polimer 4
2.2 Pemanfaatan Plastik Bekas 4
2.3 Karbon Aktif sebagai Bahan Penguat 5
2.4 Filamen untuk Pencetakan 3D (3D Printing) 5
2.5 Karakteristik komposit polimer 6
2.6 Penelitian terdahulu 6
BAB III METODE PENELITIAN 7
3.1 Diagram Alir 7

3.1.1 Studi Literatur 8
3.1.2 Pengumpulan Bahan Baku 8
3.1.3 Proses Persiapan Bahan 11
3.1.4 Proses Pembuatan Filamen Komposit 12
3.1.5 Pengujian Karakteristik Filamen 13
3.1.6 Validasi bentuk dan dimensi 13
3.1.7 Analisa data dan uji kelayakan 14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 15
4.1. Pembuatan filamen komposit uji tarik ASTM D638 15
4.2 Pembuatan filamen komposit sample uji impact ASTM D256 18
4.3 Hasil data pengujian uji tarik ASTM D638 21
4.3.1 Grafik hasil data uji tarik 22
4.4 Hasil data pengujian uji impak 26
4.5 Hasil data uji statistik 28
4.5.1 Hasil data uji Shapiro-Wilk 28
4.5.2 Anova untuk hasil uji tarik 29
4.5.3 Hasil data uji Shapiro-Wilk 29
4.6 Perbandingan dengan penelitian terdahulu 30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 33
DAFTAR PUSTAKA 34
LAMPIRAN 36

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komposisi campuran plastik rPET dan karbon aktif 18
Tabel 4.2 Komposisi campuran rPET dan karbon aktif 20
Tabel 4.3 Hasil data uji tarik 21
Tabel 4.4 Hasil data uji impak 26
Tabel 4.5 Hasil data uji Shapiro-Wilk uji tarik 28
Tabel 4.6 Anova untuk uji tarik 29
Tabel 4.7 Perbandingan dengan penelitian terdahulu 31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Flowcart..... 7
Gambar 3.2 Botol plastik bekas rPET*(Recycle Polythelene Therephlate)* 8
Gambar 3.3 Karbon aktif..... 9
Gambar 3.4 Cetakan uji tarik ASTM D638 9
Gambar 3.5 Cetakan uji impak..... 10
Gambar 3.6 Kompor..... 10
Gambar 3.7 Timbangan digital 11
Gambar 3.8 Pencucian botol plastik..... 11
Gambar 3.9 Pembersihan botol plastik 11
Gambar 3.10 Pengeringan botol plastik..... 12
Gambar 3.11 Pencacahan botol plastik..... 12

Gambar 4.1 Penimbangan plastik PET 16
Gambar 4. 2 Sampel uji tarik 0gr (Plastik murni)..... 16
Gambar 4.3 Sampel uji tarik 1,5gr karbon aktif..... 17
Gambar 4.4 Sampel uji tarik 3 gr karbon aktif..... 17
Gambar 4.5 Sampel uji tarik 4,5gr karbon aktif..... 18
Gambar 4.6 Sampel uji impak 0,75gr karbon aktif..... 19
Gambar 4.7 Sampel uji impak 1,5 gr karbon aktif..... 20
Gambar 4.8 Sampel uji impak 2,25gr karbon aktif..... 20
Gambar 4.8 Sampel uji impak 2,25gr karbon aktif..... 20
Gambar 4.9 Pengujian uji tarik 20
Gambar4.11 Grafik kekuatan tarik 30g rPET karbon aktif 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr 22
Gambar 4.12 Grafik elongasi 30gr rPET karbon aktif 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr..... 22
Gambar 4.13 Grafik modulus elastis 30gr rPET karbon aktif 1,5gr, 3gr, 4,5gr .. 22
Gambar 4.14 Mesin uji impak..... 26
Gambar 4.15 Grafik *impact streng* 15gr karbon aktif 0gr, 0,75gr, 1,5gr, 2,25gr . 27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Hasil Data Uji Tarik 36
Lampiran 2 : Daftar Riwayat Hidup..... 37

BAB l

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik merupakan bahan yang tidak lagi memiliki nilai atau kegunaan, baik untuk produksi barang secara umum maupun khusus, serta seringkali merupakan hasil cacat dalam proses manufaktur atau bahan yang berlebihan atau dibuang (Murathe et al., 2022).

Salah satu jenis sampah yang memerlukan perhatian serius adalah sampah plastik. Hal ini disebabkan oleh penggunaan plastik yang sangat luas oleh masyarakat dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, yang mengarah pada penumpukan sampah dalam jumlah yang signifikan (Sari et al., 2023).

Mendaur ulang botol limbah memberikan berbagai manfaat, seperti mengurangi sampah di lingkungan, menghemat energi, mengurangi dampak pemanasan global, serta menghasilkan pendapatan. Berbagai kegiatan di masyarakat menghasilkan berbagai jenis botol, seperti botol minuman dan botol minyak, yang semuanya dapat didaur ulang. Pembuangan limbah botol yang tepat dapat mengurangi tumpukan sampah. Botol plastik sering kali dibuang sembarangan di tempat umum, seperti sungai, jalan, atau lahan kosong. Pembuangan botol plastik yang tidak terkendali dan di tempat yang salah menjadi masalah besar dan sangat meresahkan. Secara umum, masyarakat kesulitan dalam mengelola sampah dengan baik, sehingga sampah botol plastik menumpuk. Sampah plastik sangat sulit terurai, menyebabkan masalah kebersihan dan lingkungan. Selain itu, banjir menjadi ancaman serius akibat pembuangan limbah sembarangan. (Damayanti dan Titin Supriyatin, 2020)

Kemajuan teknologi yang menawarkan kemudahan dalam kehidupan sehari-hari mendorong peningkatan penggunaan plastik yang semakin meningkat. Plastik banyak dipilih karena sifatnya yang fleksibel, ringan, praktis, ekonomis, dan mampu menggantikan fungsi kemasan barang-barang lain. Kepraktisan dan harga yang terjangkau menjadikan plastik sering digunakan sebagai barang sekali pakai, sehingga penggunaannya yang terus meningkat menyebabkan akumulasi sampah plastik. Hal ini berkontribusi pada bertambahnya jumlah sampah plastik, yang pada akhirnya menimbulkan dampak lingkungan yang serius (Baedowy et al., 2020).

Salah satu penyebab utama kerusakan lingkungan yang hingga kini terus menjadi masalah adalah pembuangan sampah plastik. Sampah plastik yang mencemari tanah memerlukan waktu bertahun-tahun, bahkan ratusan tahun, untuk dapat terurai secara alami. Selain itu, jika sampah plastik dibiarkan tanpa penanganan, dampak negatifnya akan menimbulkan ancaman yang sangat besar (De Jong & Mellquist, 2021).

Plastik memegang peran penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama sebagai bahan kemasan untuk makanan dan minuman karena sifatnya yang kuat, ringan, dan praktis. Salah satu jenis plastik yang sering digunakan adalah polyethylene terephthalate (PET) (Suci et al., 2021).

Dan dalam penelitian ini yang akan dilakukan adalah pengembangan bahan komposit seperti karbon aktif menghasilkan filamen yang memiliki kekuatan tarik dan ketangguahan material. Dengan mencampurkannya ke dalam plastik berbahan jenis PET yang dipananaskan, Karbon aktif adalah bahan yang berharga dengan kemampuan unik untuk menyerap dan meningkat zat zat kimia tertentu, menjadikannya pilihan penting dalam banyak aplikasi dan lingkungan .

1.2 Rumusan Masalah

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

1.3 Tujuan Proyek Akhir

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 Komposit Polimer

Komposit polimer merupakan material yang terbentuk dari matriks polimer yangg diperkuat dengan material penguaat (*reinforcement)* untuk meningkatkan sifat mekanik, termal, dan fungsional lainnya (Callister & Rethwisch, 2020). Polimer sebagai matriks dapat berupa termoplastik atau termoset. Dalam penelitian ini, matriks berasal dari plastik bekas jenis PET (Polyethylene Terephthalate)**,** yang termasuk dalam kelompok termoplastik dengan sifat dapat dilelehkan dan dicetak ulang.

