

**PENGARUH VARIASI SUSUNAN ARAH DAN FRAKSI VOLUME
KOMPOSIT BERPENGUAT DARI LIMBAH FILTER ROKOK
SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN IMPAK**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh:

Dimas Aji Guntoro NIRM: 1041808

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2021/2022**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

PENGARUH VARIASI SUSUNAN ARAH DAN FRAKSI VOLUME KOMPOSIT BERPENGUAT DARI LIMBAH FILTER ROKOK SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK

Oleh:

Dimas Aji Guntoro NIRM: 1041808

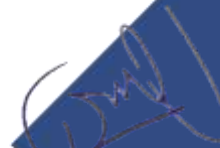
Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Pembimbing 1



Juanda, S.S.T., M.T

Pembimbing 2



Muhammad Yunus, S.S.T., M.T

Penguji 1



Boy Rollastin, S.Tr., M.T

Penguji 2



Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Dimas Aji Guntoro NIRM: 1041808

Dengan Judul : Pengaruh variasi susunan arah dan fraksi volume komposit
berpenguat dari filter rokok sebagai material alternatif
terhadap kekuatan tarik dan impak

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

Sungailiat, 24 Januari 2022

Penulis

Dimas Aji Guntoro

ABSTRAK

Limbah filter rokok merupakan hal yang sering kita temui dibuang sembarangan di tempat umum hampir diseluruh dunia. Filter rokok memiliki kandungan selulosa asetat, yang sulit terurai secara alami dan membutuhkan waktu yang lama agar terurai, maka dari itu dijadikannya serat limbah filter rokok sebagai material alternatif berbahan komposit. Tujuan dilakukannya penelitian ini agar dapat mengetahui pengaruh dari variasi serat limbah filter rokok terhadap kekuatan tarik dan impak pada matrik polyester. Fraksi volume serat meliputi 15% : 85%, 22,5% : 77,5%, 30% : 70% dengan susunan arah serat horizontal, vertikal, dan silang. Standar ASTM D-638-1 digunakan sebagai acuan uji tarik dan ISO 179-1 untuk uji impak. Hasil penelitian komposit polyester berpenguat dari serat limbah filter rokok didapatkan kekuatan tarik maksimum dari fraksi volume serat 15% dengan susunan arah silang sebesar 41,4 MPa dan kekuatan impak maksimum terdapat pada fraksi volume serat 30% dan susunan arah silang sebesar 0,02724 J/mm². Berdasarkan hasil tersebut, variasi dari fraksi volume serat serta matriks berpengaruh pada kekuatan tarik dan impak, dimana arah serat silang memiliki ikatan yang baik dengan matriks dibandingkan arah lain. Hasil penelitian ini berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan kekuatan uji tarik dan uji impak dapat diaplikasikan sebagai material pembuatan untuk helm SNI dengan standar sebesar 33,93 MPa dan 0,00972 J/mm².

Kata kunci: Impak, Komposit, Limbah, Tarik, Rokok

ABSTRACT

Cigarette filter waste is something that we often encounter thrown carelessly in public places almost all over the world. Cigarette filters contain cellulose acetate, which is difficult to decompose naturally and takes a long time to decompose, therefore cigarette filter waste fibers are made as an alternative material made from composites. The purpose of this study was to determine the effect of variations in cigarette filter waste fibers on the tensile and impact strength of the polyester matrix. The fiber volume fraction includes 15% : 85%, 22.5% : 77.5%, 30% : 70% with horizontal, vertical and cross fiber directions. Standard ASTM D-638-1 is used as a reference for tensile tests and ISO 179-1 for impact tests. The results of the research on reinforced polyester composites from cigarette filter waste fibers showed that the maximum tensile strength of the fiber volume fraction was 15% with a cross-direction arrangement of 41.4 MPa and the maximum impact strength was found in a 30% fiber volume fraction and a cross-direction arrangement of 0.02724 J/mm². Based on these results, the variation of the fiber volume fraction and the matrix affect the tensile and impact strength, where the cross fiber direction has a better bond with the matrix compared to other directions. The results of this study are directly proportional to previous studies which showed that the tensile strength and impact tests could be applied as a manufacturing material for SNI helmets with a standard of 33.93 MPa and 0.00972 J/mm².

Keywords: Cigarette, Composite, Impact, Tensile, Waste

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan proyek akhir dengan judul **“Pengaruh Variasi Susunan Arah dan Fraksi Volume Komposit Berpenguat dari Limbah Filter Rokok Sebagai Material Alternatif Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak”**. Laporan proyek akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan pada program Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan proyek akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu tercinta yang telah memberikan dorongan motivasi, doa, perhatian dan kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

5. Bapak Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T. selaku Ketua Komisi Proyek Akhir Tahun 2021/2022.
6. Bapak Juanda, S.S.T., M.T. selaku pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan bantuan dalam segala hal untuk tercapainya penelitian proyek akhir ini.
7. Bapak Muhammad Yunus, S.S.T., M.T. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan banyak ilmu, konsep, serta cara pemikirannya dalam pengembangan laporan proyek akhir ini.
8. Bapak Yuliyanto, S.S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium LAPALO yang telah memberikan waktu dan bimbingannya dalam proses pengujian tarik sehingga berjalan lancar serta telah memberikan saran dan masukan terhadap laporan proyek akhir saya.
9. Aditya Rachman, Arbi Syahrian, Aden Sanjaya, dan Awal Ziban Wilantara, selaku rekan satu bimbingan Proyek Akhir yang telah memberikan semangat, dukungan, masukan serta menjadi pengingat bagi satu sama lain.
10. Semua rekan satu kelas saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu mahasiswa Teknik Mesin dan Manufaktur POLMAN BABEL angkatan 2018 yang telah saling mendoakan dan mendukung satu sama lain.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap Tuhan yang Maha Esa membalas segala kebaikan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini, semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta bagi pembacanya pada masa yang akan datang.

Sunggailiat, 24 Januari 2022
Penulis

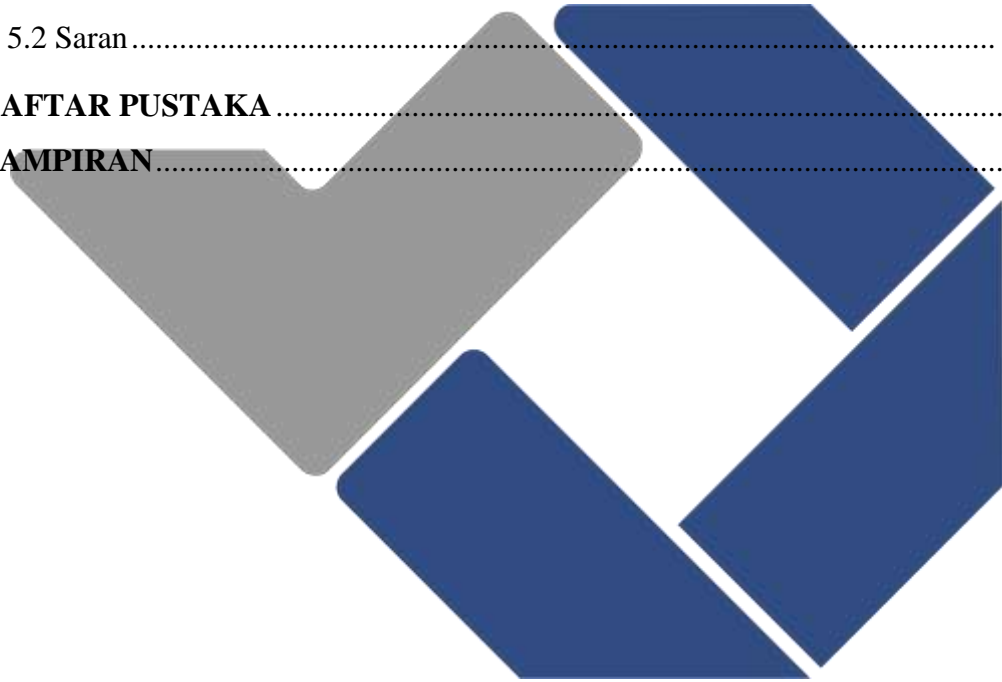
Dimas Aji Guntoro

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Komposit	5
2.1.1 Unsur Penyusun Komposit	5
2.1.2 Klasifikasi Komposit	7
2.2 Filter Rokok	9

2.2.1 Pengertian Filter Rokok.....	9
2.2.2 Kandungan Filter Rokok.....	9
2.3 Resin.....	10
2.4 Katalis.....	11
2.5 Perhitungan Volume Matriks dan Serat	11
2.6 Uji Tarik	13
2.7 Uji Impak.....	14
2.8 Metode Eksperimen Faktorial	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Tahapan Penelitian	17
3.2 Studi Literatur.....	18
3.3 Penentuan Faktor dan Level	18
3.4 Persiapan Penelitian	18
3.5 Pembuatan Spesimen.....	19
3.6 Pengecekan Spesimen	19
3.7 Proses Uji Tarik dan Uji Impak.....	19
3.8 Pembahasan Hasil Pengujian.....	19
3.8 Kesimpulan dan Saran.....	20
BAB IV PEMBAHASAN	21
4.1 Penentuan Faktor dan Level	21
4.2 Prosedur Percobaan	22
4.2.1 Persiapan Penelitian.....	22
4.2.2 Pembuatan Spesimen	26
4.2.3 Pengecekan Spesimen.....	32
4.3 Pengujian Material Komposit.....	34

4.4 Hasil Pengujian.....	37
4.4.1 Hasil Uji Tarik	37
4.4.2 Hasil Uji Impak.....	38
4.5 Analisa.....	39
4.5.1 Analisa Nilai Hasil Pengujian Tarik	39
4.5.2 Analisa Nilai Hasil Pengujian Impak.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Spesifikasi Filter Rokok.....	9
2.2 Kandungan Dalam Filter Rokok.....	10
2.3 Temperatur Penggunaan Resin.....	11
2.4 Sifat Material Termoset.....	11
4.1 Parameter yang Digunakan.....	21
4.2 Pengukuran Spesimen Uji Tarik.....	33
4.3 Pengukuran Spesimen Uji Impak.....	33
4.4 Hasil Kekuatan Uji Tarik.....	38
4.5 Hasil Kekuatan Uji Impak.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Komposit Berdasarkan Penguatnya	7
2.2 <i>Continous Fiber Composites</i>	7
2.3 <i>Woven Fiber Composite</i>	8
2.4 <i>Chopped Fiber Composites</i>	8
2.5 <i>Hybrid Composite</i>	8
2.6 Desain Spesimen Standar ASTM D-638-1	13
2.7 Penempatan Material Uji Tarik	14
2.8 Desain Spesimen Standar ISO 179-1	14
2.9 Ilustrasi Skematik Uji Impak <i>Charpy</i>	15
3.1. Diagram Alir Penelitian	17
4.1 Cetakan Uji Tarik	22
4.2 Cetakan Uji Impak	22
4.3 Timbangan Digital	23
4.4 Suntikan	23
4.5 Limbah Filter Rokok	24
4.6 Resin <i>Polyester</i> BQTX 157.....	24
4.7 Katalis	25
4.8 <i>Mirror Glaze</i>	25
4.9 Pembersihan Limbah Filter Rokok	26
4.10 Pengukuran Massa Material.....	26
4.11 Penyusunan Serat	27
4.12 Proses Pencetakan	27
4.13 Spesimen Uji Tarik Vertikal	28
4.14 Spesimen Uji Tarik Horizontal	28
4.15 Spesimen Uji Tarik Silang	28
4.16 Pembersihan Limbah Filter Rokok	29
4.17 Pengukuran Massa Material.....	29

4.18 Pemberian Wax pada Cetakan	30
4.19 Penyusunan Serat	30
4.20 Proses Pencetakan	31
4.21 Spesimen Uji Impak Vertikal.....	31
4.22 Spesimen Uji Impak Horizontal.....	31
4.23 Spesimen Uji Impak Silang.....	32
4.24 Pengukuran Spesimen Uji Tarik	32
4.25 Pengukuran Spesimen Uji Tarik	32
4.26 Spesimen Uji Tarik	34
4.27 Spesimen Uji Impak.....	34
4.28 Proses Uji Tarik	35
4.29 Hasil Pengujian Tarik.....	36
4.30 Proses Uji Impak.....	37
4.31 Hasil Pengujian Impak.....	37
4.32 Grafik Rata-Rata Kekuatan Tarik	40
4.33 Grafik Rata-Rata Kekuatan Impak.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Perhitungan Spesimen Uji

Lampiran 3: Perhitungan Nilai Uji Tarik

Lampiran 4: Perhitungan Nilai Uji Impak



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan produsen tembakau terbesar keenam setelah China, Brazil, India, Amerika Serikat dan Malawi, dengan produksi tembakau global sebesar 1,91%. Ada empat daerah penghasil tembakau terbesar di Indonesia: Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Nusa Tenggara Barat. (Nainggolan, Purba, & Sihotang, 2021). Tanaman tembakau ini dapat tumbuh subur di semua ketinggian, dari dataran rendah hingga pegunungan, berkat daya adaptasinya. Tanaman tembakau akan ideal jika ditanam di Indonesia, karena seperti diketahui bahwa iklim dan lingkungan alam negara ini sangat ideal untuk budidaya tembakau. Didasari oleh hal inilah produksi rokok dari tembakau tentu saja dapat meraup keuntungan.

