

PEMBUATAN DAN UJI *IMPACT* PLAT

DARI SERAT KARBON *KEVLAR*

SKRIPSI

OLEH:

LEWI GONZALES MARPAUNG

218130010



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 2/2/26

Access From (repository.uma.ac.id)2/2/26

**PEMBUATAN DAN UJI *IMPACT* PLAT
DARI SERAT KARBON KEVLAR**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

**OLEH :
LEWI GONZALES MARPAUNG
NPM. 218130010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul skripsi : Pembuatan dan Uji *Impact* Plat dari Serat Karbon Kevlar
Nama mahasiswa : Lewi Gonzales Marpaung
NIM : 218130010
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi pembimbing

Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.eng., M.Sc
Pembimbing

Dr. Eng. Supriatno, ST., MT.
Dekan

Dr. Iswandi ST., MT
Kaprodi

Tanggal Lulus : 11 Agustus 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Agustus 2025



Lewi Gonzales Marpaung

218130010

Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lewi Gonzales Marpaung

NPM 218130010

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pembuatan dan uji impak plat dari serat karbon kevlar. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasi tugas akhir saya Selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 11 Agustus 2025

Yang menyatakan,



(Lewi Gonzales Marpaung)

ABSTRAK

Serat karbon telah meluas di berbagai bidang berkat sifat-sifatnya yang unggul dalam hal kekakuan, keringanan, kekuatan dan ketahanan terhadap korosi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan cetakan dan mesin vakum dan diuji menggunakan impact charpy. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kekuatan yang dimiliki plat berbahan serat karbon jenis *Kevlar blue reflectife metallic plain* 200 gm di bentuk menjadi plat. Hasil dari pengujian plat menggunakan 3 lapis serat karbon yang memiliki kekuatan impak 327 (Joule) , plat lapis 7 memiliki Kekuatan impak 654 (Joule), dan plat lapis 11 memiliki kekuatan impak 752 (Joule). Proses pembuatan plat dengan cara diinfus, sehingga dapat mempengaruhi kepadatan setiap lapisan, dan dapat dibentuk menjadi plat. Uji impak dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan impak pada plat yang dirancang. Dari hasil uji impak plat lapis 11 sudah dapat diaplikasikan ke *body* mobil.

Kata Kunci: Serat Karbon kevlar, Cetakan, Mesin pompa vakum, Impact charpy

ABSTRACT

Carbon fiber has been widely used in various fields thanks to its superior properties in terms of stiffness, lightness, strength and corrosion resistance. This study uses an experimental method using a mold and a vacuum machine and tested using a charpy impact. This test aims to determine the strength properties of a plate made of carbon fiber type Kevlar blue reflective metallic plain 200 gm formed into a plate. The results of the plate test using 3 layers of carbon fiber have an impact strength of 327 (Joules), a 7-layer plate has an impact strength of 654 (Joules), and an 11-layer plate has an impact strength of 752 (Joules). The process of making the plate by infusion, so that it can affect the density of each layer, and can be formed into a plate. The impact test was carried out to determine the impact strength value of the designed plate. From the results of the impact test, the 11-layer plate can be applied to the car body.

Keywords: Kevlar carbon fiber, mold, vacuum pump machine, charpy impact.

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di sitio-tio toruan, pada tanggal 28 Juni 2003 dari Ayah Aspen Marpaung dan Ibu Lasma Siahaan, Penulis merupakan anak ke-4 dari enam bersaudara. Tahun 2021 Penulis lulus dari SMK Yayasan Saposurung Balige dan pada tahun 2021 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Tahun Ajaran 2024 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PTPN IV Kebun Adolina. Pada Tahun Ajaran 2025 penulis melaksanakan riset di Laboratorium Mekanika Teknik Universitas Sumatera Utara dengan judul tugas akhir "Pembuatan dan Uji impak plat dari serat karbon kevlar.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya, Sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah mengetahui kekuatan impak plat berbahan carbon Kevlar, dengan judul Pembuatan Dan Uji impact plat dari seratkarbon kevlar.