Plastik PET memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik, ketahanan terhadap kelembaban, serta sifat insulatif yang menjadikannya kandidat potensial dalam aplikasi rekayasa material, termasuk dalam proses pencetakan 3D (Beylerian & Pohlman, 2021).

2.2 Pemanfaatan Plastik Bekas

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 *packaging* 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 lingkungan yang serius, (Baedowy et al,. 2020)

Plastik PET dari botol bekas dapat didaur ulang melalui proses pencucian, pencacahan dan peleburan sebelum dicampurkan dengan bahan penguat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengolahan plastik PET bekas secara termomekanik masih memungkinkan mempertahankan sebagian besar sifat mekaniknya (Al-Salem et al., 2022).

2.3 Karbon Aktif sebagai Bahan Penguat

Karbon aktif merupakan material dengan porositas tinggi dan luas permukaan besar, biasanya digunakan sebagai adsorben. Namun, sifat mekanik dan konduktivitas karbon aktif menjadikannya bahan potensial sebagai penguat dalam komposit (Zhao et al., 2021). Dalam aplikasinya pada komposit polimer, karbon aktif mampu meningkatkan kekuatan tarik, kekakuan, dan kadang juga sifat termal, tergantung pada proporsi dan homogenitas pencampurannya (Rahman et al., 2020).

2.4 Filamen untuk Pencetakan 3D (3D Printing)

Filamen merupakan bentuk dasar material termoplastik yang diguunakan dalam teknologi pencetakan 3D tipe ***Fused Deposition Modeling (FDM).*** Filamen harus memenuhi persyaratan tertentu seperti diagram seragam (biasanya 1.75 mm atau 2.85 mm), kelenturan cukup, dalam konteks ini, penting untuk memastikan bahwa komposit yang dihasilkan dari plastik PET dan karbon aktif dapat diekstrusi menjadi filamen dengan kualitas konsisten dan kompatibel dengan printer 3D FDM.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan filamen berbasis limbah plastik dan bahan penguat alami atau karbon, menunjukkan potensi besar terhadap pengembangan material berkelanjutan untuk 3D printing (Singh et al., 2022).

2.5 Karakteristik komposit polimer

Komposit secara umum tersusun atas serat yang berfungsi sebagai matrerial penguat dan matrik sebagai pengikat antar serat agar selalu dalam posisinya. Karaktersitik komposit dipengaruhi masing masing material serat maupun matriknya. Perbedaan variabel susunan serat mengakibatkan perbedaan dari masing masing variabel tersebut sedangkan jenis matrik memengaruhi karakteristik ikatan seratnya (Diana et al., 2020)

2.6 Penelitian terdahulu

1. Penelitian oleh Idrees et al (2021)

Penelitian ini mengkaji pemanfaatan plastik PET daur ulang sebagai matriks polimer yang diperkuat dengan biochar dari limbah biomassa. Tujuannya menciptakan material komposit yang ramah lingkungan. Penambahan biochar dilakukan dalam berbagai fraksi berat untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan ketahanan termal hasilnya menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan modulus tarik hingga 60% meskipun kekuatan tarik tidak mengalami perubahan signifikan.

2. Penelitian oleh Bolou et al.(2023)

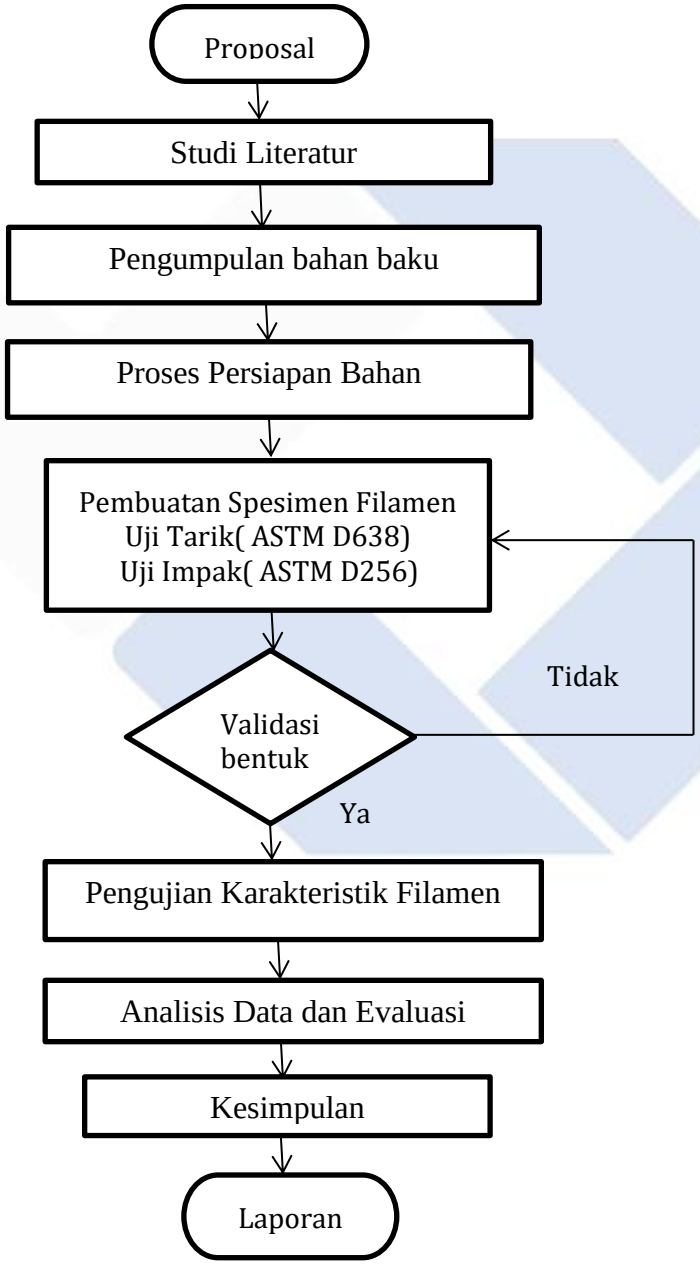
Penelitian ini mengembangkan filamen 3D berbasis PETG daur ulang yang diperkuat dengan karbon aktif dari biomassa daun. Karbon aktif ditambahkan ke dalam PETG melalui proses ektrusi untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan termal. Hasilnya menunjukkan peningkatan kekuatan tarik, yield strengh dan modulus elastisitas hingga lebih dari 30% dibandingkan PETG murni.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Penelitian ini melakukan beberapa langkah langkah atau tahapan seperti berikut :



Gambar 3.1 Flowcart

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang bertujuan untuk menganalisis kelayakan komposit polimer berbahan plastik PET bekas yang diperkuat dengan karbon aktif sebagai filamen 3D.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu :

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah langka awal dalam melakukan penelitian ini yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mengenai dasar teori, teknologi, serta hasil hasil penelitian terdahulu yang relevan. Pada proses ini dilakukan dengan menelusuri sumber sumber ilmiah seperti jurnal nasional dan internasional, buku referensi, laporan penelitian dan juga standar uji material seperti uji tarik ASTM D638 dan uji impak.

3.1.2 Pengumpulan Bahan Baku

A. Botol plastik bekas rPET *(Recycle Polythlene Terephlate)*

Gambar 3.2 Botol plastik bekas rPET*(Recycle Polythelene Therephlate)*

Dalam penelitian ini kami menggunakan limbah plastik jenis *Recycle Polyethylene Terephlate* (rPET) dan karbon aktif sebagai bahan baku utama, Plastik berbahan jenis PET dipih karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, ketahanan panas yang baik, serta ketersediaanya melimpah .

B. Karbon aktif

Gambar 3.3 Karbon aktif

Karbon aktif memiliki fungsi sebagai bahan penguat karena karakteristiknya memiliki pori pori mikro besar dan kekuatan mekanik yang tinggi, maka diharapkan dapat meningkatkan kualitas mekanik komposit .