(Suprihanti, Harianto, Sinaga, & Kustiari, 2018) Berdasarkan data Kementerian perindustrian (Kemenperin) mencatat bahwa terdapat kenaikan produksi rokok dari 5% sampai 7,4% per tahun. Pada tahun 2015 lalu, Kemperin memprediksi peningkatan produksi rokok mencapai 398,6 miliar batang, dan pada tahun 2016 diperkirakan akan bertambah sebesar 5,7% yakni menjadi 421,1 miliar batang. Tahun 2020, diproyeksikan produksinya akan bertambah lagi mencapai 524,2 miliar batang.

(Handoko, 2015) Menurut laporannya, Indonesia memiliki persentase perokok aktif tertinggi di ASEAN, yaitu 51,1%. Proporsi ini jauh lebih tinggi dibandingkan negara tetangga Brunei Darussalam (0,06%) dan Kamboja (1,15%). Pada tahun 2013, 43,8% perokok di Indonesia tergolong lemah; 37,7% perokok memiliki ijazah sekolah dasar; dan 44,5% perokok adalah petani, nelayan, dan pekerja. Antara usia 30 dan 34 tahun, ditemukan 33,4% perokok aktif. Berita baiknya adalah, terlepas dari kenyataan bahwa ada lebih banyak perokok pasif,

perokok aktif hanya mencapai 1,1% dari wanita Indonesia. Namun, masih memungkinkan untuk meningkatnya persentase ini dari tahun ke tahun.

Masalah dengan puntung rokok adalah ketika jumlahnya bertambah, lingkungan bisa menjadi tercemar. Sampah kecil, seperti puntung rokok, akan berjumlah sekitar 1,2 triliun ton jika dikumpulkan secara keseluruhan, yang merupakan jumlah yang luar biasa untuk benda sekecil puntung rokok. Hal menarik lainnya tentang sampah ini adalah tidak sepenuhnya organik. Campuran tembakau dan logam berat di dalamnya berpotensi mencemari tanah dan air di sekitarnya (Rahmadina, 2019).

Seiring bertambahnya jumlah perokok di Indonesia, demikian pula jumlah sampah filter rokok yang dihasilkan. Sementara proses degradasi memakan waktu lama, jumlah rokok yang dihasilkan terus bertambah. Karena sampah mengandung *selulosa asetat*, bahan yang sulit diurai, biasanya dibutuhkan waktu sepuluh tahun untuk terurai sepenuhnya. *Selulosa asetat* adalah zat sintetis yang digunakan dalam produksi film fotografi. *Selulosa asetat* itu sendiri adalah *ester asam asetat* dan *selulosa* dalam hal kimia. Pada tahun 1865, senyawa ini dibuat untuk pertama kalinya. *Selulosa asetat* juga digunakan sebagai komponen dalam perekat dan serat sintetis, selain film fotografi (Hasan, Saleh, & Anggraini, 2018).

Pemilihan material alternatif berbahan komposit yang memiliki sifat material yang kuat dan ringan, salah satunya material komposit dengan penguat dari *fiber* dan *fiber glass*. Sama halnya dengan limbah filter rokok yang juga memiliki bahan dasar kapas yang ringan, berpori dan mudah menyerap (Candra, Gardjito, Cahyo, & Prasetyo, 2019).

(Mayleni, Rollastin, & Masdani, 2021) Melakukan penelitian mengenai komposit berpenguat serat limbah filter rokok terhadap kekuatan impak *Charpy* dengan ketebalan benda uji yang berbeda (3 mm, 4 mm, 5 mm). Menurut penelitian ini dengan ketebalan 3 mm, kekuatan impak rata-rata tertinggi adalah $0,02868 \text{ J/mm}^2$ dibandingkan dengan spesimen ketebalan lainnya. $0,01628 \text{ J/mm}^2$ pada ketebalan 4 mm dan $0,01025 \text{ J/mm}^2$ pada ketebalan 5 mm. Pada pengujian eksperimen untuk hasil pengujian kekuatan impak dibandingkan dengan hasil

pengujian kekuatan impact helm SNI sebesar $0,00972 \text{ J/mm}^2$ maka spesimen yang dibuat lulus uji material untuk helm SNI dan dapat diaplikasikan pada pembuatan helm SNI.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah filter rokok pada campuran komposit dapat digunakan sebagai solusi alternatif terhadap banyaknya limbah yang ada. Atas dasar inilah perlunya dilakukan penelitian lebih dalam, sehingga dengan adanya informasi-informasi yang dijadikan sebagai referensi diharapkan dalam penelitian yang akan dilakukan dengan membuat material komposit berpenguat dari serat limbah filter rokok sebagai rekomendasi bahan alternatif material yang dapat digunakan dalam pembuatan suatu produk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka didapatkanlah rumusan masalah pada penelitian ini yaitu: Bagaimana pengaruh variasi susunan arah dan fraksi volume serat limbah filter rokok terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impact?

1.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah yang dapat diambil seperti:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada pengujian tarik dan pengujian impact terhadap pengaruh susunan arah dan fraksi volume komposit yang berasal dari limbah filter rokok.
2. Susunan serat adalah vertikal, horizontal dan silang menyesuaikan dengan wadah cetakan.
3. Variasi yang digunakan adalah perbandingan persentase fraksi volume antara serat sebanyak 15%, 22,5%, 30%.
4. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D-638-1 dan ISO 179-1.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi susunan arah dan fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit berpenguat dari limbah filter rokok.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat membantu peneliti mendapatkan lebih banyak informasi, wawasan, dan pengalaman dengan komposit.
2. Penelitian yang memanfaatkan limbah filter rokok sebagai bahan alternatif ini dapat menjadi referensi baru bagi para akademisi.
3. Pengembangan teknologi material yang mampu meminimalisir limbah yang terbuang sekaligus memiliki nilai pasar bagi lingkungan.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Komposit

Komposit didasari oleh kata kerja “*to compose*” yang memiliki arti menyusun maupun menggabung. Jadi secara umum bahan tersebut diartikan sebagai bahan penggabungan dari dua atau bervariasi lebih (Lumintang, Rauf, & Soplanit, 2019)

Material komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat digunakan sebagai bahan *framing* yang membentuk komposit. Fungsi matriks adalah untuk mengikat serat dan mencegahnya berubah posisi. Matriks memiliki sifat yang mudah diubah bentuknya dengan memotong atau mencetak sesuai dengan persyaratan desain. Selain itu, perbedaan susunan serat juga dapat mengubah sifat-sifat dari komposit yang dihasilkan. Hal ini dapat digunakan untuk mendapatkan sifat senyawa berdasarkan parameter yang diperlukan.

Matriks biasanya terbuat dari bahan resin. Matriks bertindak sebagai pengikat untuk bahan berserat, memungkinkan tumpukan serat saling menempel dengan kuat. Resin akan berikatan dengan bahan berserat sehingga beban yang diberikan pada komposit merata. Selain itu, resin melindungi serat dari serangan kimia atau kondisi cuaca ekstrim yang dapat merusaknya. Berdasarkan kombinasi ini, dihasilkan bahan baru yang memiliki sifat dan sifat yang berbeda dari bahan penyusunnya (Diana, Safitra, & Ariansyah, 2020).

2.1.1 Unsur Penyusun Komposit

Ada dua macam material yang digunakan sebagai penyusun komposit.

- a. Material tersebut adalah: Material penguat (*Reinforcement*)

Material adalah bahan mempunyai sifat yang kurang elastis, serta bahan penguat umumnya yaitu serat atau partikel. Serat adalah komponen material yang memanjang membentuk jaringan penuh. Komposit diklasifikasikan menjadi dua kategori serat komponen secara umum:

1. Serat alami

Serat alam (*nature fiber*) merupakan serat yang bersumber langsung dari alam bukan buatan atau rekayasa manusia (Astika, Lokantara, & Karohika, 2013). Biasanya serat alami dihasilkan dari pengolahan bambu, nanas, serabut kelapa, ijuk, goni, dan lain sebagainya. Kelemahan serat alami adalah kekuatan yang bergantung kepada usia serat dan bentuknya tidak seragam.

2. Serat sintetis

Bahan kimia dan anorganik digunakan untuk membuat serat sintetis. Serat ini memiliki karakteristik unggul untuk digunakan sebagai komposit dibandingkan serat alam karena memiliki bentuk dan ukuran yang konsisten dan sifat mekanik serat dapat berubah. Serat nilon, serat kaca, serat karbon, dan serat lainnya biasanya digunakan.

b. Material pengikat (Matriks)

Bahan ini umumnya bersifat *elastomer* dan jenis matriks yang biasa digunakan adalah logam, polimer atau keramik. Jenis matriks yang digunakan memberikan nama campuran, antara lain:

1. Komposit Matrik Keramik / *Ceramic Matriks Composite (CMC)*

Keramik digunakan sebagai matriks dalam komposit. kaca anorganik, alumina, dan silikon nitrida adalah matriks umum yang digunakan dalam komposit ini. Keuntungan dari jenis komposit ini antara lain adalah dimensi yang lebih stabil, ketahanan terhadap suhu tinggi, dan permukaan yang tahan aus. Komposit semacam ini, di sisi lain, memiliki kelemahan seperti sulit dibuat dalam jumlah besar, agak mahal, dan terbatas pada penggunaan tertentu.

2. Komposit Matrik Logam / *Metal Matriks Composite (MMC)*

Logam digunakan sebagai matriks dalam komposit. Bentuk komposit ini menawarkan sejumlah keunggulan, termasuk fakta bahwa ia tidak dapat menyerap kelembaban, memiliki kuat tekan serta geser yang tinggi, dan sulit terbakar. Akan tetapi, ada banyak kelemahan dari bentuk komposit ini, termasuk biaya tinggi dan standarisasi material yang terbatas.

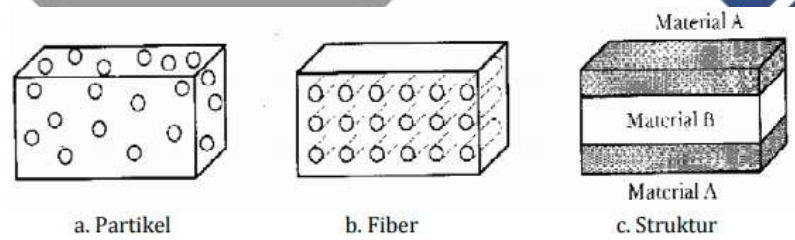
3. Komposit Matrik Polimer / *Polimer Matriks Composite (PMC)*

Komposit yang paling sering digunakan dengan matriks polimer adalah karena menawarkan karakteristik yang lebih bisa menahan korosi lalu lebih ringan, serta mengurangi biaya produksi. Bentuk komposit ini di sisi lain, memiliki kelemahan karena tidak dapat mentolerir suhu tinggi. Polimer *thermoplastic* (*polyester* dan *nylon*) dan *thermoset* (*epoksida* dan *bismaleimida*).