Terimakasih penulis sampaikan kepada bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan. M.Eng., M.Sc selaku pembimbing dalam pelaksanaan tugas akhir. Ungkapan terimakasih disampaikan kepada Lasma Siahaan, sebagai orangtua, yang telah memberikan dukungan, perhatian, serta doa selama proses penyusunan skripsi ini. Kehangatan, motivasi, dan kebaikan yang diberikan menjadi dorongan berharga bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. ungkapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Martha juliana marpaung kakak tercinta, yang selalu memberikan dukungan, perhatian, serta semangat selama proses penyusunan skripsi ini. Doa, motivasi, dan bantuan yang diberikan menjadi dorongan penting bagi penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan. serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya, ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada Dwiana kristin hutabarat yang selalu setia mendampingi selama proses penyusunan skripsi ini. Terimakasih atas doa, motifasi, pengertian, dan semangat yang diberikan, serta atas kesabaran dalam menemani penulis melewati setiap kesulitan dan tantangan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan, dan seluruh teman penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Penulis



Lewi Gonzales Marpaung

DAFTAR ISI

PEMBUATAN DAN UJI <i>IMPACT</i> PLAT DARI SERAT KARBON KEVLAR	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Komposit.....	6
2.2 Pengujian Impak.....	13
2.3 Metode Uji Impak Charpy.....	16
2.4 Karbon.....	20
2.5 Serat.....	22
2.6 Karbon <i>Kevlar</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.1.1 Waktu Penelitian.....	27
3.1.2 Tempat Penelitian	27
3.2 Bahan dan Alat	28
3.2.1 Bahan	28
3.2.2 Alat.....	31

3.3	Metode Penelitian.....	37
3.4	Populasi dan Sampel	37
	3.4.1 Prosedur Kerja	37
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAAN		39
4.1	Hasil	39
	4.1.1 Rancangan Plat.....	39
	4.1.2 Proses Pengolahan Plat dari <i>Carbon Kevlar</i>	40
	4.1.3 Pemilihan Carbon Kevlar.....	41
	4.1.4 Pemotongan Carbon Kevlar.....	42
	4.1.5 Proses Pengolesan <i>Miracle Gloss</i> dan <i>Polivinil Alkohol (PVA)</i> pada Molding.....	43
	4.1.6 Proses Meletakkan Serat Carbon Pada Cetakan	44
	4.1.7 Proses Meletakkan Kain <i>Peel Ply</i>	45
	4.1.8 Proses Meletakkan <i>Flow Mesh</i>	46
	4.1.9 Proses Vacuum <i>Infusion</i>	46
	4.1.10 Proses Pencopotan Kain <i>Peel Ply</i> dan <i>Flow Mesh</i>	48
	4.1.11 Proses Pencopotan Plat dari Cetakan	49
	4.1.12 Proses Pengeringan Plat <i>Carbon</i>	50
	4.1.13 Proses Uji Kekuatan Benturan Plat <i>Carbon</i>	53
4.2	Pembahasan	54
	4.2.1 Analisis Data Uji Kekuatan Benturan Plat <i>Carbon Kevlar</i>	55
	4.2.2 Grafik Kekuatan Uji Kekuatan Benturan Pada Plat <i>Carbon</i>	57
BAB V PENUTUP		60
5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62
DAFTAR LAMPIRAN.....		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 2 Komposisi Material Komposit.....	7
Gambar 2. 3 Komposit Partikel.....	10
Gambar 2. 4 Komposit Serat.....	10
Gambar 2. 5 Komposit Berlapis.....	11
Gambar 2. 6 Skematis Pengujian Impak Charpy.....	16
Gambar 2. 7 Skema Perhitungan Energi Impak.....	18
Gambar 2. 8 Skematik Penggunaan Alat Uji Impak Charpy.....	19
Gambar 2. 9 Karbon Kevlar.....	24
Gambar 2. 10 Susunan Kimia Dari Kevlar.....	26
Gambar 3. 1 Carbon Kevlar.....	29
Gambar 3. 2 Resin.....	30
Gambar 3. 3 Polivinil Alkohol (PVA).....	30
Gambar 3. 4 Ilustrasi Miracle Gloss.....	31
Gambar 3. 5 Kaca.....	32
Gambar 3. 6 Plastik Vacuum.....	32
Gambar 3. 7 Butyl Vacuum (Sealant Tape Vacuum).....	33
Gambar 3. 8 Mesin Vacuum.....	33
Gambar 3. 9 Selang Vacuum.....	34
Gambar 3. 10 Neraca.....	34
Gambar 3. 11 Flow Mesh.....	35
Gambar 3. 12 Kain Peel Ply.....	35
Gambar 3. 13 Gunting.....	36
Gambar 3. 14 Uji Impak.....	36
Gambar 3. 15 Diagram Alir Penelitian.....	38