C. Cetakan uji tarik ASTM D638

Gambar 3.4 Cetakan uji tarik ASTM D638

Pada penelitian ini kami menggunakan cetakan uji tarik ASTM D638 yaitu untuk mengukur sifat tarik dari material plastik dan komposit polimer, untuk mengetahui kemampuan material menahan beban tarik hingga deformasi dan patah

D. Cetakan uji impak ASTM D256

Gambar 3.5 Cetakan uji impak

Cetakan uji impak digunakan untuk membentuk spesimen standar yang akan diuji ketangguhan terhadap benturan menggunakan mesin uji impak(izod atau Charpy).

E. Kompor

Gambar 3.6 Kompor

Kompor listrik dapat digunakan sebagai sumber panas untuk melelehkan plastik PET *(Poliythelene Terephlate)* dari dari hasil daur ulang sebelum dicampurkan dengan bahan penguat seperti karbon aktif. Proses pelelehan ini penting untuk memperoleh kondisi termoplastik yang memungkinkan bahan secara merata dan pembetukan filamen komposit yang homogen.

F. Timbangan Digital

Gambar 3.7 Timbangan digital

Timbangan digital seperti gambar diatas dapat digunakan untuk menimbang secara akurat berat dari botol plastik rPET *(Recycle Polythelene Terephlate)* hasil cacahan dan bahan penguat seperti karbon aktif sesuai dengan rasio campuran yang ditentukan. Timbangan ini penting untuk dilakukan sebelum proses pelelehan guna memastikan perbandingan komposisi dari bahan sesuai dengan percobaan.

3.1.3 Proses Persiapan Bahan

Gambar 3.8 Pencucian botol plastik

Gambar 3.9 Pembersihan botol plastik

- Pada tahap ini, plastik jenis rPET (*Recycle Polyethelene Terephlate*) yang telah dikumpulkan terlebih dahulu, melakukan proses pembersihan untuk menghilangkan kotoran, sisa zat asing dan kontaminan yang menempel di botol plastik tersebut.

Gambar 3.10 Pengeringan botol plastik

- Pada tahap selanjutnya yaitu plastik yang sudah dibersihkan, dikeringkan untuk memastikan tidak ada Kandungan air yang dapat mengganggu pada saat proses peleburan

Gambar 3.11 Pencacahan botol plastik

- Tahap selanjutnya, setelah plastik kering Plastik kemudian dicacah menjadi ukuran kecil agar mempermudah dalam proses pencampuran dan dilelehkan pada tahap pembuatan filamen.

3.1.4 Proses Pembuatan Filamen Komposit

Komposit adalah material yang terbentuk dari gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda sifat fisiknya dengan tujuan yaitu untuk menghasilkan material baru. Dalam penelitian ini komposit digunakan untuk pembuatan filamen dengan mendaur ulang plastik berbahan jenis rPET (Recycle *Polyethelene*

Therephlate) dengan penambahan bahan penguat karbon aktif untuk menghasilkan filamen.

Dalam proses pembuatan spesimen, diawali sengan pencacahan plastik rPET (*Recycle Polyethelene Therephlate*) menjadi ukuran kecil-kecil untuk memudahkan proses peleburan dan pencampuran. Dalam proses ini akan dilakukan uji coba sample uji tarik ASTM D638 dan uji impact .

3.1.5 Pengujian Karakteristik Filamen

A. Pengujian uji tarik ASTM D638

Uji tarik adalah metode pengujian mekanik yang bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik maksimum, regangan dan modulus elastisitas dari suatu material. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengujian pada spesimen komposit berbahan dasar plastik rPET bekas yang diperkuat dengan karbon aktif ,menggunakan standar ASTM D638.

B. Pengujian uji impak ASTM D256

Pengujian pada uji impak adalah suatu metode untuk mengukur seberapa besar energi yang dibutuhkan untuk mematakan suatu material ketika dikenai beban secara tiba tiba atau mendadak. Pengujian ini penting untuk mengeahui ketangguhan(*Impact strenght*) suatu bahan, terutama pada plastik atau komposit terhadap benturan .

3.1.6 Validasi bentuk dan dimensi

Validasi 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

3.1.7 Analisa data dan uji kelayakan

Tujuan dari analisis data adalah untuk mengevaluasi performa komposit yang dihasilkan, menilai bagaimana pengaruh variasi komposisi karbon aktif dan megevaluasi kelayakan filamen sebagai material pencetakan 3D berdasarkan sifat mekanik dan morfologi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

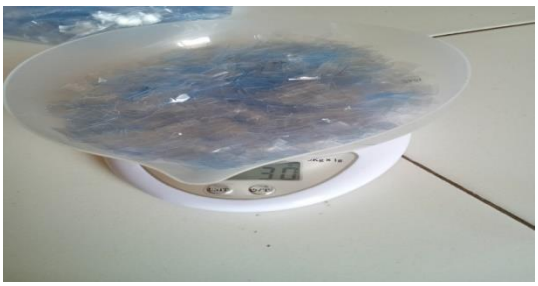
Dalam penelitian ini, dilakukan pembuatan 4 kelompok sample komposit polimer berbahan jenis PET bekas yang diperkuat dengan karbon aktif. Pada masing masing sampel menggunakan komposisi karbon aktif yang berbeda. Dalam setiap komposisi yang dibuat dilakukan 3 ulangan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan dan dapat dibandingkan secara statistik. Dan dalam penelitian ini juga mengetahui pengaruh dari penambahan karbon aktif dan dilakukan pengujian karakteristik yaitu uji tarik ASTM D638 dan uji impak .

4.1. Pembuatan filamen komposit uji tarik ASTM D638

Yang akan diuji terlebih dahulu yaitu 0gr karbon aktif atau spesimen filamen untuk sample uji tarik ASTM D638 dengan tidak ada penambahan karbon aktif (PET murni) untuk melihat data perbandingan dari data hasil variasi penambahan 1,5gr, 3gr, 4,5gr karbon aktif. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan dari karbon aktif terhadap sifat mekanik dan fisik dari filamen yang dihasilkan.

- **0gr Karbon Aktif (Plastik murni)**

Sebagai tahap awal dalam melakukan penelitian pembuatan filamen komposit berbahan jenis PET, dilakukan pengujian terhadap filamen yang hanya terdiri dari PET murni (0gr karbon aktif). Sample ini berfungsi sebagai kontrol untuk membandingkan bagaimana performa material tanpa bahan penguat. Dengan melalui pengujian ini, dapat diketahui karakteristik dasar dari plastik PET murni sebelum dilakukan modifikasi dengan penambahan bahan penguat.



Gambar 4.1 Penimbangan plastik PET

Sebelum melakukan pelelehan, diawali dengan menimbang berapa gram plastik bekas untuk memastikan komposisi campuran yang tepat. Untuk menetukan kualitas termasuk kekuatan, kelenturan dan kemudahan saat di cetak.

Plastik PET: 30 gr

Proses selanjutnya yaitu melelehkan sepihan plastik dengan suhu 180◦ C, setelah plastik rPET mencair secara merata tuangkan lelehkan plastik ke dalam cetakan spesimen uji tarik ASTM D638, kemudian ditekan agar cetakan nya merata.

Gambar 4. 2 Sampel uji tarik 0gr (Plastik murni)

Setelah dituangkan dan ditekan, material dibiarkan mendingin dan mengeras secara alami hingga terbentuk spesimen padat dan melakukan perapian spesimen seperti gambar diatas yang siap untuk dilakukan pengujian tarik untuk mengevaluasi sifat komposit yang dihasilkan.