2.1.2 Klasifikasi Komposit

Pembagian komposit terhadap penguatnya yaitu:

- a. Komposit berpenguat berbentuk partikel biasa disebut dengan *particulate composite*
- b. Komposit dengan penguatnya berbentuk serat disebut *fiber Composite*
- c. Komposit dengan penggabungan beberapa material disebut *structural composite*.



Gambar 2.1 Komposit Berdasarkan Penguatnya (Utama & Zakiyya, 2016)

Pembagian Komposit terhadap penempatannya:

- a. *Continous Fiber Composites*

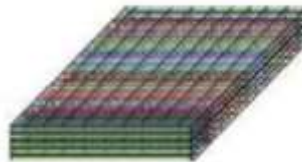
Bahan sintetis yang diperkuat dengan serat kontinu dengan serat lurus panjang yang membentuk lapisan tengah substrat.



Gambar 2.2 *Continous Fiber Composites* (Widiarta, Nugraha, & Dantes, 2018)

b. Woven Fiber Composites

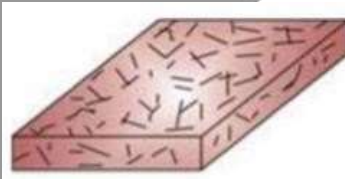
Komposit bertulang anyaman, komposit ini tidak terpengaruh oleh separasi lapisan, tetapi susunan benang lusi tidak lurus sehingga kekuatan dan kekakuannya tidak sebaik tipe *continuous fiber*.



Gambar 2.3 *Woven Fiber Composite* (Widiarta, Nugraha, & Dantes, 2018)

c. Chopped Fiber Composites

Komposit ini diperkuat menggunakan serat yang dipotong pendek maupun disusun secara acak.



Gambar 2.4 *Chopped Fiber Composites* (Widiarta, Nugraha, & Dantes, 2018)

d. Hybrid Composites

Komposit diperkuat dengan beberapa kombinasi serat, yaitu benang kontinu dengan benang acak. Idanya adalah untuk mengurangi kekurangan atribut dari kedua jenis dan menggabungkannya menjadi satu.



Gambar 2.5 *Hybrid Composite* (Widiarta, Nugraha, & Dantes, 2018)

2.2 Filter Rokok

2.2.1 Pengertian Filter Rokok

Limbah filter rokok atau biasa disebut puntung rokok merupakan suatu limbah yang sulit untuk didaur ulang. Puntung rokok filter memiliki bahan dasar kapas yang ringan, berpori dan mudah menyerap (Candra, Gardjito, Cahyo, & Prasetyo, 2019). Sampah filter rokok mengandung polimer *selulosa asetat*, yang memiliki karakteristik *thermoplastic* terkait dengan *plasticizers* dan tahan terhadap panas dan tekanan. *Selulosa asetat* merupakan komponen penting dalam produksi kancing, kacamata, pelapis, blus, gaun pengantin, perabot rumah tangga, gorden, dan pelapis untuk mainan anak-anak (Hasan, Saleh, & Anggraini, 2018).

Tabel 2.1 Spesifikasi Filter Rokok

Filter Rokok	Jari-jari (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Massa (g)	Kerapatan (g/cm ³)
A	0.45	1.9	1.2081	0.1232	0.102
B	0.40	2.0	1.0048	0.1007	0.100
C	0.35	2.6	1.0001	0.1199	0.120

Sumber: (Hadaina, Yusibani, & Gunawati, 2016)

2.2.2 Kandungan Filter Rokok

Menurut (Aji, Maulinda, & Amin, 2015) Jenis-jenis kandungan dalam filter rokok adalah:

a. *Nikotin* bersifat *neurotoksik*, membuat rileks, menenangkan, dan dapat menyebabkan obesitas dan menyempitkan pembuluh darah. Efek ini bisa membuat perokok kecanduan. Orang dewasa yang menghirup kadar nikotin 4-6 mg per hari sudah membuat ketagihan.

b. *Timbal (Pb)* Sebatang rokok menghasilkan 0,5 gram *timbal*, dan ambang batas bahaya timbal yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia yaitu 20 gram per hari

c. *Carbon Monoksida (CO)* Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna dan tidak berbau. Karbon monoksida cenderung berikatan

kuat dengan hemoglobin dalam sel darah merah.

d. *Tar* memiliki sifat karsinogen yang dapat menyebabkan iritasi serta kanker pada saluran pernapasan perokok.

Tabel 2.2 Kandungan Dalam Filter Rokok

Bahan	Persentase (%)
<i>Dekstrosa</i>	0,25
<i>Sukrosa</i>	0,20
<i>Pektin</i>	8,42
<i>Selulosa</i>	12,09
<i>Asam Sitrat</i>	9,01
<i>Asam Malat</i>	3,63
<i>Asam Oksalat</i>	2,80
<i>Protein</i>	9,08
<i>Nikotin</i>	3,43
<i>Ammonia</i>	0,61
<i>Nitrogen</i>	5,19
<i>Abul</i>	7,83
<i>Asam Amino</i>	10,53
Lain-lain	16,93
Total	90

2.3 Resin

Resin ini biasa juga dikenal sebagai *polyester*, adalah jenis resin termoset. Resin adalah cairan dengan kekentalan rendah yang bisa mengeras pada suhu kamar disertai penambahan katalis tanpa memancarkan gas selama percobaan, berbeda dengan banyak resin plastik termoset lainnya. Tabel 2.3 berikut ini merupakan temperatur penggunaan resin.

Tabel 2.3 Temperatur Penggunaan Resin

Resin	Temperatur Maximum (°C)
<i>Polyester</i>	Temperatur Ruang
<i>Epoxy</i>	200
<i>Phenolics</i>	260
<i>Polimides</i>	300
<i>Polibeninidozole</i>	Diatas 300

Sumber: (Fahmi & Hermansyah, 2011)

Resin *polyester* dapat diformulasikan dengan bahan selain resin itu sendiri yang dibutuhkan. Tabel 2.4 Sifat material termoset ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.4 Sifat Material Termoset

Resin Material	Density (g/cm³)	Tensile Modulus Gpa (10⁶ psi)	Tensile Strenght Mpa (10³ psi)
<i>Epoxy</i>	1.2-1.4	2.5-5.0 (0.36-0.72)	50-110 (7.2-16)
<i>Phenolic</i>	1.2-1.4	2.7-4.1 (0.4-0.6)	35-60 (5-9)
<i>Polyester</i>	1.2-1.4	1.6-4.1 (0.23-0.6)	35-95 (5.0-13.8)

Sumber: (Maples, Robinson, & Bismarck, 2012)

2.4 Katalis

Katalis adalah bahan yang dapat mempercepat laju dari reaksi kimia pada suhu tertentu tanpa diubah atau dikonsumsi oleh reaksi. Katalis memiliki peran dalam reaksi, tetapi tidak bertindak sebagai reaktan atau produk. Katalis adalah zat yang digunakan agar mempercepat reaksi polimerisasi bahan komposit pada tekanan dan suhu normal. Penggunaan katalis dapat berperan dalam mengatur gelembung udara yang dihasilkan oleh blower, mencegahnya mengembang terlalu banyak atau terlalu cepat mengeras, sehingga menghambat pembentukan gelembung udara.

2.5 Perhitungan Volume Matriks dan Serat

Sebelum dilakukan pembuatan spesimen uji diperlukanlah suatu perhitungan untuk menentukan perbandingan rasio volume matriks dan serat.

Rumus massa jenis serat:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan: ρ = Massa Jenis Serat (g/cm^3)

m = Massa Serat (g)

v = Volume Serat (cm^3)

Rumus massa serat komposit:

$$M_{fc} = V_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot x_{fc}\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan: M_{fc} = Massa Serat Komposit (g)

V_{fc} = Volume Serat Komposit (cm^3)

ρ_{fc} = Massa Jenis Serat Komposit (g/cm^3)

$x_{fc}\%$ = Fraksi volume Serat

Rumus massa matrik komposit:

$$M_{mc} = V_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot x_{mc}\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan: M_{mc} = Massa Matrik Komposit (g)

V_{mc} = Volume Matrik Komposit (cm^3)

ρ_{mc} = Massa Jenis Matrik Komposit (g/cm^3)

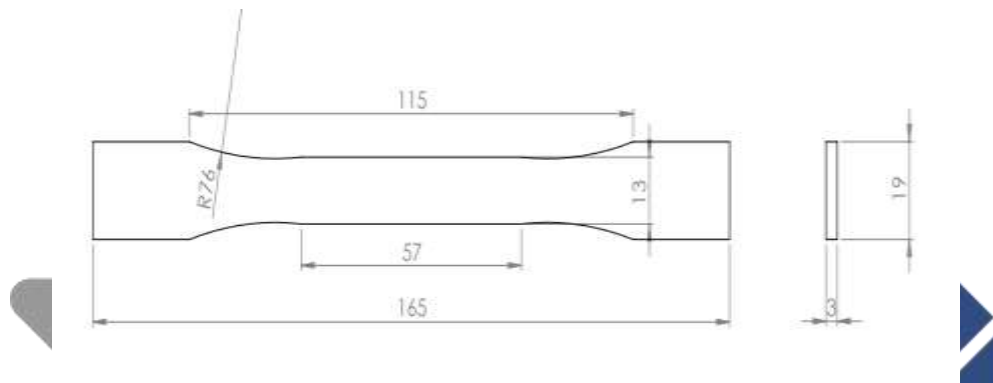
$x_{mc}\%$ = Fraksi Volume Matrik

Pada spesimen uji tarik dengan volume cetakan = $9,78 \text{ cm}^3$ dan spesimen uji impak dengan volume cetakan = $3,2 \text{ cm}^3$, massa jenis resin = $1,215 \text{ g/cm}^3$

disertai massa jenis katalis $1,25 \text{ g/cm}^3$ (perhitungan menggunakan rumus dapat dilihat pada lampiran 2).

2.6 Uji Tarik

Pengujian tarik digunakan untuk menilai kekuatan tarik dan regangan dari matriks dan komposit serat. Benda uji diikat pada mesin uji dan pembebanan ditingkatkan secara bertahap sampai beban tertentu tercapai dan benda uji pecah.



Gambar 2.6 Desain Spesimen Standar ASTM D-638-1

Pada penelitian ini proses perhitungan tegangan tarik menggunakan rumus seperti pada lampiran 3.

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$A_0 = B \times H \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

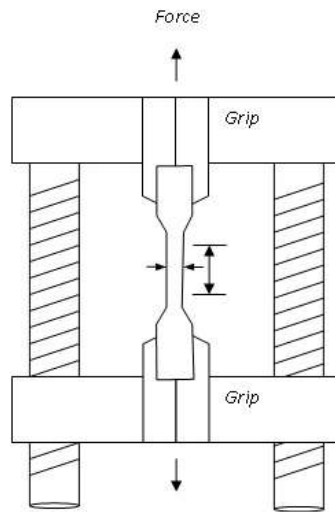
σ : Tegangan tarik (Mpa)

F_{maks} : Beban tarik maksimum (N)

A : Luas penampang yang diujikan (mm^2)

B : Lebar (mm)

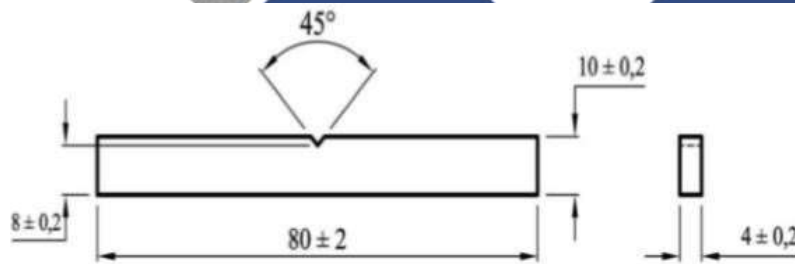
H : Tinggi (mm)



Gambar 2.7 Penempatan Material Uji Tarik

2.7 Uji Impak

Uji impak adalah pengujian ketangguhan pada spesimen material logam dan komposit. Uji impak digunakan untuk menentukan material yang rapuh atau ulet akibat gerak benda berdasarkan sifat ketangguhannya. Pengujian ini menggunakan standar ISO 179-1.