Gambar 4. 1 Grafik Perancangan Plat.	40
Gambar 4. 2 Iustrasi Carbon Kevlar blue reflective metallic plain 200 Gsm.	42
Gambar 4. 3 Ilustrasi Pemotongan Carbon Kevlar.....	43
Gambar 4. 4 Ilustrasi Pengolesan cairan Miracle Gloss dan Polivinil Alkohol Pada Cetakan.....	44
Gambar 4. 5 Ilustrasi Proses Meletakkan Carbon Kevlar	45
Gambar 4. 6 Ilustrasi Proses Meletakkan Kain Peel Ply	45
Gambar 4. 7 Ilustrasi Meletakkan Flow Mesh	46
Gambar 4. 8 Tahapan Proses Infusion Plat Carbon.....	47
Gambar 4. 9 Ilustrasi Proses Infusion pada plat carbon	48
Gambar 4. 10 Ilustrai Proses pencopotan Kain Peel Ply dan Flow Mesh	49
Gambar 4. 11 Proses Pelepasan Plat Carbon dari Cetakan.....	50
Gambar 4. 12 Ilustrasi Proses Pengeringan Plat Carbon dari Lapisan (A) Lapis 3, (B) Lapis 7, dan (C) Lapis 11	51
Gambar 4. 13 Ilustrasi Tahap – Tahap Lapisan.	52
Gambar 4. 14 Ilustrasi Pengujian plat carbon (a) Sebelum di uji (b) Setelah di uji	53
Gambar 4. 15 Grafik Hasil Pengujian Lapisan 3.....	54
Gambar 4. 16 Grafik Hasil Pengujian Lapisan 7.....	55
Gambar 4. 17 Grafik Hasil Pengujian Lapisan 7.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Serat Karbon <i>Kevlar</i>	24
Tabel 3.1 Jadwal Tugas Akhir	26
Tabel 4.1 Data Proses Pengujian Pembuatan Plat <i>Carbon Kevlar</i>	39
Tabel 4.2 Analisis Data Hasil Pengujian Kekuatan Benturan	59



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data hasil dari uji impak plat carbon spesimen 1	64
Lampiran 2 Data hasil dari uji impak plat carbon spesimen 2	65
Lampiran 3 Data hasi dari uji impak plat carbon spesimen 3.....	66
Lampiran 4 Rancangan Plat.....	67
Lampiran 5 Hasil Pengujian	67



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi yang pesat saat ini telah memicu lahirnya berbagai inovasi dalam kehidupan manusia. Salah satu bidang yang menunjukkan kemajuan signifikan adalah teknik material. Hal ini disebabkan oleh pentingnya pemilihan material yang tepat dalam setiap proses perancangan teknik, karena hal tersebut sangat memengaruhi hasil akhir rancangan. Dalam teknik material, terdapat banyak variabel yang bisa disesuaikan berdasarkan anggaran dan kebutuhan desain untuk menghasilkan rancangan yang optimal dan efisien. Seiring perkembangannya, para peneliti di bidang material komposit kini lebih berfokus pada pengembangan material yang memiliki kekuatan tinggi, lebih tahan lama, dan ringan. Material seperti ini dibutuhkan untuk mendukung kemajuan teknologi serta perancangan struktur kompleks seperti pesawat terbang, kendaraan otomotif, dan bilah turbin angin (Rusminanda, 2021:94).

Kata komposit berasal dari istilah “*to compose*” yang memiliki arti menyusun atau menggabungkan. Secara ringkas, bahan komposit merupakan material yang terbentuk dari gabungan dua atau lebih jenis material yang berbeda. Dengan demikian, komposit adalah material yang dihasilkan melalui penggabungan dua atau lebih bahan pada skala makroskopis, dengan tujuan membentuk material baru yang memiliki karakteristik dan keunggulan fungsional yang lebih baik. Komposit dan alloy memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu pada material komposit, penyusunnya digabungkan pada

skala makroskopis sehingga serat dan matriksnya masih dapat terlihat dengan jelas (seperti pada komposit serat). Sementara itu, pada paduan logam (*alloy*), unsur-unsurnya bercampur pada tingkat mikroskopis, sehingga komponen penyusunnya tidak lagi tampak secara terpisah. (Agung, 2019:3).