- **1,5gr Karbon aktif**

  filamen komposit dibuat dengan penambahan karbon aktif yaitu 1,5gr ke dalam campuran plastik rPET bekas yang dilelehkan. Untuk setiap sample plastik menggunakan 30gr plastik PET

Gambar 4.3 Sampel uji tarik 1,5gr karbon aktif

- **3gr Karbon aktif**

  filamen komposit dibuat dengan penambahan karbon aktif yaitu 3gr ke dalam campuran plastik rPET bekas yang dilelehkan. Untuk setiap sample plastik menggunakan 30gr plastik rPET

Gambar 4.4 Sampel uji tarik 3 gr karbon aktif

- **4,5gr Karbon aktif**

filamen komposit dibuat dengan penambahan karbon aktif yaitu 4,5gr ke dalam campuran plastik rPET bekas yang dilelehkan. Untuk setiap sample plastik menggunakan 30 gr plastik rPET

Gambar 4.5 Sampel uji tarik 4,5gr karbon aktif

Tabel 4.1 Komposisi campuran plastik rPET dan karbon aktif

Kode Sample	**Berat rPET(gr)**	**Berat Karbon Aktif**	**Total Campuran**
Sampel 1 rPET CA	30	1,5	31,5
Sampel 2 rPET CA	30	3	33
Sampel 3 rPET CA	30	4,5	34,5

4.2 Pembuatan filamen komposit sample uji impact ASTM D256

Setelah pembuatan filamen sample uji tarik ASTM D638 kemudian akan dilakukan sample untuk uji impact sama seperti uji tarik. Yang terlebih dahulu yang akan dilakukan yaitu 0gr Karbon aktif atau spesimen filamen untuk sample uji impact ASTM D256 dengan tidak ada penambahan karbon aktif (PET murni) untuk melihat data perbandingan dari data hasil variasi 0,75gr, 1,5gr, 2,25gr karbon aktif. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan dari karbon aktif terhadap sifat ketangguhan (*impact strenght*) material terhadap beban

benturan. Melalui variasi ini dapat dianalisis bagaimana karbon aktif berperan sebagai bahan penguat dalam memperbaiki atau mempengaruhi ketahanan benturan *(impact toughness).*

- **0gr Karbon Aktif (Plastik murni) untuk uji impak**

  Dilakukan pengujian terhadap filamen yang hanya terdiri dari PET murni (0gr karbon aktif). Sample ini berfungsi sebagai kontrol untuk membandingkan bagaimana performa material tanpa bahan penguat. Dengan melalui pengujian ini, dapat diketahui karakteristik dasar dari plastik rPET murni sebelum dilakukan modifikasi dengan penambahan bahan penguat.

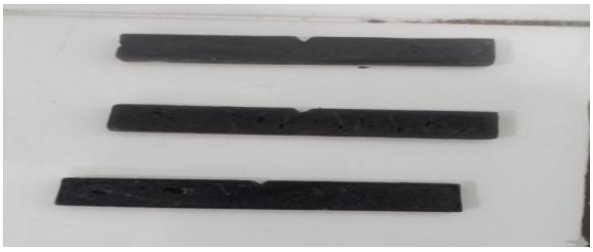
- **0,75gr Karbon aktif**

  filamen komposit dibuat dengan penambahan karbon aktif yaitu 0,75gr dalam campuran plastik rPET bekas yang dilelehkan. Untuk setiap sample plastik menggunakan 15gr plastik rPET

Gambar 4.6 Sampel uji impak 0,75gr karbon aktif

- **1,5gr Karbon aktif**

  filamen komposit dibuat dengan penambahan karbon aktif sebanyak 1,5gr ke dalam campuran plastik rPET bekas yang dilelehkan. Untuk setiap sample plastik menggunakan 15gr plastik rPET



Gambar 4.7 Sampel uji impak 1,5 gr karbon aktif

- **2,25gr Karbon aktif**

  filamen komposit dibuat dengan menambahkan karbon aktif sebanyak 2,25gr ke dalam campuran plastik rPET bekas yang dilelehkan. Untuk setiap sample plastik menggunakan 15gr plastik rPET

Gambar 4.8 Sampel uji impak 2,25gr karbon aktif

Tabel 4.2 Komposisi campuran rPET dan karbon aktif

Kode Sample	**Berat rPET(g)**	**Berat Karbon Aktif**	**Total Campuran**
Sampel 1 rPET CA	15	0,75	15,75
Sampel 2 rPET CA	15	1,5	16,5
Sampel 3 rPET CA	15	2,25	17,25

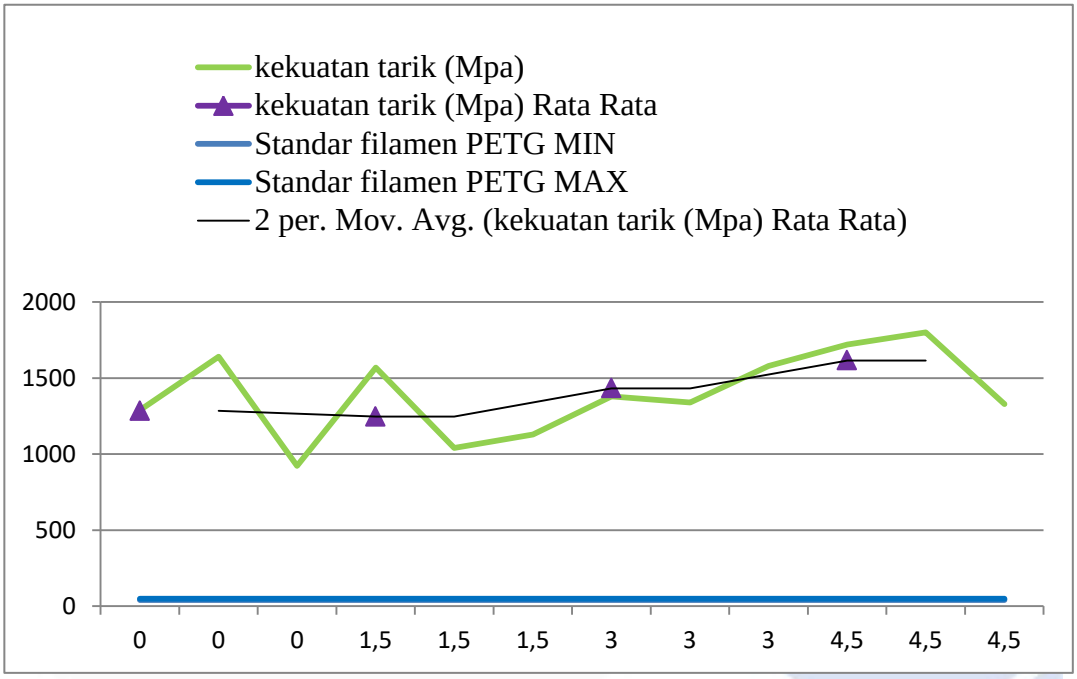
4.3 Hasil data pengujian uji tarik ASTM D638

Gambar 4.9 Pengujian uji tarik

Tabel 4.3 Hasil data uji tarik

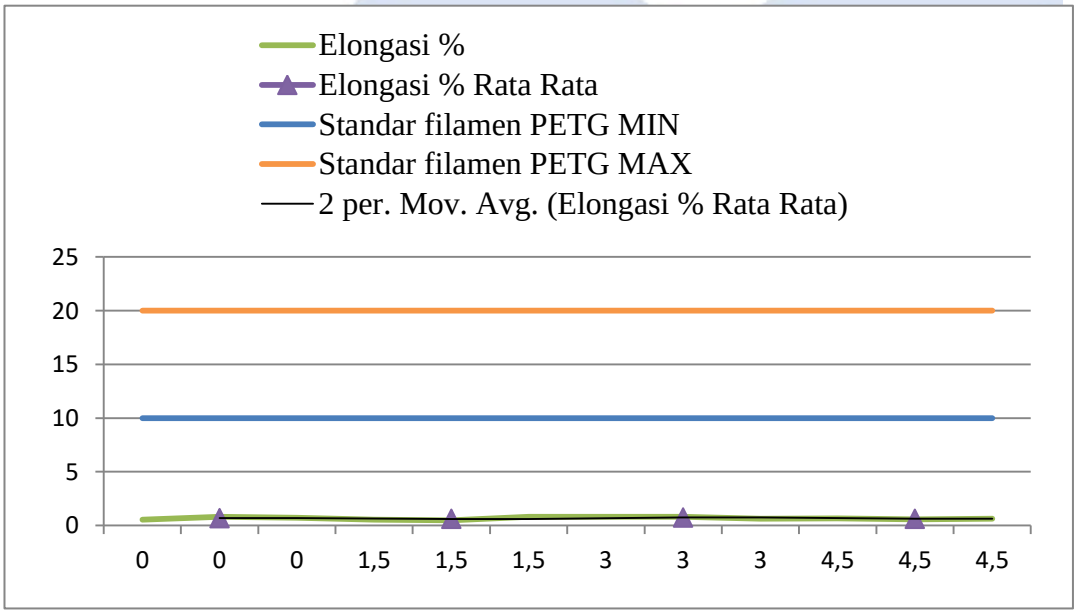
No	Karbon aktif (gr)	kekuatan tarik (Mpa)		Elongasi %		Modulus Elastisitas	
			Rata Rata		Rata Rata		Rata Rata
1	0	1290	1284	0,55	0,68	6,90	8,54
2	0	1640		0,80		12,0	
3	0	922		0,71		6,72	
4	1,5	1570	1246	0,55	0,61	7,32	6,97
5	1,5	1040		0,47		6,15	
6	1,5	1130		0,81		7,44	
7	3	1380	1433	0,81	0,74	7,62	8,23
8	3	1340		0,81		7,44	
9	3	1580		0,62		9,64	
10	4,5	1720	1616	0,67	0,62	11,7	9,50
11	4,5	1800		0,58		9,76	
12	4,5	1330		0,63		7,05	