Gambar 2.8 Desain Spesimen Standar ISO 179-1

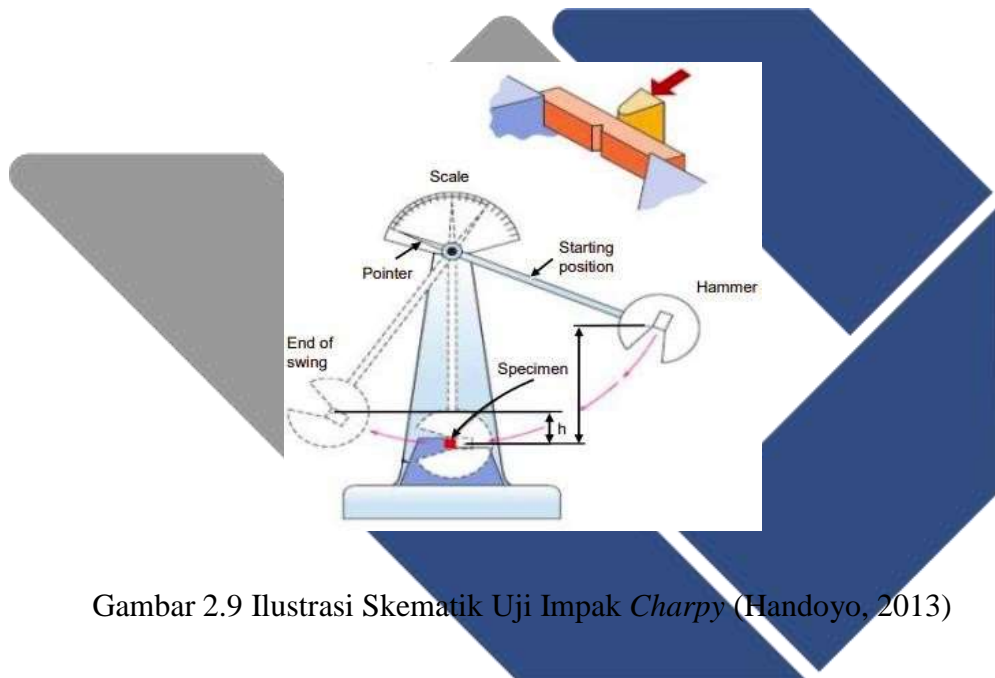
Energi patah/serap uji dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Energi serap} = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.6)$$

Kekuatan impak benda uji dapat dihitung dengan persamaan:

$$HI = \frac{E}{A} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana: HI = Kekuatan impak (J/mm^2)
 E = Energi serap/patah spesimen (joule)
 A = Luas penampang spesimen di bawah takikan (mm^2)
 m = Berat Pendulum (m)
 g = Gaya gravitasi $9.81 (m/s^2)$
 r = Jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
 $\cos \alpha$ = Sudut pendulum tanpa benda uji ($^\circ$)
 (penggunaan rumus terdapat pada lampiran 4)



Gambar 2.9 Ilustrasi Skematik Uji Impak *Charpy* (Handoyo, 2013)

Takik pada spesimen standar dimaksudkan untuk berfungsi sebagai konsentrasi tegangan, menyiratkan bahwa fraktur akan terjadi di daerah itu. Takik, selain berbentuk V dengan sudut 45° , juga dapat dibuat dalam bentuk lubang kunci.

2.9 Metode Eksperimen Faktorial

(Suzen, Hasdiansah, & Yuliyanto, 2020) Dalam penelitiannya berpendapat bahwa eksperimen faktorial merupakan suatu percobaan di mana semua taraf faktor akan dikombinasikan dengan taraf faktor lainnya yang terdapat dalam

eksperimen. kombinasi taraf faktor dapat dilakukan dengan melakukan perkalian antara taraf faktor satu dengan taraf faktor lainnya. Percobaan ini dapat mengetahui pengaruh-pengaruh tunggal dari faktor yang diujikan dan faktor gabungan dari masing-masing faktor yang diujikan.

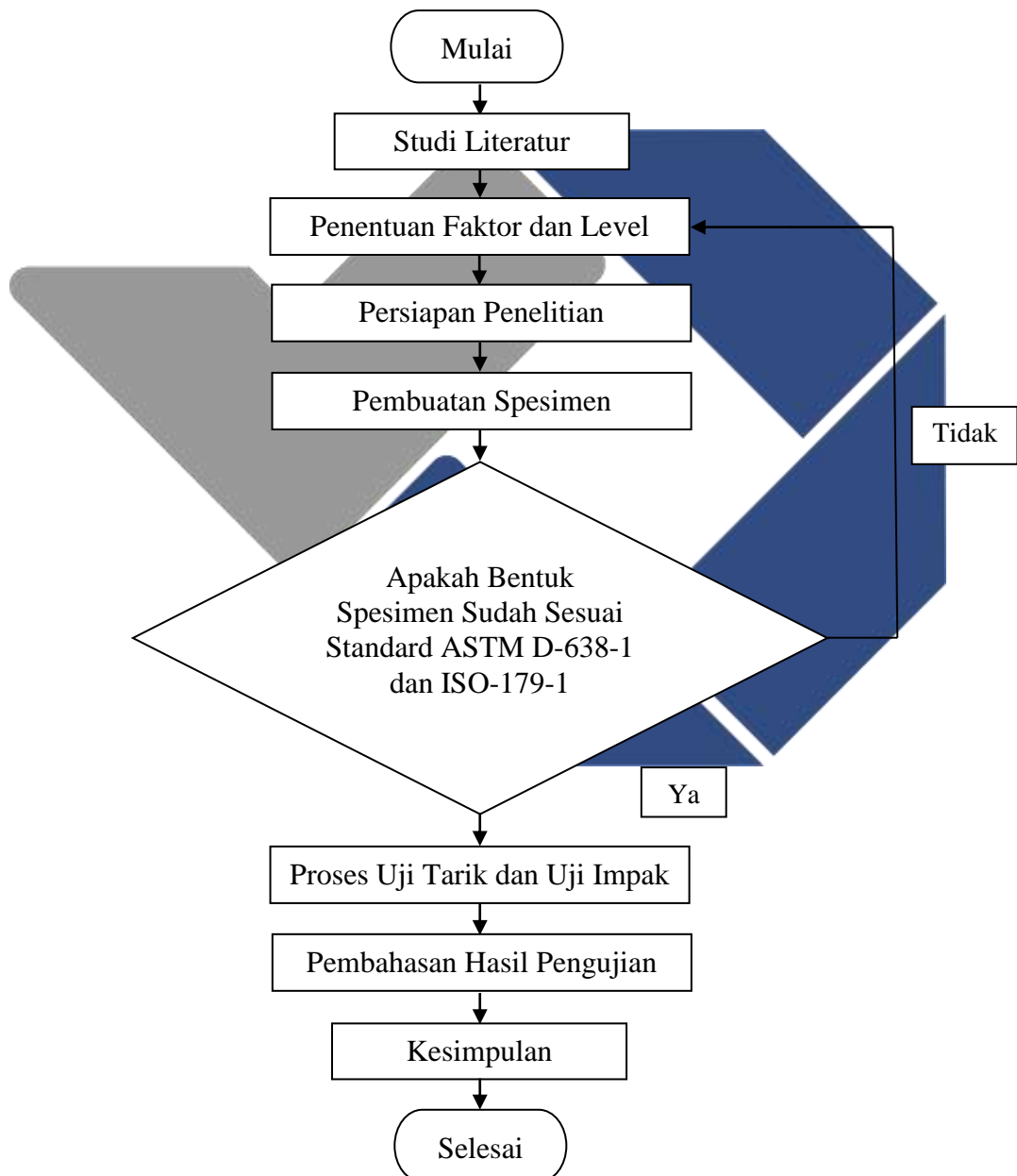
Rancangan percobaan merupakan langkah lengkap yang perlu dilakukan sebelum melakukan percobaan guna memperoleh data yang diperlukan untuk analisis yang objektif dan kesimpulan yang tepat tentang masalah yang bersangkutan. Rancangan percobaan bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan sebanyak mungkin informasi yang diperlukan dan berkontribusi pada penyelidikan terhadap pertanyaan yang akan dibahas. Tetapi ketika mengumpulkan informasi, desainnya harus sesederhana mungkin. Hal ini didukung oleh fakta bahwa, selain ekonomis, desain ini akan dianalisis dengan cepat.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dijelaskan secara sederhana sesuai dengan diagram alir penelitian.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari teori dan kajian yang terdapat pada buku dan jurnal yang berkaitan dengan komposit berpenguat dari limbah filter rokok yang nantinya akan digunakan untuk mengidentifikasi masalah, menyusun rencana kerja yang akan dilaksanakan, serta mengambil data penelitian yang ada untuk dijadikan sebagai pembandingan terhadap hasil uji yang akan di analisis.

3.3 Penentuan Faktor dan Level

Dalam penelitian ini terdapat tahap penentuan faktor dan level untuk membuat komposisi spesimen yang sesuai dengan standar serta perlakuan replikasi terhadap setiap spesimen sebanyak 3 kali baik pada spesimen uji tarik maupun uji impak.

3.4 Persiapan Penelitian

Pada penelitian ini memiliki tahapan yang dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan yang berhubungan dengan penelitian ini agar pada tahap pembuatan spesimen dapat berjalan sebaik mungkin seperti pada proses 4.2.

a. Alat penelitian

Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan mulai dari mempersiapkan cetakan benda uji, timbangan digital, suntikan, serta alat pendukung lainnya seperti penggaris, jangka sorong, gunting, gerinda tangan, dan kikir. Mempersiapkan peralatan untuk melakukan pengujian seperti mesin uji tarik dan alat uji impak.

b. Material penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat limbah filter rokok, resin *Polyester* BQTX 157, serta katalis karena resin jenis ini banyak digunakan sebagai bahan penelitian pembuatan spesimen. Spesimen uji tarik standar ASTM D638-1 dan uji impak standar ISO 179-1 yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan ukuran seperti Gambar 2.6 dan 2.8. Tujuan digunakannya standar adalah sebagai acuan sebelum dilakukannya pengujian supaya nilai yang didapat secara akurat.

3.5 Pembuatan Spesimen

Langkah awal pembuatan benda uji untuk pengujian tarik dan impak adalah menyiapkan cetakan yang sudah bersih dan telah diolesi wax yang rata. Hal ini dilakukan untuk menghindari terbentuknya gelembung udara atau *void* akibat pemanasan yang ditimbulkan oleh reaksi resin dan katalis. Dalam perhitungan terdapat data seperti berikut:

$$\text{Volume cetakan uji tarik} = 9,78 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume cetakan uji impak} = 3,2 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa jenis limbah filter rokok} = 0,96 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis resin } \textit{polyester} = 1,215 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis katalis} = 1,25 \text{ g/cm}^3$$

3.6 Pengecekan Spesimen

Sebelum dilakukannya pengujian terlebih dahulu dilakukannya proses pengukuran spesimen menggunakan alat ukur jangka sorong. Pengukuran dilakukan dengan tujuan untuk melihat apakah bentuk spesimen sudah memenuhi standar ASTM D-638-1 dan ISO-179-1. Apabila telah memenuhi standar ukuran spesimen dapat dilakukan proses uji, namun jika belum sesuai perlu dilakukan kembali proses penentuan faktor dan level agar didapatkannya spesimen dengan ukuran sesuai standar.