Material komposit adalah jenis material yang tersusun dari dua atau lebih bahan struktural yang dikombinasikan pada tingkat makroskopik. di mana masing-masing bahan tidak saling melarutkan satu sama lain (Rusminanda, 2021:94). Komposit yang menggunakan matriks berbahan dasar polimer, atau dikenal sebagai komposit polimer, menggunakan polimer sebagai matriks dan serat sebagai material penguat. Jenis serat yang sering digunakan meliputi serat kaca, serat karbon, serta berbagai serat organik lainnya. Komposit ini memiliki sejumlah keunggulan, di antaranya kekuatan dan kekakuan yang tinggi, massa jenis yang ringan, ketahanan terhadap korosi, umur kelelahan yang panjang, serta kemudahan dalam proses pembentukan. (Rusminanda, 2021:94).

Salah satu jenis material komposit yang sering digunakan adalah komposit berbasis serat karbon dan Kevlar. Serat karbon dikenal memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang tinggi, sedangkan Kevlar unggul dalam kekuatan tarik dan ketahanannya terhadap benturan. Uji impak dapat dilakukan untuk mengetahui sejauh mana suatu material mampu menahan beban kejut, yang mencerminkan kondisi nyata saat material menerima beban secara tiba-tiba, bukan secara bertahap (Solihin, 2020). Terdapat sepasang metode utama dalam uji impak, yaitu pengujian impak Charpy dan uji impak Izod. Pengujian Charpy menggunakan spesimen dengan ukuran tertentu sesuai standar ASTM, dan metode ini dinilai memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan uji impak Izod (Purwanto, 2019:14)

Namun menurut Putranti (2019) , penggunaan komposit serat karbon dan *Kevlar* dalam aplikasi yang memerlukan kekuatan impak yang tinggi masih memerlukan pengujian tambahan. Untuk mengetahui seberapa baik performa material tersebut dalam kondisi benturan, maka dilakukan uji impak terhadap plat yang terbuat dari serat karbon dan *Kevlar*. Uji ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap energi benturan, yang sangat penting dalam menentukan keamanan dan ketahanan material saat digunakan dalam kondisi dinamis atau ekstrem. Berangkat dari latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk pembuatan dan uji impak plat dari serat karbon *Kevlar* menggunakan impak charpy untuk mengetahui kekuatan dan ketahanannya.

1.2 Perumusan Masalah

- a. Bagaimana kekuatan impak plat dari serat karbon *Kevlar* dalam menahan beban impak?
- b. Apakah perbandingan serat karbon dan *Kevlar* mempengaruhi kekuatan impak plat?
- c. Bagaimana pengaruh ketebalan plat dari serat karbon *Kevlar* terhadap kekuatan impaknya?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui kekuatan impak plat dari serat karbon *Kevlar* dalam menahan beban impak.
- b. Mengetahui apakah perbandingan serat karbon dan *Kevlar* mempengaruhi kekuatan impak plat.
- c. Mengetahui pengaruh ketebalan plat dari serat karbon *Kevlar* terhadap kekuatan impaknya.

d. Manfaat Penelitian**a. Bagi Mahasiswa**

1. Sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana.
2. Sebagai realisasi dari ilmu yang telah didapat dibangku perkuliahan.
3. Melatih kreatifitas mahasiswa dalam pembuatan proyek ilmiah.
4. Meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai material komposit serta tahapan dalam proses pembuatannya
5. Memahami karakteristik mekanik serta susunan material pada komposit serat karbon dan Kevlar.

b. Bagi Universitas

Memperluas kajian penelitian terkait material komposit serta mendukung pemahaman dalam mata kuliah yang relevan.

c. Bagi Masyarakat

Meningkatkan pemahaman kepada masyarakat tentang cara memanfaatkan serat alami di lingkungan sekitar, khususnya serat karbon dan Kevlar.

e. Hipotesis Penelitian

Menurut Mulyani, (2021:24) Hipotesis merupakan dugaan awal yang diajukan sebagai solusi sementara terhadap permasalahan penelitian yang masih memerlukan pembuktian melalui data yang dikumpulkan. Hipotesis merupakan pernyataan sederhana yang menggambarkan dugaan sementara peneliti mengenai hubungan antara variabel-variabel yang diteliti. Dengan demikian, hipotesis merupakan prediksi awal yang belum dapat dipastikan kebenarannya harus diuji lebih lanjut dalam proses penelitian.