4.3.1 Grafik hasil data uji tarik



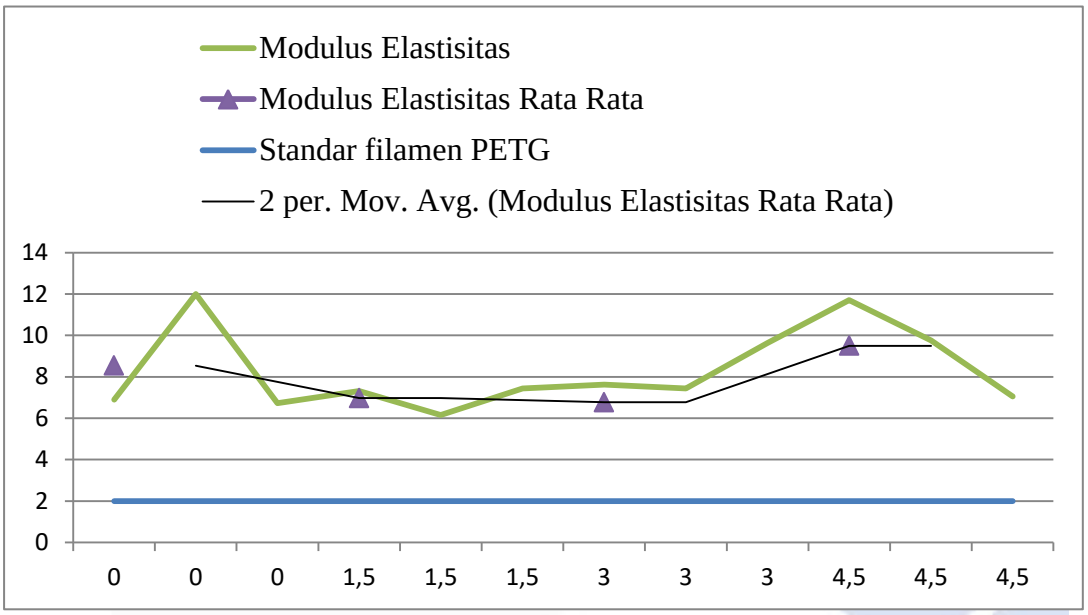
Gambar 4.10 Grafik kekuatan tarik 30gr rPET karbon aktif 0gr1,5gr, 3gr, 4,5gr

Kekuatan Tarik meningkat secara umum dengan penambahan karbon aktif, dari kisaran 922-1640 Mpa 0gr menjadi 1330-1800 Mpa 4,5gr. Ini menunjukkan karbon aktif berperan sebagai penguat mekanik yang efektif



Gambar 4.11 Grafik elongasi 30gr rPET karbon aktif 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr

Elongasi(%) Cenderung bervariasi namun rendah (0,47-0,81%), menunjukkan bahwa material masih tergolong getas, meskipun ada peningkatan pada beberapa sampel dengan karbon aktif.



Gambar 4.12 Grafik modulus elastisitas 30gr rPET karbon aktif 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr

Modulus elatisitas juga meningkat dengan penambahan karbon aktif, dari kisaran 6,7-12 Mpa 0gr menjadi 7-11,7 Mpa 4,5gr, menandakan material menjadi lebih kaku dan tahan deformasi elastis.

Perbandingan dan analisis data

1. Kekuatan Tarik (Mpa) : Hasil rata rata untuk kekuatan tarik dari setiap sampel yaitu 0gr (1284), 1,5gr (1246), 3gr (1433), 4,5gr (1616). Untuk sampel dengan 0gr Karbon Aktif Kekuatan tarik rata rata cukup tinggi (1284 Mpa), menunjukkan material dasar (polimer plastik bekas) sudah memiliki kekuatan yang baik. 1,5gr Karbon Aktif Terjadi sedikit penurunan kekuatan tarik rata rata (1246 Mpa) dibandingkan 0gr tanpa karbon aktif. Ini mungkin disebabkan oleh awal karbon aktif atau kurangnya dispersi yang optimal pada konsentrasi rendah, sehingga belum memberikan penguatan yang signifikan. 1,5gr karbon aktif, kekuatan tarik rata rata mulai meningkat, pada konsetrasi ini, karbon aktif mulai menunjukkan bahwa perannya sebagai penguat yang efektif, dengan dispersi yang lebih baik

sehingga mampu menahan beban tarik lebih tinggi. 4,5gr Karbon aktif Pada komposisi ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik rata rata tertinggi (1616 Mpa). Ini menunjukkan bahwa kadar 4,5gr karbon aktif tercampur dengan baik dan memberikan penguatan yang optimal pada komposit. Literatur juga menunjukkan bahwa dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit. Kekuatan tarik pada penelitian ini sekitar (922-1800 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.

2. Elongasi(%) : Hasil rata rata untuk setiap sampel yaitu 0gr (0,68%), 1,5gr (0,61%), 3gr (0,74%), 4,5gr (0,62%). Secara umum, nilai elongasi sangat rendah untuk semua variasi komposisi. Hal ini menunjukkan komposit bersifat getas atau kaku. Dengan penambahan karbon aktif pada 1,5gr cenderung sendikit menurunkan elongasi. Pada penambahan 3gr dan 4,5gr elongasi tetap rendah, menandakan bahwa meskipun kekuatan tarik meningkat, tetapi keuletan material yang tidak bertambah atau bahkan sedikit berkurang. Ini adalah karakteristik umum yang diperkuat dengan pengisi anorganik seperti karbon aktif. Elongasi pada penelitian ini yaitu (0,47-0,81%) : Jauh lebih rendah dibandingkan filamen standar PETG yaitu (10-20%) menunjukkan sifat getas dan kurang layak untuk aplikasi fleksibel.