3.7 Proses Uji Tarik dan Uji Impak

Proses pengujian dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machining* merek Zwick Roell Z020 tipe Xforce K sebagai mesin untuk uji tarik dan alat uji GOTECH model GT-7045 sebagai alat uji impak.

3.8 Pembahasan Hasil Pengujian

Data yang telah didapat kemudian diolah untuk dilakukan analisa menggunakan metode eksperimen langsung dari grafik yang telah dibuat. Analisa data dilakukan untuk melihat pengaruh dari pengaruh variasi susunan arah dan fraksi volume komposit berpenguat dari limbah filter rokok.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran berisi ringkasan dari hasil dan pembahasan, penegasan mengenai kaitan hasil penelitian dengan masalah dan tujuan penelitian, dan implikasi yang ditimbulkan oleh hasil penelitian. Kesimpulan adalah jawaban secara singkat padat dan jelas yang mencakup dari masalah penelitian tersebut. Saran adalah upaya penulis untuk memberikan masukan terhadap pembaca tentang penelitiannya.



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Faktor dan Level

Dalam penelitian ini terdapat dua variabel bebas disebut faktor. Faktor A mempunyai tiga taraf yakni arah serat yaitu horizontal, vertikal, dan silang dan Faktor B fraksi serat yaitu 15%, 22,5%, dan 30%. Dengan demikian diperlukan sembilan spesimen yang berbeda-beda. Pada masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan, sehingga diperoleh data sebanyak 54 spesimen dengan 27 spesimen untuk uji tarik serta 27 spesimen untuk uji impak. Eksperimen akan dilakukan berdasarkan Tabel 3.1 dari nilai tiap parameter akan dibuat spesimen dan akan dilakukan proses uji tarik dan uji impak.

Tabel 4.1 Parameter yang Digunakan

Eksperimen	Arah serat	Fraksi volume (%)
1	Horizontal	15 : 85
2	Horizontal	22,5 : 77,5
3	Horizontal	30 : 70
4	Vertikal	15 : 85
5	Vertikal	22,5 : 77,5
6	Vertikal	30 : 70
7	Silang	15 : 85
8	Silang	22,5 : 77,5
9	Silang	30 : 70

4.2 Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan memiliki beberapa tahapan dimulai dari persiapan bahan dan peralatan hingga pengecekan spesimen uji. Prosedur penelitian sebagai berikut:

4.2.1 Persiapan Penelitian

a. Alat yang Digunakan

1. Cetakan Benda Uji

Cetakan spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standar ASTM D638-1 yang terbuat dari silikon dengan ukuran yang dapat dilihat pada Gambar 2.6. Sedangkan cetakan spesimen uji impak standar ISO 179-1 yang memiliki desain seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 4.1 Cetakan Uji Tarik



Gambar 4.2 Cetakan Uji Impak

2. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi sebagai alat pengukur dari material yang diperlukan. Penelitian ini menggunakan timbangan digital merek *Superior Mini* dengan ketelitian mencapai 0,01 gram.



Gambar 4.3 Timbangan Digital

3. Suntikan

Digunakan sebagai alat bantu untuk meneteskan katalis. Penelitian ini menggunakan suntikan dengan merek Terumo.



Gambar 4.4 Suntikan

4. Alat Bantu: penggaris, jangka sorong, gunting, gergaji dan kikir.

b. Bahan yang digunakan

1. Limbah Filter Rokok

Limbah filter rokok yang digunakan terdiri dari berbagai campuran merek rokok. Limbah ini dikumpulkan dari beberapa tempat seperti di pinggir jalan, kafe, dan beberapa kos mahasiswa.



Gambar 4.5 Limbah Filter Rokok

2. Resin *Polyester* BQTX 157

Resin *polyester* merupakan salah satu jenis resin yang sering ditemukan pada penelitian dalam pembuatan komposit. Keunggulan resin ini adalah harganya yang terjangkau, dan mudah diproses.



Gambar 4.6 Resin *Polyester* BQTX 157

3. Katalis (pengeras)

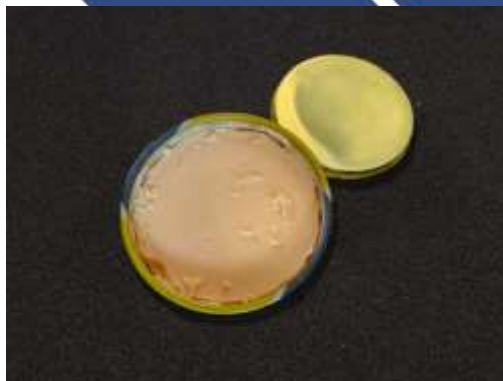
Katalis dengan merek Mepoxe ini mengandung senyawa *metil etil keton peroksida*. Pengeras Ini memiliki warna yang jelas dan dapat digunakan sebagai pengeras. Katalis didapat bersamaan dengan resin.



Gambar 4.7 Katalis

4. *Mirror Glaze*

Wax jenis ini memiliki bentuk seperti krim namun agak padat, bisa dimanfaatkan sebagai pelapis antara bidang cetakan dan material komposit mempermudah saat pengangkatan spesimen agar tidak lengket dengan cetakan.



Gambar 4.8 *Mirror Glaze*

4.2.2 Pembuatan Spesimen

Pembuatan model spesimen uji dibuat berdasarkan ketentuan standard ukuran spesimen yang digunakan yaitu ASTM D-638-1 sebagai acuan uji tarik dan ISO 179-1 untuk uji impak.

Prosedur pembuatan spesimen pengujian sebagai berikut:

1. Pertama, bersihkan terlebih dahulu limbah filter rokok yang masih menyatu dengan pembungkus filter dan hanya menyisakan busanya untuk dicacah dan dilakukan proses pencetakan.



Gambar 4.9 Pembersihan Limbah Filter Rokok

2. Hitung massa material yang akan digunakan, resin *polyester* dan katalis sesuai dengan perhitungan sebelumnya menggunakan timbangan digital.



Gambar 4.10 Pengukuran Massa Material

3. Masukkan dan susun secara rapi dengan bentuk horizontal, vertikal, dan silang yang sudah ditimbang.



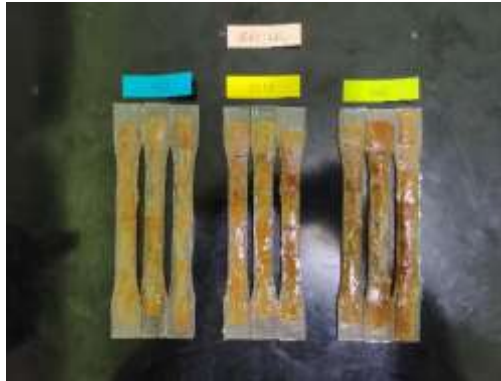
Gambar 4.11 Penyusunan Serat

4. Campurkan resin *polyester* dan katalis yang sebelumnya telah ditimbang di dalam wadah lainnya dan dilanjutkan dengan memasukan ke dalam cetakan, pastikan campuran merata sehingga tidak terdapat ruang kosong dan gelembung udara pada material.

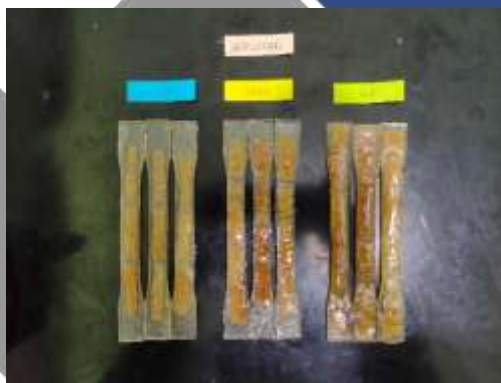


Gambar 4.12 Proses Pencetakan

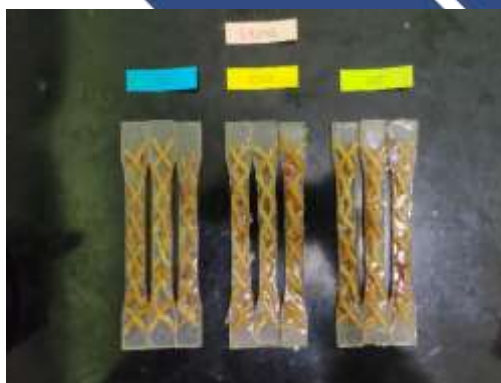
5. Jika sudah kering komposit sudah bisa dilepaskan dari cetakan.



Gambar 4.13 Spesimen Uji Tarik Vertikal



Gambar 4.14 Spesimen Uji Tarik Horizontal



Gambar 4.15 Spesimen Uji Tarik Silang

Prosedur Pembuatan Model Spesimen Uji Impak sebagai berikut:

1. Pertama, bersihkan terlebih dahulu limbah filter rokok yang masih menyatu dengan pembungkus filter dan hanya menyisakan busanya untuk dicacah dan dilakukan proses pencetakan.



Gambar 4.16 Pembersihan Limbah Filter Rokok

2. Hitung massa material yang akan digunakan, resin *polyester* dan katalis sesuai dengan perhitungan sebelumnya menggunakan timbangan digital.



Gambar 4.17 Pengukuran Massa Material

3. Oleskan secara merata wax ke seluruh permukaan untuk mencegah bahan menempel langsung ke cetakan, hal ini membuat spesimen lebih mudah untuk dilepaskan.



Gambar 4.18 Pemberian Wax pada Cetakan

4. Masukkan dan susun secara rapi dengan bentuk horizontal, vertikal, dan silang yang sudah ditimbang.



Gambar 4.19 Penyusunan Serat

5. Campurkan resin *polyester* dan katalis yang sebelumnya telah ditimbang di dalam wadah lainnya dan dilanjutkan dengan memasukkan ke dalam cetakan, pastikan campuran merata sehingga tidak terdapat ruang kosong dan gelembung udara pada material.



Gambar 4.20 Proses Pencetakan

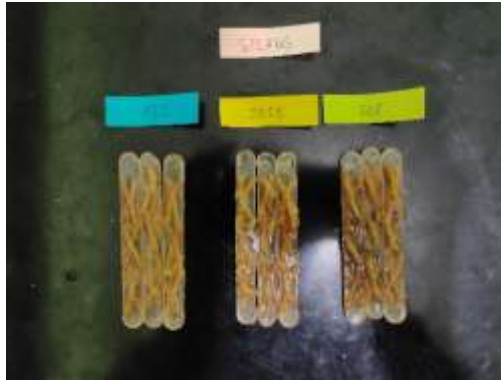
6. Jika sudah kering, komposit sudah bisa dilepaskan dari cetakan.



Gambar 4.21 Spesimen Uji Impak Vertikal



Gambar 4.22 Spesimen Uji Impak Horizontal



Gambar 4.23 Spesimen Uji Impak Silang

4.2.2 Pengecekan Spesimen

Pengecekan dilakukan menggunakan alat ukur jangka sorong dengan tujuan untuk melihat apakah bentuk spesimen sudah memenuhi standar ASTM D-638-1 dan ISO-179-1 seperti pada gambar 4.24 dan 4.25.



Gambar 4.24 Pengukuran Spesimen Uji Tarik



Gambar 4.25 Pengukuran Spesimen Uji Tarik

Pada pengukuran yang telah dilakukan maka didapatkanlah hasil dari masing-masing spesimen sesuai dengan standar pada Gambar 2.6 dan 2.8.