Ho: Tidak terdapat pengaruh kekuatan impaknya pada proses pembuatan plat dari serat karbon *Kevlar* menggunakan impak *charpy*.

Ha: Terdapat pengaruh kekuatan impaknya pada proses pembuatan plat dari serat karbon *Kevlar* menggunakan impak *charpy*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

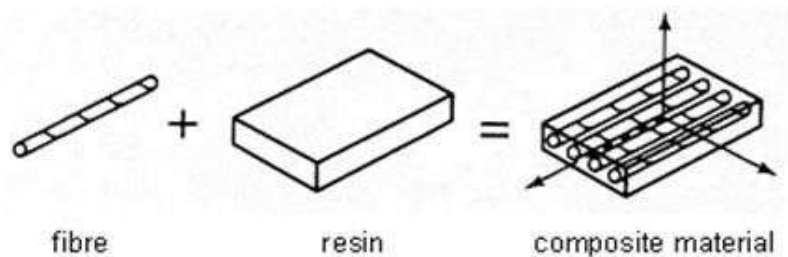
2.1 Komposit

Material komposit dibentuk melalui pencampuran dua atau lebih komponen dengan karakteristik yang berlainan. Bahan ini adalah kombinasi resin polimer dan serat penguat yang membentuk struktur hibrida, sehingga mengkombinasikan sifat-sifat mekanik dan fisik yang unggul (Azhari, 2019:5. Material komposit tersusun dari berbagai bahan dan komponen yang bisa berupa unsur organik, anorganik, atau logam, yang hadir dalam bentuk serat, partikel serbuk, maupun lapisan seperti pada komposit laminasi hibrida. Komposit laminasi *hybrid* adalah komposit serat lurus dan serat acak. Jenis ini dipergunakan untuk mengkompensasi sifat-sifat yang hilang dari kedua jenis dan untuk menggabungkan keunggulan (Sumiyanto, 2024:2).

Menurut Sumiyanto (2024: 4-5), material komposit memiliki keunggulan sifat-sifat yang lebih unggul jika membandingkannya dengan logam., memiliki kekuatan yang tinggi (*tairlorability*), daya tahan kekuatan lelah yang bagus (*fatigue*), material komposit juga mempunyai kekuatan jenis (*strength*) dan modulus Young (kekakuan jenis) yang lebih unggul dibandingkan logam. Selain itu, komposit menunjukkan sifat tahan terhadap korosi, memiliki sifat isolasi panas dan suara yang efektif, serta mampu menghambat aliran listrik. Material ini juga dapat dipergunakan untuk memperbaiki kerusakan yang disebabkan oleh pembebanan dan korosi.

Komposit adalah material hibrida yang terdiri dari resin polimer yang diperkuat dengan serat, sehingga mengintegrasikan sifat fisik dan mekaniknya.

Gambar 2.1 menyajikan ilustrasi susunan material komposit yang terdiri dari elemen penyusun berupa serat dan resin.



Gambar 2. 1 Komposisi Material Komposit

(Sumber: <https://www.mekanisasikp.web.id/2020/03/sudah-saatnya-beralih-menggunakan.html>)

Komposit merupakan material yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih bahan dengan tujuan memperoleh sifat fisik dan mekanik yang lebih baik dibandingkan masing-masing bahan penyusunnya (Kurniawan, 2017:5). Komponen penguat berfungsi sebagai elemen yang memberikan kekuatan, sedangkan komponen lainnya berperan sebagai perekat yang disebut matriks. Fasa penguat bisa berupa serat, partikel, atau serpihan, sedangkan matriks biasanya bersifat kontinu dan berwujud gel. Contoh sistem komposit meliputi beton yang diperkuat baja dan epoksi yang diperkuat serat grafit. Contoh lain adalah kayu, di mana matriks lignin diperkuat oleh serat selulosa, serta tulang yang terdiri dari matriks kolagen lunak yang diperkuat oleh pelat garam tulang berbasis ion kalsium dan fosfat. Komposit canggih (advanced composite) merupakan jenis komposit berteknologi tinggi yang umumnya digunakan dalam industri dirgantara, dengan penguat berperforma tinggi yang berdiameter sangat kecil dan berada dalam matriks seperti epoksi atau aluminium.