3. Modulus Elastisitas : Hasil rata rata dari setiap sampel yaitu untuk 0gr (8,54 Mpa), 1,5gr (6,97Mpa), 3gr (8,23 Mpa) ,4,5gr (9,5 Mpa), Pada 0gr (PET murni) tanpa karbon yaitu modulus elastisitas rata rata 8,54 Mpa. 1,5gr Karbon aktif terjadi sedikit penurunan modulus (6,97) yang mungkin berkaitan dengan penurunan kekuatan tarik pada komposisi ini. Pada 3gr Karbon aktif Modulus elastisitas rata rata meningkat kembali (8,23) sejalan dengan peningkatan kekuatan tarik. 4,5gr Karbon aktif Modulus elastisitas rata rata tertinggi yaitu 9,50 menunjukkan bahwa material menjadi semakin kaku pada konsentrasi karbon aktif ini. Hal ini positif untuk aplikasi yang membutuhkan kekakuan tinggi. Modulus elastisitas pada penelitian ini yaitu (6-12 Mpa) : Lebih tinggi dari PETG

(2), menunjukkan material lebih kaku dan layak untuk struktur yang memerlukan kekakuan tinggi dan minim deformasi

Kelayakan untuk Filamen 3D

- Kekuatan Tarik : Komposit ini memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi (rata rata 1246-1616 Mpa) dibandingkan dengan filamen seperti PLA (50-70 Mpa), ABS (30-40 Mpa) dan PETG (40-50 Mpa). Ini menjadikannya sangat potensial untuk aplikasi yang membutuhkan material dengan performa struktural tinggi.
- Elongasi : Sifat getas (elongasi sangat rendah) yang menjadi kendala utama. Filamen yang getas sangat rentan patah selama proses ekstrusi menjadi filamen, saat feeding ke printer 3D atau selama proses pencetakan.
- Modulus Elastisitas : Peningkatan pada modulus elastisitas menunjukkan filamen akan menghasilkan cetakan yang kaku dan stabil. Ini menguntungkan untuk komponen yang membutuhkan presisi dimensi dan kekakuan

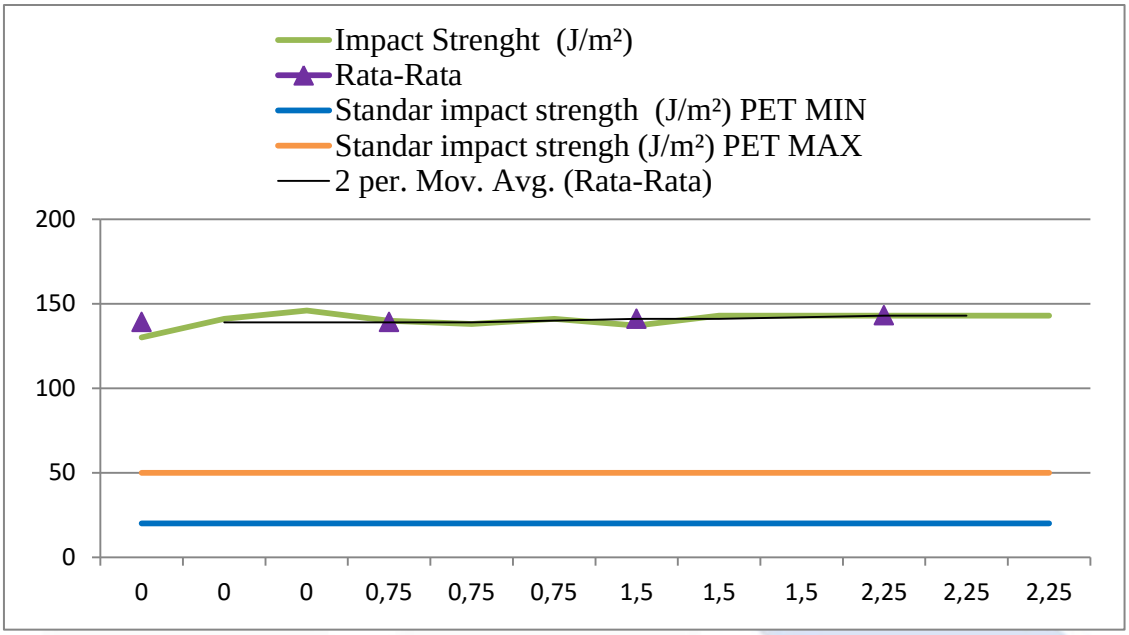
4.4 Hasil data pengujian uji impak

Gambar 4.13 Mesin uji impak

Dalam melakukan uji impak yaitu untuk mengukur seberapa besar energi dibutuhkan untuk mematakan suatu material ketika dikenai beban secara tiba tiba atau mendadak. Pengujian ini penting untuk mengetahui ketangguhan (*Impact strengh*) suatu bahan, terutama pada plastik atau komposit, terhadap benturan dan dibawah ini adalah hasil dari pengujian impak

Tabel 4.4 Hasil data uji impak

Karbon aktif (gr)	*Impact Strengh* (J/m²)	Rata-Rata
0	130	
0	141	139
0	146	
0,75	140	
0,75	138	139
0,75	141	
1,5	137	
1,5	143	141
1,5	143	
2,25	143	
2,25	143	143
2,25	143	



Gambar 4.14 Grafik impact strengh 15gr rPET karbon aktif 0gr, 0,75gr, 1,5gr, 2,25gr

Analisis Data

- Peningkatan *Impact Strengh* : Data menunjukkan tren peningkatan ketangguhan benturan seiring meningkatnya presentase karbon aktif, meskipun kenaikannya tidak drastis dari 0gr karbon aktif dengan nilai impak strengh (130, 141, 146 J/m²) untuk nilai impak dengan penambahan karbon aktif 0,75 gram (140, 138, 141), 1,5 gram (137, 143, 143 J/m²), 2,25gr (143, 143, 143 J/m²) . Hasil rata rata dari setiap sampel yaitu 0gr (139), 0,75gr (139), 1,5gr (141) dan 2,25gr (143).
- Karbon aktif berperan sebagai bahan penguat yang meningkatkan energi yang dapat diserap saat benturan, sehingga material lebih tahan terhadap patah akibat benturan. Perbandingan dari nilai impak strengh menunjukkan dari 0gr (PET murni) dengan tidak ada penambahan karbon aktif (130, 141, 146 J/m²) nilai impak stabil dan relatif tinggi tanpa karbon aktif, material menunjukkan ketangguhan dasar. Pada komposisi 2,25gr (143, 143, 143 J/m²) nilai sangat stabil, distribusi karbon aktif merata, bonding antar matriks baik, menunjukkan bahwa komposisi 2,25gr karbon aktif sangat direkomendasikan untuk aplikasi struktural yang menuntut

ketangguhan dan kekuatan tinggi. Nilai *impact strengh* pada penelitian ini sekitar (130-143) : Nilai tinggi dibanding PET (20-50).

Kelayakan untuk Filamen 3D Printing

Pada komposisi 2,25gr karbon aktif sangat direkomendasikan untuk aplikasi struktural yang menuntut ketangguhan dan kekuatan tinggi. Namun, perlu uji tambahan seperti uji tarik dan elongasi untuk memastikan filamen tidak terlalu getas sehingga tidak mudah patah saat proses pencetakan. Pengendalian proses pencampuran dan ekstrusi sangat penting untuk menjaga homogenitas dan meminimalkan cacat yang dapat menurunkan performa mekanik dan untuk mengatasi getas disarankan dengan penambahan plasticizer agar filamen lebih mudah diproses dan hasil cetak tidak mudah retak.

4.5 Hasil data uji statistik

4.5.1 Hasil data Uji Shapiro-Wilk uji tarik

Tabel 4.5 Hasil data uji Shapiro-Wilk uji tarik

Variabel	statistic	p-value	Kesimpulan
Kekuatan Tarik	0,9635	0,832	Normal
Elongasi	0,9282	0,361	Normal
Modulus Elastisitas	0,8616	0,051	Borderline Normal

Dari hasil data uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa :

- Kekuatan tarik : Statistik = 0.9635, p-value = 0.932 (> 0.05) Terdistribusi normal
- Elongasi (%) : Statistik = 0.9282, p-value = 0.361 (> 0.05) Terdistribusi normal
- Modulus elastisitas : Statistik = 0.8616, p-value = 0.051 (mendekati 0.05) tetapi masih sedikit diatas 0.05) dapat dianggap mendekati normal / borderline normal.

4.5.2 Anova untuk hasil uji tarik

Tabel 4.6 Anova untuk uji tarik

Variabel	F-statistic	p-value	Kesimpulan
Kekuatan Tarik	2.98	0.092	Tidak signifikan
Elongasi	0.71	0.572	Tidak signifikan
Modulus Elastisitas	3.84	0.057	Borderline signifikan

Hasil uji menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan secara statistik antara komposisi 0gr, 1,5gr, 3gr, 4,5gr terhadap kekuatan tarik, elongasi, pada modulus elastisitas, ada indikasi pengaruh (P = 0.057), meskipun belum signifikan secara statistik.