Tabel 4.2 Hasil Kekuatan Uji Tarik

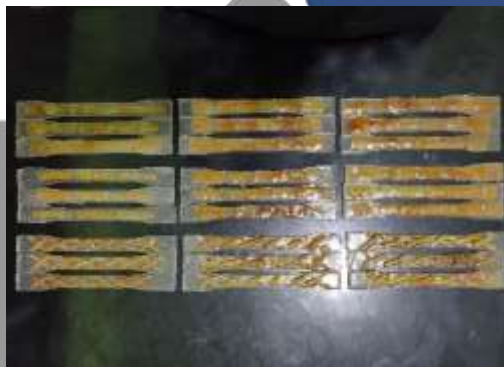
No	Arah	Rasio Volume Matriks dan Serat (%)	Klasifikasi Pengukuran (mm)		
			panjang	lebar	tebal
1	Horizontal	15 : 85	165	19	3
2	Horizontal	22,5 : 77,5	165	19	3
3	Horizontal	30 : 70	165	19	3
4	Vertikal	15 : 85	165	19	3
5	Vertikal	22,5 : 77,5	165	19	3
6	Vertikal	30 : 70	165	19	3
7	Silang	15 : 85	165	19	3
8	Silang	22,5 : 77,5	165	19	3
9	Silang	30 : 70	165	19	3

Tabel 4.3 Hasil Kekuatan Uji Impak

No	Arah	Rasio Volume Matriks dan Serat (%)	Klasifikasi Pengukuran (mm)		
			panjang	lebar	tebal
1	Horizontal	15 : 85	80	10	4
2	Horizontal	22,5 : 77,5	80	10	4
3	Horizontal	30 : 70	80	10	4
4	Vertikal	15 : 85	80	10	4
5	Vertikal	22,5 : 77,5	80	10	4
6	Vertikal	30 : 70	80	10	4
7	Silang	15 : 85	80	10	4
8	Silang	22,5 : 77,5	80	10	4
9	Silang	30 : 70	80	10	4

4.3 Pengujian Material Komposit

Tahapan ini dilalui dengan beberapa proses yang dilakukan secara urut. Adapun proses tersebut diawali dengan studi pustaka, dan dilanjutkan dengan membuat spesimen untuk uji tarik berstandar ASTM D-638-1 serta uji impak berstandar ISO-179. Spesimen uji yang digunakan berbahan dasar limbah filter rokok sebagai seratnya dan resin *polyester* sebagai pengikat matrik. Spesimen uji ini menggunakan variasi pada fraksi volume dan arah susunan dengan mereplikasinya sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 9 spesimen untuk setiap variasi volume dan arah susunan.



Gambar 4.26 Spesimen Uji Tarik



Gambar 4.27 Spesimen Uji Impak

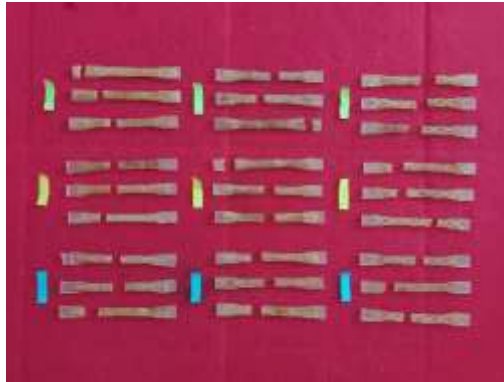
Selanjutnya semua spesimen yang telah dicetak dan diberi tanda pengenal maka telah siap untuk dilakukan uji tarik. Tahapan pengujian material komposit untuk uji tarik terdiri:

1. Nyalakan kompresor untuk memompa udara yang akan digunakan pada mesin uji tarik
2. Hidupkanlah mesin uji tarik dan komputer yang digunakan untuk operasional mesin.
3. Bukalah *software* Zwick Test Expert program pada komputer.
4. Memasang dan mengatur titik nol pada benda uji dalam cekam mesin uji, sesuai dengan tanda yang telah ditentukan kemudia menekan *UP* untuk menaikkan atau *DOWN* untuk menurunkan cekam.
5. Mengisi data material pada *Method Window*:
 - a. *Sample*, untuk data material meliputi: *shape*, *Gauge*, *Grip*, *Lengt*.
 - b. *Prepare Test*, untuk menentukan mode pengujian
6. Bukalah *Report Screen* untuk membuat *display* pengujian yang di dalamnya terdapat: *testno*, *testdate* dan nama material.
7. Melakukan pengujian dengan menekan tombol *TEST* pada *toolbox*.
8. Melepaskan material dari cekam pada mesin uji.
9. Lakukanlah pengujian berulang sampai semua spesimen telah diuji dan catatlah hasil pengujian yang didapatkan.

Pengujian tarik spesimen di tunjukan pada Gambar 4.28 dan Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Gambar 4.29.



Gambar 4.28 Proses Uji Tarik



Gambar 4.29 Hasil Pengujian Tarik

Pada proses pengujian impak diawali dengan memasang spesimen uji pada penahan yang akan dihantam menggunakan pendulum ayun untuk mendapatkan nilai sudut akhir (β), dari spesimen yang telah melalui proses pencetakan.

Tahapan pengujian material komposit untuk uji impak adalah sebagai berikut:

1. Tetapkan alat ukur yang berupa jarum penunjuk tepat di titik 0 pada alat uji impak
2. Pastikan benda uji terpasang dengan benar pada dudukannya di alat uji impak agar tidak jatuh atau bergerak.
3. Kemudian angkat pola kepala uji (pendulum) yang terdapat pada alat uji impak.
4. Lepaskan tuas penahan pendulum sehingga berayun dan mengenai spesimen uji.
5. Tunggu sampai pendulum berhenti berayun.

Periksa dan ukur hasil pengujian tersebut dengan mencatat lalu masukan data yang telah didapatkan dari proses pengujian. Pengujian impak spesimen di tunjukan pada Gambar 4.30 dan hasil pengujian impak ditunjukan pada Gambar 4.31.



Gambar 4.30 Proses Uji Impak



Gambar 4.31 Hasil Pengujian Impak

4.3 Hasil Pengujian

4.3.1 Hasil Uji Tarik

Setelah dilakukannya pengujian dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machining* merek Zwick Roell Z020 tipe Xforce K dan dapat dihitung secara manual menggunakan rumus pada lampiran 3, maka didapatkan nilai kekuatan tarik yang mana akan diolah untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Kekuatan Uji Tarik

No	Arah	Rasio Volume Matriks dan Serat (%)	Hasil Pengujian Tarik (MPa)			
			1	2	3	Rata-rata
1	Horizontal	15 : 85	31,4	30,5	30,8	30,9
2	Horizontal	22,5 : 77,5	25,2	26,5	25,7	25,8
3	Horizontal	30 : 70	21,1	22,8	23,4	22,4
4	Vertikal	15 : 85	25,2	26,2	24,3	25,2
5	Vertikal	22,5 : 77,5	20,1	20,5	21,8	20,8
6	Vertikal	30 : 70	15,6	16,4	15,9	15,9
7	Silang	15 : 85	40,3	41,2	42,8	41,4
8	Silang	22,5 : 77,5	35,6	35,8	36,4	35,9
9	Silang	30 : 70	30,8	30,2	30,1	30,4

Berdasarkan pengujian tarik yang sudah dilakukan maka didapatkan hasil yang bisa dilihat pada tabel 4.4 yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum yaitu 41,4 Mpa pada spesimen uji dengan susunan arah menyilang disertai kandungan volume matriks dan serat yaitu 70% : 30%. Sedangkan nilai rata-rata kekuatan tarik minimum yaitu 15,9 MPa pada spesimen uji dengan susunan arah vertikal disertai kandungan volume matriks dan serat yaitu 70% : 30%.

4.3.2 Hasil Uji Impak

Pada pengujian impak dengan alat uji GOTECH model GT-7045 didapatkanlah nilai kekuatan impak yang mana akan diolah untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Nilai kekuatan impak dihitung secara manual menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7 dan dapat dilihat pada lampiran 4. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Kekuatan Uji Impak

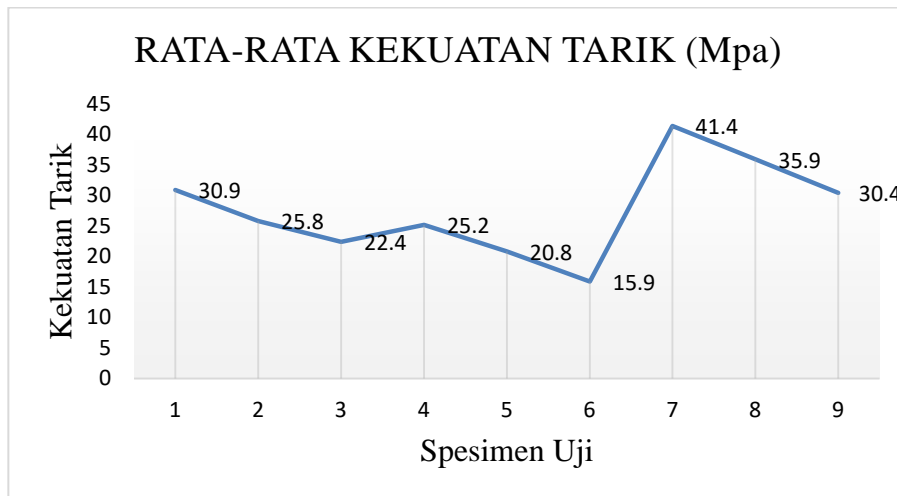
No	Arah	Rasio Volume Matriks dan Serat (%)	Hasil Pengujian Impak (J/mm ²)			
			1	2	3	Rata-rata
1	Horizontal	15 : 85	0,0143	0,0113	0,0143	0,0133
2	Horizontal	22,5 : 77,5	0,0143	0,0174	0,0143	0,0153
3	Horizontal	30 : 70	0,0238	0,0238	0,0206	0,0228
4	Vertikal	15 : 85	0,0174	0,0206	0,0206	0,0195
5	Vertikal	22,5 : 77,5	0,0174	0,0174	0,0143	0,0164
6	Vertikal	30 : 70	0,0113	0,0113	0,0113	0,0113
7	Silang	15 : 85	0,0143	0,0174	0,0206	0,0174
8	Silang	22,5 : 77,5	0,0206	0,0206	0,0206	0,0206
9	Silang	30 : 70	0,0272	0,0238	0,0306	0,0272

Setelah dilakukan pengujian impak didapatkanlah hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.5 yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekuatan impak maksimum yaitu 0,02724 J/mm² pada spesimen uji dengan susunan arah menyilang disertai kandungan volume serat dan matrik yaitu 30% : 70%. Sedangkan nilai rata-rata kekuatan impak minimum yaitu 0,01132 J/mm² pada spesimen uji dengan susunan arah vertikal disertai kandungan volume serat dan matriks yaitu 30% : 70%.

4.4 Analisa

4.4.1 Analisa Nilai Hasil Pengujian Tarik

Untuk dapat melihat perbedaan antara nilai kekuatan uji tarik tiap spesimen, maka grafik bisa digunakan untuk mengetahui perbedaan nilai kekuatan tarik yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 berikut.