Komposit tersusun dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

- a. Penguat (Reinforcement) adalah komponen yang memiliki sifat tidak terlalu elastis, namun lebih kaku dan kuat, serta berperan dalam menahan beban yang diterima material.
- b. Matrik, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Matriks merupakan komponen yang biasanya lebih elastis, namun memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah. Fungsinya adalah untuk menopang dan melindungi serat, serta mendistribusikan dan meneruskan beban ke seluruh serat penguat.

Komposit merupakan material hasil rekayasa yang menggabungkan dua atau lebih komponen berbeda, baik secara kimia maupun fisika, yang digabungkan namun tetap mempertahankan karakteristik masing-masing hingga proses pembuatannya selesai. Tujuan utama dari pembuatan komposit adalah untuk menghasilkan material baru dengan sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan asalnya. (Azhari, 2017:9).

Komposit tersusun dari dua komponen utama, yaitu matriks dan penguat. Matriks merupakan elemen yang jumlahnya lebih dominan dibandingkan penguat. Fungsinya adalah sebagai pengikat antar penguat, penahan struktur, serta sebagai media penyalur tegangan yang bekerja pada material komposit. Sementara itu, penguat berperan sebagai elemen utama yang menerima dan menahan tegangan, yang tersebar di dalam matriks. (Azhari, 2017:9).

Terdapat berbagai jenis klasifikasi untuk material komposit, antara lain:

1. Klasifikasi komposit

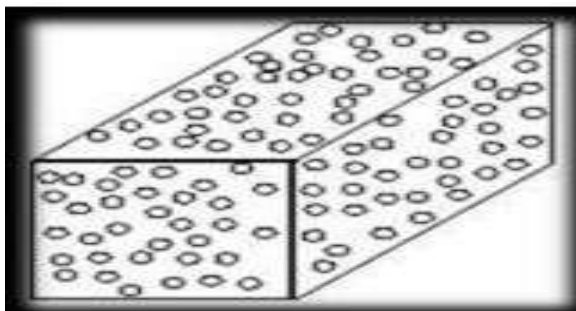
a. Klasifikasi berdasarkan matriks menurut Sumiyanto (2024) :

- MMC : Metal Matriks *Composite* (menggunakan matriks logam).
- CMC : Ceramic Matriks *Composite* (menggunakan matriks keramik).
- PMC : Polymer Matriks *Composites* (menggunakan matriks polymer).

Matriks yang paling sering dipergunakan dalam komposit adalah matriks polimer, dikarenakan keunggulannya berupa ketahanan terhadap karat dan korosi, serta berat yang lebih ringan. Matriks polimer terbagi menjadi dua jenis, yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya terletak pada kemampuan daur ulangnya: polimer termoset tidak bisa didaur ulang setelah mengalami proses pengerasan, sedangkan untuk termoplastik dapat didaur ulang, sehingga saat ini termoplastik lebih banyak dipergunakan. Beberapa contoh jenis termoplastik yang umum dipakai meliputi *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), dan *polyethylene* (PE).

b. Klarifikasi berdasarkan struktur

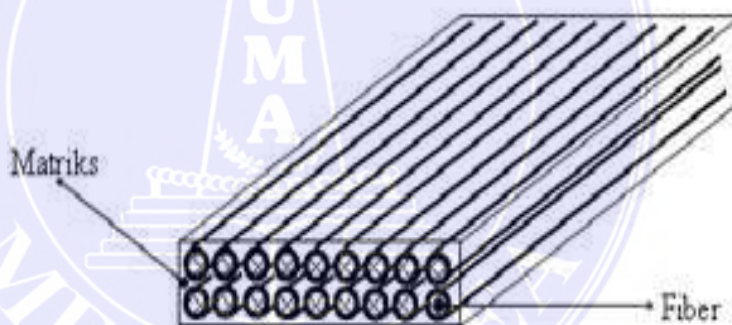
Particulate Composite Materials (komposit partikel) adalah jenis material komposit yang memanfaatkan partikel atau butiran sebagai bahan pengisi (filler). Ilustrasi dari komposit partikel ditampilkan pada Gambar 2.2. di bawah.