4.5.3 Hasil data uji Shapiro-Wilk uji impak

Dari data hasil uji Shapiro wilk pada uji impak menunjukkan bahwa :

- Statistic (W) = 0.839
- p-value = 0.027

Interpretasi : Hipotesis nol (H0) uji shapiro wilk : data berdistribusi normal.

Jika p-value > 0.05, maka H0 diterima → data normal

Jika p-value ≤ 0.05, maka H0 ditolak → data tidak nomal

Karena p = 0.027 < 0.05, maka data impact strengh tidak berdistribusi normal

.

4.6 Perbandingan dengan penelitian terdahulu

Berdasarkan tabel 4.7 menjelaskan bahwa penelitian ini belum layak menjadi filmen 3D karena elongasi jauh lebih rendah dibandingkan PETG 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.

Perbandingan keempat kebaruan penelitian tersebut adalah:

1. Penggunaan karbon aktif sebagai bahan penguat komposit, berbeda dari biochar. Karbon aktif memiliki luas permukaan lebih tinggi karena berupa serbuk
2. Arah aplikasi khusus untuk filamen 3D printer, yang membutuhkan fleksibilitas, ini belum dikaji dalam penelitian idrees et al, yang fokus pada komposit struktural
3. Proses pembuatan menggunakan metode pemanasan sederhana (kompor), lebih aplikatif dan murah untuk skala UKM
4. Penambahan pengujian ASTM D256 (uji impak) yang tidak digunakan oleh Idrees et al dan Bolou et al untuk mengukur ketahanan benturan filamen yang penting dalam penggunaan 3D printing

Tabel 4.7 Perbandingan dengan penelitian terdahulu

No	Aspek	Idrees et al (2021)	Bolou et al.(2023)	Standar filamen (PETG)	Penelitian ini(rPET)
1	Matriks Polimer	Recycled PET	PETG daur ulang	PETG	Recycled PET
2	Bahan Penguat	Biochar(dari limbah biomasa)	Karbon aktif dari daun	Tidak ada (Filamen Murni)	Karbon Aktif
3	Tujuan	Meningkatkan sifat komposit untuk aplikasi umum	Memastikan kelayakan dan performa cetak	Digunakan langsung untuk cetak 3D	Meningkatkan sifat komposit agar layak untuk dicetak sebagai filamen 3D
4	Metode Pembuatan	Kompersi molding	Mesin ekstruder industri	Ekstrusi mesin industri	Pemanasan langsung(manual)ekstrusi menjadi filamen
5	Aplikasi	Umum(komposit struktural)	Filamen 3d	Filamen cetak 3D	Filamen 3d printer dari limbah plastik
6	Standar Pengujian	ASTM D638(uji tarik),TGA,DSC	ASTMD638(UJI TARIK)DSC,TGA,SEM	ASTM D638, ASTM D256, ISO 527	ASTM D638(uji tarik),uji impak ASTM D256
7	Kekuatan tarik	Tidak berubah signifikan (~40–50 MPa)	Meningkat hingga lebih dari 30% dibandingkan PETG murni(estimasi ±58 MPa)	40-50 Mpa	922-1800 Mpa(hasil dari rPET+ karbon aktif

8	Modulus elastisitas	Meningkat 60% dari PET murni	Meningkat signifikan	2 Mpa	Sekitar 6-12Mpa
9	Elongasi	Tidak dijelaskan rinci	Menurun penambahan filler	10-20%	Sekitar 0,47-0,81%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

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, menujukkan 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 impak untuk nilai *impact strengh* 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 menujukkan 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 ketahan aus dan stabilitas dimensi pada suhu tinggi untuk memperluas aplikasi filamen ini.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2022). *Recycling of PET Plastics: Challenges and Recent Developments*. Waste Management, 138, 12–23.

Balou, S., Baker, J., Zhang, Z., Hassan, M., & Ray, P. C. (2023). From waste to filament: Development of biomass-derived activated carbon-reinforced PETG composites for sustainable 3D printing. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *11*(33), 12345–12356. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c02685

Beylerian, M., & Pohlman, T. (2021). *The Future of Plastics in a Circular Economy*. *Journal of Sustainable Materials*, 9(2), 45–56.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An* Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364(1526), 2115–2126.

Idrees, M., Majeed, K., Iqbal, M., Yousaf, A., & Rehan, M. (2021). *Polymer composites using recycled PET with biochar: A sustainable approach to reuse plastic waste*. *Journal of Polymer and the Environment*, 29, 1158–1167. https://doi.org/10.1007/s10924-021-02032-4

Manufacturing (3D Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges. Composites Part B, 143, 172–196.

Nursindi, M., & Lismaya, L. (2023). Pemanfaatan sampah plastik dengan metode ecobrick sebagai upaya mengurangi limbah plastik di Desa Sindangpanji, Kec. Cikijing, Kab. Majalengka. *COMSERVA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, *3*(4), 1404-1410.

Perkasa, D. H. (2023). Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Biji Plastik Yang Bernilai Tambah Ekonomi Di Kelurahan Dadap Tangerang. *Dedikasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *2*(1), 171-181.

Putra, Y. M., Irwan, I., Monalisa, D., & Adiandari, A. M. (2025). Digitalisasi Pelaporan Keuangan dengan Aplikasi Akuntansi untuk Meminimalisasi Potensi Terjadinya Fraud. *Dedikasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *4*(1), 77-91.

Rahman, M. M., Huq, T. S., & Islam, M. R. (2020). *Carbon-Based Reinforcement for Polymer Composites*. *Journal of Composite Materials*, 54(10), 1373–1385.

Ribka, M., Jerni, J., Fahresi, A., Alrazid, H., Arjun, A., Assana, F. A., ... & Jusriati, J. (2023). Upaya Mengurangi Limbah Botol Plastik dengan Cara Mengolahnya menjadi Kerajinan Bunga. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *4*(4), 8223-8227.

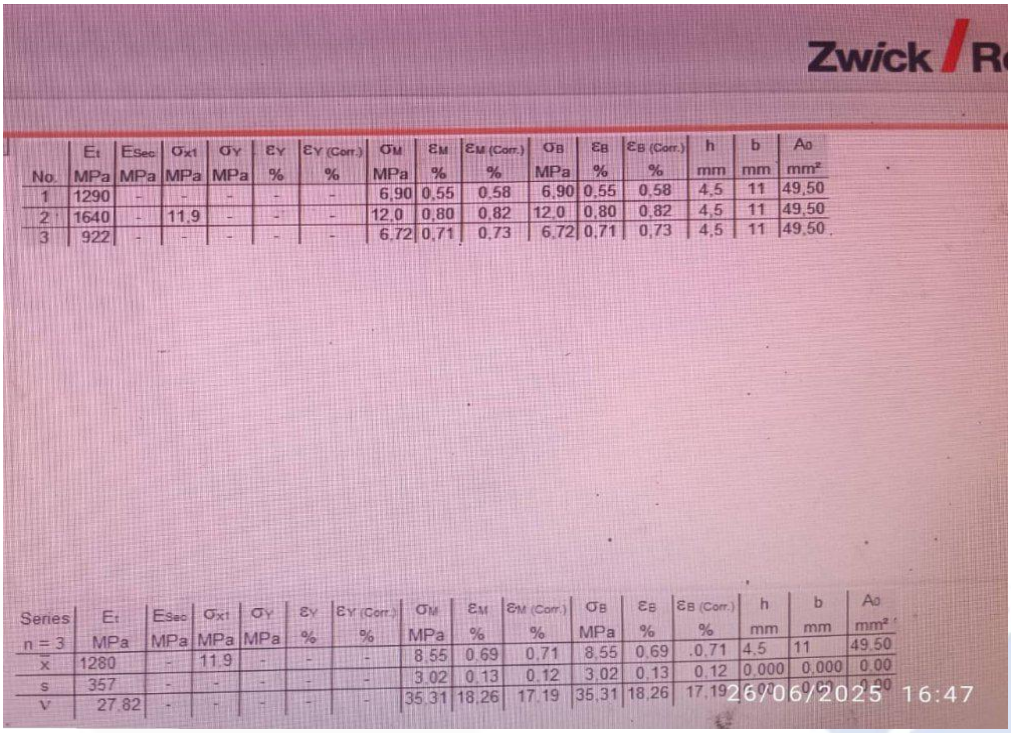
Singh, S., Ramakrishna, S., & Koshti, R. (2022). *Sustainable Filament Materials for 3D Printing Using Waste Plastics and Natural Fibers*. Additive Manufacturing, 47, 102394.