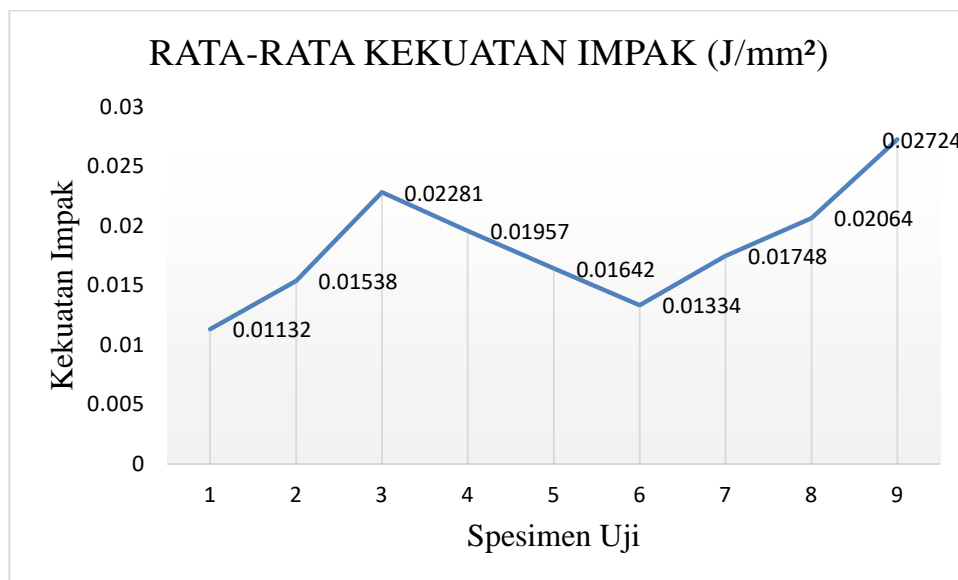


Gambar 4.7 Grafik Rata-Rata Kekuatan Tarik

Dilihat dari grafik rata-rata kekuatan tarik pada gambar 4.7 diketahui bahwa nilai kekuatan tarik pada spesimen uji yang menggunakan arah serat dan fraksi volume yang berbeda memiliki perbedaan. Penurunan kekuatan yang menunjukkan bahwa arah serat dan fraksi volume yang berbeda memiliki perbedaan dan mempengaruhi kekuatan tarik tersebut. Dimana Nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada spesimen uji yang menggunakan arah serat silang dengan fraksi volume serat 15% memiliki kekuatan tarik sebesar 41,4 Mpa. Hal ini dipengaruhi dari penguat serat dan matriks yang mengikat dengan baik seiring dengan sedikitnya serat yang digunakan resin lebih mudah untuk masuk kedalam pori-pori dari serat tersebut, sehingga volume matriks yang lebih banyak menyebabkan campuran menjadi lebih baik dan meningkatkan kekuatan komposit, karena pada dasarnya kekuatan uji tarik untuk resin *polyester* adalah 35-95 Mpa dan penggunaan serat limbah filter rokok terlalu banyak menjadikan nilai tarik semakin lemah. Pengaruh arah serat yang sesuai dengan gaya tarik akan membuat kekuatan tarik semakin besar. Disisi lain nilai kekuatan tarik terendah yaitu 15,9 MPa yang menggunakan arah serat vertikal dengan fraksi volume serat 30%. Hal ini disebabkan arah faktor serat yang melintang namun hanya sepanjang 20 mm memiliki celah yang membuat mudah terputus dan lebih sedikit untuk terikatnya matriks, sehingga kombinasi ini menjadi lemah dan tidak mampu menahan gaya kekuatan tarik.

4.4.2 Analisa Nilai Hasil Pengujian Impak

Untuk mengetahui perbedaan nilai kekuatan impak, maka grafik hasil pengujian impak dapat digunakan untuk melihat perbedaan nilai kekuatan impak yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 Grafik Rata-Rata Kekuatan Impak

Dilihat dari grafik rata-rata kekuatan impak pada gambar 4.6 adanya perbedaan, Perbedaan ini dipengaruhi spesimen uji yang menggunakan arah serat dan fraksi volume yang bervariasi. Perbedaan ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada spesimen uji yang menggunakan arah serat silang dengan fraksi volume 30% : 70% Dimana variasi ini dirasa paling efektif karena kombinasi serat yang menyilang merupakan ikatan serat yang saling terikat berbentuk silang dengan kuat disertai matriks yang dapat mengikat dengan baik dan banyaknya serat yang terkandung dapat menambah nilai tahan saat benturan dari uji impak. Akan tetapi berbeda halnya spesimen uji yang menggunakan arah serat vertikal dengan fraksi volume 30% : 70%. Sama halnya dengan spesimen uji tarik, pada spesimen uji impak spesimen dengan arah serat vertikal memiliki celah diantara setiap seratnya yang menyebabkan patah pada bagian tersebut. Pengaruh dari penguat serat dan matriks yang tidak mengikat

dengan baik sehingga variasi ini memiliki nilai energi impak yang paling rendah dibandingkan dengan ketebalan yang lainnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan menggunakan material komposit berpenguat dari serat filter rokok, pada pengujian eksperimen uji tarik menggunakan mesin *Universal Testing Machining* merek Zwick Roell Z020 tipe Xforce K didapati hasil terbaik yaitu 41,4 Mpa pada campuran menggunakan arah serat silang dengan fraksi volume campuran serat 15% dan kekuatan tarik terendah terdapat pada arah serat vertikal dengan fraksi volume campuran serat 30% sebesar 15,9 Mpa dipengaruhi dari penguat serat dan matriks yang mengikat dengan baik seiring dengan sedikitnya serat yang digunakan resin lebih mudah untuk masuk kedalam pori-pori dari serat tersebut, sehingga volume matriks yang lebih banyak menyebabkan campuran menjadi lebih baik dan meningkatkan kekuatan komposit. Disisi lain pada uji impak menggunakan alat uji GOTECH model GT-7045 didapatlah hasil terbaik yaitu 0,02724 J/mm² menggunakan arah serat silang dengan fraksi volume campuran serat 30% dan kekuatan impak terendah terdapat pada arah serat vertikal dengan fraksi volume campuran serat 30% sebesar 0,01132 J/mm². Ikatan serat yang saling terikat berbentuk silang dengan kuat disertai matrik yang dapat mengikat dengan baik dan banyaknya serat yang terkandung dapat menambah nilai tahan saat benturan dari uji impak. Berdasarkan penelitian terdahulu pengaplikasian untuk pembuatan sungkup helm juga dapat dilakukan karena telah memenuhi standar SNI.

5.2 Saran

Sedikit saran yang dapat penulis berikan setelah dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian perbandingan antara filter rokok bekas dengan filter rokok yang baru agar dapat diketahui perbedaannya.
2. Penelitian kedepannya dapat memperdalam lagi susunan serat silang dengan memvariasikan persentase faksi volumenya baik menggunakan uji tarik maupun uji impak serta uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui perubahan struktur yang terjadi dari hasil penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A., Maulinda, L., & Amin, S. (2015). Isolasi Nikotin Dari Puntung Rokok Sebagai Insektisida. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 100-120.
- Astika, I. M., Lokantara, I. P., & Karohika, I. M. (2013). Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 115-122.
- Candra, A. I., Gardjito, E., Cahyo, Y., & Prasetyo, G. A. (2019). Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori. *UkaRsT*, 3(1), 76-85.
- Diana, L., Safitra, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 59-67.
- Fahmi, H., & Hermansyah, H. (2011). Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin*, 46-52.
- Hadaina, S., Yusibani, E., & Gunawati. (2016). Studi Cacahan Radiasi Sr-90 dan Am-241 untuk Beberapa Filter Rokok Komersial Menggunakan Detektor Geiger-Muller. *Journal of Aceh Physics Society (JAcPS)*, 1-6.
- Handoko, D. T. (2015, Februari 6). 51.1 percent of Indonesians are Active Smokers. hal. 1.
- Handoyo, Y. (2013). Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 45-53.
- Hasan, F., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2018). Dampak Substitusi Filter Rokok Ke Dalam Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall Laston. *Fuad Hasan; Sofyan M. Saleh; Renni Anggraini*, 593-604.
- Lumintang, R., Rauf, F. A., & Soplanit, G. D. (2019). Ketahanan Bending Komposit Matriks Poliester Berpenguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Tekno Mesin*, 88-94.

- Maples, H. A., Robinson, P., & Bismarck, A. (2012). High Performance Carbon Fibre Reinforced Polymer Composites With Controllable Stiffness: Can It Be Done? *Eccm15 - 15th European Conference On Composite Materials*, 1-7.
- Mayleni, D., Rollastin, B., & Masdani. (2021). Analisis Kekuatan Impak Pada Material Komposit Berpenguat Limbah Filter Rokok Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Cangkang Helm. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 55-61.
- Nainggolan, Z., Purba, M. L., & Sihotang, J. (2021). Analisis Pengaruh Jumlah Produksi, Nilai Tukar Dan Harga Internasional Terhadap Ekspor Tembakau Indonesia Tahun 1990 – 2019. *Journal of Economics and Business*, 18-28.
- Rahmadina, S. A. (2019). “Smoke Brick” (Batu Bata dari Putung Rokok) Sebagai Alternatif Bahan. *Pendidikan Kimia*, 1-5.
- Suprihanti, A., Harianto, Sinaga, B. M., & Kustiari, R. (2018). DINAMIKA KONSUMSI ROKOK DAN IMPOR TEMBAKAU INDONESIA. *SEPA*, 183 – 194.
- Suzen, Z. S., Hasdiansah, & Yuliyanto. (2020). Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 73-80.
- Utama, F. Y., & Zakiyya, H. (2016). Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Berpenguat Hibrida Fiberhybrid Terhadap Kekuatan Tarik Dan Densitas Material Dalam Aplikasi Body Part Mobil. *Mekanika*, 60-69.
- Widiarta, I. W., Nugraha, I. N., & Dantes, K. R. (2018). Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceust*) Dengan Matrik Polyester. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 41-57.

LAMPIRAN

Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama Lengkap : Dimas Aji Guntoro
Tempat & Tanggal lahir : Tangerang, 1 Januari 2000
Alamat : Dusun Tanah Merah, Kel. Baskara Bakti,
Kec. Namang, Kab. Bangka Tengah,
Prov. Kep. Bangka Belitung
Telp: -
Hp: 083175189376
Email: dimasageh@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam

Riwayat Pendidikan

SD Negeri 37 Pangkalpinang Lulus Tahun 2012
SMP Negeri 1 Pangkalpinang Lulus Tahun 2015
SMA Negeri 2 Pangkalpinang Lulus Tahun 2018

Sungailiat, 24 Januari 2022
Penulis

Dimas Aji Guntoro

Lampiran 2

1. perhitungan benda uji tarik

$$V_{\text{cetakan}} = V_{\text{komposit}} = p \times l \times t$$

$$V_{\text{komposit}} = 9,78 \text{ cm}^3$$

- m katalis = Volume cetakan x persentase katalis x massa jenis katalis

$$m_{\text{katalis}} = 9,78 \text{ cm}^3 \times 1\% \times 1,25 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{\text{katalis}} = 0,122 \text{ g}$$

- m serat = Volume cetakan x persentase x massa jenis serat

$$m_{\text{serat (15\%)}} = 9,78 \text{ cm}^3 \times 15\% \times 0,123 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{\text{serat (15\%)}} = 0,18 \text{ g}$$

- m serat (22,5%) = $9,78 \text{ cm}^3 \times 22,5\% \times 0,123 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{serat (22,5\%)}} = 0,27 \text{ g}$$

- m serat (30%) = $9,78 \text{ cm}^3 \times 30\% \times 0,123 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{serat (30\%)}} = 0,36 \text{ g}$$

- m resin = Volume cetakan x persentase x massa jenis resin

$$m_{\text{resin (84\%)}} = 9,78 \text{ cm}^3 \times 92,5\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{\text{resin (84\%)}} = 9,98 \text{ g}$$

- m resin (76,5%) = $9,78 \text{ cm}^3 \times 90\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{resin (76,5\%)}} = 9,09 \text{ g}$$

- m resin (69%) = $9,78 \text{ cm}^3 \times 87,5\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{resin (69\%)}} = 8,19 \text{ g}$$

2. Perhitungan benda uji impact

$$V_{\text{cetakan}} = V_{\text{komposit}} = p \times l \times t$$

$$V_{\text{komposit}} = 3,2 \text{ cm}^3$$

- m katalis = Volume cetakan x persentase katalis x massa jenis katalis

$$m_{\text{katalis}} = 3,2 \text{ cm}^3 \times 1\% \times 1,25 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{\text{katalis}} = 0,04 \text{ g}$$