Sood, S., Ohdar, R,K., & Mahapatra, S. S.(2010). Mechanical properties comparison of PLA,ABS and PETG filaments for FDM 3D printing.Materials&Design,31(100,46174625.https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.06.090

Taufik, M., Lubis, G. S., & Ivanto, M. (2023). Rancang bangun mesin pultrusion pembuat filamen 3D printing berbasis limbah plastik botol PET. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, *4*(1), 01-08.

Zhao, Y., Xu, Z., & Zhang, Y. (2021). *Effect of Activated Carbon on the Mechanical Properties of Polymer Composites*. Materials Today Communications, 26, 102040

Lampiran 1 : Hasil Data Uji Tarik

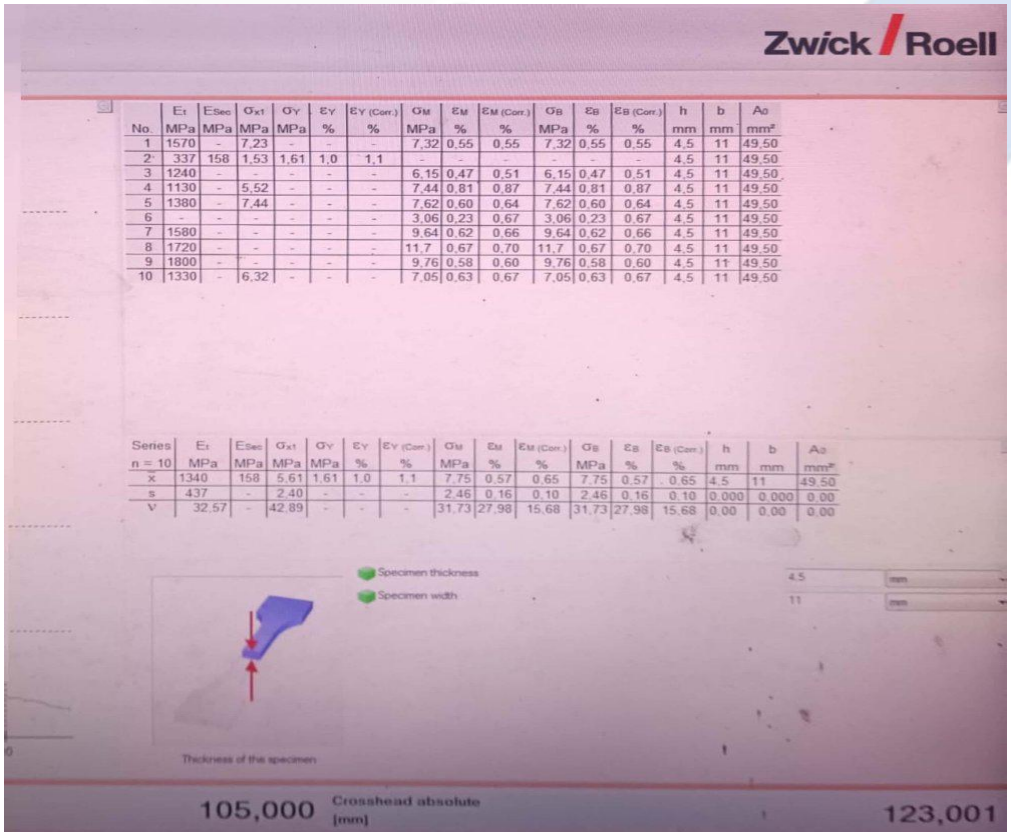


Zwick / R

No.	Et MPa	Esec MPa	σx1 MPa	σY MPa	εY %	εY (Corr.) %	σM MPa	εM %	εM (Corr.) %	σB MPa	εB %	εB (Corr.) %	h mm	b mm	A0 mm²
1	1290	-	-	-	-	-	6,90	0,55	0,58	6,90	0,55	0,58	4,5	11	49,50
2	1640	-	11,9	-	-	-	12,0	0,80	0,82	12,0	0,80	0,82	4,5	11	49,50
3	922	-	-	-	-	-	6,72	0,71	0,73	6,72	0,71	0,73	4,5	11	49,50

Series n = 3	Et MPa	Esec MPa	σx1 MPa	σY MPa	εY %	εY (Corr.) %	σM MPa	εM %	εM (Corr.) %	σB MPa	εB %	εB (Corr.) %	h mm	b mm	A0 mm²
x̄	1280	-	11,9	-	-	-	8,55	0,69	0,71	8,55	0,69	,0,71	4,5	11	49,50
s	357	-	-	-	-	-	3,02	0,13	0,12	3,02	0,13	0,12	0,000	0,000	0,00
V	27,82	-	-	-	-	-	35,31	18,26	17,19	35,31	18,26	17,19	0,00	0,00	0,00

26/06/2025 16:47



Zwick / Roell

No.	Et MPa	Esec MPa	σx1 MPa	σY MPa	εY %	εY (Corr.) %	σM MPa	εM %	εM (Corr.) %	σB MPa	εB %	εB (Corr.) %	h mm	b mm	A0 mm²
1	1570	-	7,23	-	-	-	7,32	0,55	0,55	7,32	0,55	0,55	4,5	11	49,50
2	337	158	1,53	1,61	1,0	1,1	-	-	-	-	-	-	4,5	11	49,50
3	1240	-	-	-	-	-	6,15	0,47	0,51	6,15	0,47	0,51	4,5	11	49,50
4	1130	-	5,52	-	-	-	7,44	0,81	0,87	7,44	0,81	0,87	4,5	11	49,50
5	1380	-	7,44	-	-	-	7,62	0,60	0,64	7,62	0,60	0,64	4,5	11	49,50
6	-	-	-	-	-	-	3,06	0,23	0,67	3,06	0,23	0,67	4,5	11	49,50
7	1580	-	-	-	-	-	9,64	0,62	0,66	9,64	0,62	0,66	4,5	11	49,50
8	1720	-	-	-	-	-	11,7	0,67	0,70	11,7	0,67	0,70	4,5	11	49,50
9	1800	-	-	-	-	-	9,76	0,58	0,60	9,76	0,58	0,60	4,5	11	49,50
10	1330	-	6,32	-	-	-	7,05	0,63	0,67	7,05	0,63	0,67	4,5	11	49,50

Series n = 10	Et MPa	Esec MPa	σx1 MPa	σY MPa	εY %	εY (Corr.) %	σM MPa	εM %	εM (Corr.) %	σB MPa	εB %	εB (Corr.) %	h mm	b mm	A0 mm²
x̄	1340	158	5,61	1,61	1,0	1,1	7,75	0,57	0,65	7,75	0,57	0,65	4,5	11	49,50
s	437	-	2,40	-	-	-	2,46	0,16	0,10	2,46	0,16	0,10	0,000	0,000	0,00
V	32,57	-	42,89	-	-	-	31,73	27,98	15,68	31,73	27,98	15,68	0,00	0,00	0,00

Specimen thickness
Specimen width
4,5 mm
11 mm
Thickness of the specimen
105,000 Crosshead absolute [mm]
123,001

Lampiran 2 Daftar Riwayat Hidup

FORM-PPR-3-14: Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap	: Meriatun
Tempat & tanggal lahir	: Sungailiat 13-02-2004
Alamat rumah	: Lingkungan nelayan II Telp : 085758730093 Hp : 085758730093 Email: 130204@gmail.com
Jenis Kelamin	: Perempuan
Agama	: Islam

2. Riwayat Pendidikan

MIN 1 BANGKA	2010-2016
MTSN 1 BANGKA	2017-2019
MAN 1 BANGKA	2020-2022

Sungailiat, ……. 20…….

ttd

……