- Vf serat = Volume cetakan x persentase serat x massa jenis serat

$$m_{\text{serat (15\%)}} = 3,2 \text{ cm}^3 \times 15\% \times 0,123 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{\text{serat (15\%)}} = 0,06 \text{ g}$$

- m serat (22,5%) = $3,2 \text{ cm}^3 \times 22,5\% \times 0,123 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{serat (22,5\%)}} = 0,09 \text{ g}$$

- m serat (30%) = $3,2 \text{ cm}^3 \times 30\% \times 0,123 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{serat (30\%)}} = 0,12 \text{ g}$$

- Vf resin = Volume cetakan x persentase resin x massa jenis resin

$$m_{\text{resin (84\%)}} = 3,2 \text{ cm}^3 \times 84\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{\text{resin (84\%)}} = 3,26 \text{ g}$$

- m resin (76,5%) = $3,2 \text{ cm}^3 \times 76,5\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{resin (76,5\%)}} = 2,97 \text{ g}$$

- m resin (69%) = $3,2 \text{ cm}^3 \times 69\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$

$$m_{\text{resin (69\%)}} = 2,68 \text{ g}$$

Lampiran 3

Perhitungan nilai kekuatan Tarik

No	Arah	Rasio Volume Matriks dan Serat (%)	Hasil Pengujian Tarik (MPa)		
			1	2	3
1	Horizontal	15 : 85	31,4	30,5	30,8
2	Horizontal	22,5 : 77,5	25,2	26,5	25,7
3	Horizontal	30 : 70	21,1	22,8	23,4
4	Vertikal	15 : 85	25,2	26,2	24,3
5	Vertikal	22,5 : 77,5	20,1	20,5	21,8
6	Vertikal	30 : 70	15,6	16,4	15,9
7	Silang	15 : 85	40,3	41,2	42,8
8	Silang	22,5 : 77,5	35,6	35,8	36,4
9	Silang	30 : 70	30,8	30,2	30,1

1. Horizontal 15 : 85



Replikasi 1:

$$F1 = 1.632,8 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.632,8}{52}$$

$$\sigma = 31,4 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F_2 = 1.586 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.586}{52}$$

$$\sigma = 30,5 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F_3 = 1.601,6 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.601,6}{52}$$

$$\sigma = 30,8 \text{ MPa}$$

2. Horizontal 22,5 : 77,5



Replikasi 1:

$$F1 = 1.310,4 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.310,4}{52}$$

$$\sigma = 25,2 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F2 = 1.378 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.378}{52}$$

$$\sigma = 26,5 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F_3 = 1.378 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.336,4}{52}$$

$$\sigma = 25,7 \text{ MPa}$$

3. Horizontal 22,5 : 77,5



Replikasi 1:

$$F_1 = 1.097,2 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.097,2}{52}$$

$$\sigma = 21,1 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F2 = 1.185,6 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.185,6}{52}$$

$$\sigma = 22,8 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F3 = 1.216,8 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.216,8}{52}$$

$$\sigma = 23,4 \text{ MPa}$$

4. Vertikal 15 : 85



Replikasi 1:

$$F1 = 1.310,4 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.310,4}{52}$$

$$\sigma = 25,2 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F2 = 1.362,4 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.362,4}{52}$$

$$\sigma = 26,2 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F2 = 1.263,6 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.263,6}{52}$$

$$\sigma = 24,3 \text{ MPa}$$

5. Vertikal 22,5 : 77,5



Replikasi 1:

$$F1 = 1.045,2 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.045,2}{52}$$

$$\sigma = 20,1 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F_2 = 1.066 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.066}{52}$$

$$\sigma = 20,5 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F_3 = 1.133,6 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.133,6}{52}$$

$$\sigma = 21,8 \text{ MPa}$$

6. Vertikal 30 : 70



Replikasi 1:

$$F1 = 811,2 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{811,2}{52}$$

$$\sigma = 15,6 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F2 = 811,2 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{811,2}{52}$$

$$\sigma = 16,4 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F3 = 826,8 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{826,8}{52}$$

$$\sigma = 15,9 \text{ MPa}$$

7. Acak 15 : 85



Replikasi 1:

$$F1 = 2.095,6 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2.095,6}{52}$$

$$\sigma = 40,3 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F_2 = 2.142,4 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2.142,4}{52}$$

$$\sigma = 41,2 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F_3 = 2.225,6 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2.225,6}{52}$$

$$\sigma = 42,8 \text{ MPa}$$

8. Acak 22,5 : 77,5



Replikasi 1:

$$F1 = 1.851,2 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.851,2}{52}$$

$$\sigma = 35,6 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F2 = 1.861,6 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.861,6}{52}$$

$$\sigma = 35,8 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F3 = 1.892,8 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.892,8}{52}$$

$$\sigma = 36,4 \text{ MPa}$$

9. Acak 30 : 70



Replikasi 1:

$$F1 = 1.580,8 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.580,8}{52}$$

$$\sigma = 30,4 \text{ MPa}$$



Replikasi 2:

$$F_2 = 1.570,4 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.570,4}{52}$$

$$\sigma = 30,2 \text{ MPa}$$



Replikasi 3:

$$F_3 = 1.565,2 \text{ N}$$

$$A = 52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1.565,2}{52}$$

$$\sigma = 30,1 \text{ MPa}$$

Lampiran 4

Perhitungan nilai kekuatan impact

No	Arah	Rasio Volume Matriks dan Serat (%)	Hasil Pengujian Impact (°)		
			1	2	3
1	Horizontal	15 : 85	145	146	145
2	Horizontal	22,5 : 77,5	145	144	145
3	Horizontal	30 : 70	142	142	143
4	Vertikal	15 : 85	144	143	143
5	Vertikal	22,5 : 77,5	144	144	145
6	Vertikal	30 : 70	146	146	146
7	Silang	15 : 85	145	144	143
8	Silang	22,5 : 77,5	143	143	143
9	Silang	30 : 70	141	142	140

1. Horizontal 15 : 85

Dik :

l : 0,4 m
 m : 2,5 kg
 g : 9,8 m/s²
 A : 32 cm²
 α : 150°

Dit : Harga Impact ?



Replikasi 1:

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 E &= 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\cos 145 - \cos 150) \\
 E &= 9,8 (-0,8191 + 0,8660) \\
 E &= 0,4596 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{0,4596}{32} \\ \text{HI} &= 0,0143 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$



Replikasi 2:

$$\begin{aligned} E &= 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}146 - \text{Cos}150) \\ E &= 9,8 (-0,8290 + 0,8660) \\ E &= 0,3626 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{0,3626}{32} \\ \text{HI} &= 0,0113 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$



Replikasi 3:

$$\begin{aligned} E &= 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}145 - \text{Cos}150) \\ E &= 9,8 (-0,8191 + 0,8660) \\ E &= 0,4596 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{0,4596}{32} \\ \text{HI} &= 0,0143 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Horizontal 22,5 : 77,5



Replikasi 1:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}145 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8191 + 0,8660)$$

$$E = 0,4596 \text{ J}$$

$$\text{HI} = \frac{0,4596}{32}$$

$$\text{HI} = 0,0143 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 2:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}144 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8090 + 0,8660)$$

$$E = 0,5584 \text{ J}$$

$$\text{HI} = \frac{0,5584}{32}$$

$$\text{HI} = 0,0174 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 3:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}145 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8191 + 0,8660)$$

$$E = 0,4596 \text{ J}$$

$$\text{HI} = \frac{0,4596}{32}$$

$$\text{HI} = 0,0143 \text{ J/mm}^2$$

3. Horizontal 30 : 70



Replikasi 1:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}142 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7880 + 0,8660)$$

$$E = 0,7644 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,7643}{32}$$

$$HI = 0,0238 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 2:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}142 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7880 + 0,8660)$$

$$E = 0,7644 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,7643}{32}$$

$$HI = 0,0238 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 3:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}143 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7986 + 0,8660)$$

$$E = 0,66 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,66}{32}$$

$$HI = 0,0206 \text{ J/mm}^2$$

4. Vertikal 15 : 85



Replikasi 1:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}144 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8090 + 0,8660)$$

$$E = 0,5584 \text{ J}$$

$$\text{HI} = \frac{0,5584}{32}$$

$$\text{HI} = 0,0174 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 2:

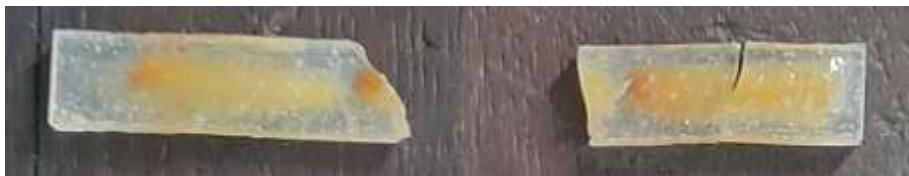
$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}143 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7986 + 0,8660)$$

$$E = 0,66 \text{ J}$$

$$\text{HI} = \frac{0,66}{32}$$

$$\text{HI} = 0,0206 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 3:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}143 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7986 + 0,8660)$$

$$E = 0,66 \text{ J}$$

$$\text{HI} = \frac{0,66}{32}$$

$$HI = 0,0206 \text{ J/mm}^2$$

5. Vertikal 22,5 : 77,5



Replikasi 1:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}144 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8090 + 0,8660)$$

$$E = 0,5584 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,5584}{32}$$

$$HI = 0,0174 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 2:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}144 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8090 + 0,8660)$$

$$E = 0,5584 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,5584}{32}$$

$$HI = 0,0174 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 3:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}145 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8191 + 0,8660)$$

$$E = 0,4596 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,4596}{32}$$

$$HI = 0,0143 \text{ J/mm}^2$$

6. Vertikal 30 : 70



Replikasi 1:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}146 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8290 + 0,8660)$$

$$E = 0,3626 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,3626}{32}$$

$$HI = 0,0113 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 2:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}146 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8290 + 0,8660)$$

$$E = 0,3626 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,3626}{32}$$

$$HI = 0,0113 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 3:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}146 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8290 + 0,8660)$$

$$E = 0,3626 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,3626}{32}$$

$$HI = 0,0113 \text{ J/mm}^2$$

7. Silang 15 : 85



Replikasi 1:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}145 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8191 + 0,8660)$$

$$E = 0,4596 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,4596}{32}$$

$$HI = 0,0143 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 2:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}144 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,8090 + 0,8660)$$

$$E = 0,5584 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,5584}{32}$$

$$HI = 0,0174 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 3:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}143 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7986 + 0,8660)$$

$$E = 0,66 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,66}{32}$$

$$HI = 0,0206 \text{ J/mm}^2$$

8. Silang 22,5 : 77,5



Replikasi 1:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}143 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7986 + 0,8660)$$

$$E = 0,66 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,66}{32}$$

$$HI = 0,0206 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 2:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}143 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7986 + 0,8660)$$

$$E = 0,66 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{0,66}{32} \\ \text{HI} &= 0,0206 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$



Replikasi 3:

$$\begin{aligned} E &= 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}143 - \text{Cos}150) \\ E &= 9,8 (-0,7986 + 0,8660) \\ E &= 0,66 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{0,66}{32} \\ \text{HI} &= 0,0206 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$

9. Silang 30 : 70



Replikasi 1:

$$\begin{aligned} E &= 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}141 - \text{Cos}150) \\ E &= 9,8 (-0,7771 + 0,8660) \\ E &= 0,8708 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{0,8708}{32} \\ \text{HI} &= 0,0272 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$



Replikasi 2:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}142 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7880 + 0,8660)$$

$$E = 0,7644 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,7643}{32}$$

$$HI = 0,0238 \text{ J/mm}^2$$



Replikasi 3:

$$E = 2,5 \times 9,8 \times 0,4 (\text{Cos}140 - \text{Cos}150)$$

$$E = 9,8 (-0,7660 + 0,8660)$$

$$E = 0,9796 \text{ J}$$

$$HI = \frac{0,8708}{32}$$

$$HI = 0,0306 \text{ J/mm}^2$$