Gambar 2. 2 Komposit Partikel

(Sumber: <http://repository.unimus.ac.id/3131/3/BAB%20II.pdf>)

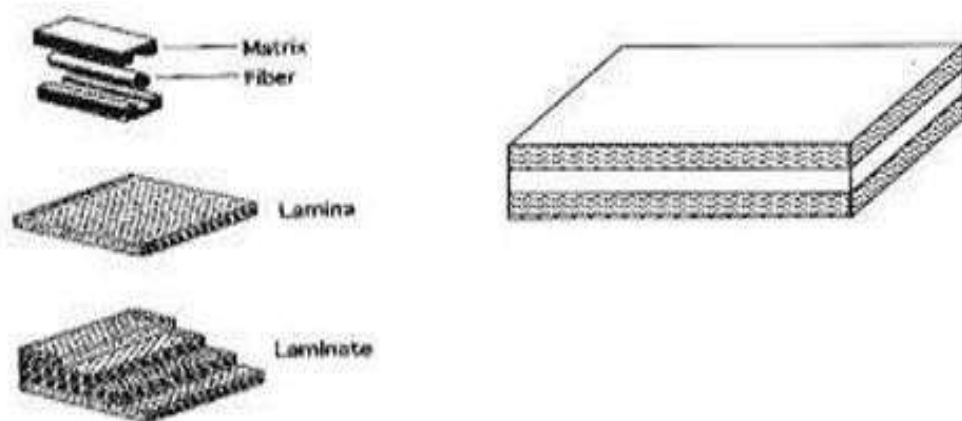
Fibrous Composite Material (komposit serat) merupakan material yang tersusun atas dua komponen utama, yaitu matriks dan serat sebagai penguat. Ilustrasi komposit serat dapat dijelaskan pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Komposit Serat

(Sumber: <http://eprints.itn.ac.id/4687/3/BAB%20II%20%281%29.pdf>)

Structural Composite Materials (komposit berlapis) merupakan jenis komposit yang terdiri dari minimal dua material berbeda yang disatukan melalui proses perekat. Pelapisan ini bertujuan untuk menggabungkan keunggulan dari setiap lapisan, sehingga menghasilkan material yang lebih fungsional. Ilustrasi komposit berlapis ditampilkan pada Gambar 2.4 di bawah.



Gambar 2. 4 Komposit Berlapis

(Sumber: <https://eprints.itenas.ac.id/1488/1/05.pdf>)

Kelebihan dan kekurangan dari material komposit menurut Yani (2024) yaitu :

Kelebihan komposit

- a. Material komposit tidak hanya mempunyai sifat yang berbeda dari bahan penyusunnya, tetapi juga mampu menunjukkan performa yang jauh lebih unggul dibandingkan masing-masing komponen dasarnya.
- b. Komposit dapat didesain dan disesuaikan dengan kebutuhan spesifik.
- c. Material ini bisa dirancang agar memiliki kekuatan dan kekakuan tinggi, namun tetap ringan hingga sangat ringan.
- d. Rasio kekuatan terhadap berat serta kekakuan terhadap berat pada komposit jauh lebih unggul dibandingkan baja atau aluminium, sehingga sangat cocok untuk aplikasi di bidang penerbangan dan olahraga.
- e. Secara umum, sifat tahan lelah (fatigue) dan keuletan komposit lebih baik dibandingkan dengan logam teknik.
- f. Komposit dapat dirancang agar tahan terhadap karat.

- g. Komposit dapat menciptakan sifat material yang tidak dapat diperoleh dari logam, keramik, atau polimer secara terpisah.
- h. Komposit juga dapat membantu pembuatan material dengan tampilan visual yang menarik.

Kelemahan Komposit (Aditya,2023:76):

- a. Beberapa komposit bersifat anisotropik, artinya sifat mekaniknya bergantung pada arah pengukuran.
- b. Komposit berbasis polimer rentan terhadap serangan bahan kimia dan pelarut tertentu.
- c. Harga material komposit yang mahal.
- d. Proses pembuatan material komposit yang lambat.

Penyusun Komposit

Komposit memiliki perbedaan mendasar dengan paduan, dan untuk menghindari kesalahpahaman mengenai keduanya, berikut penjelasannya menurut (Heru, 2019):

- a. Paduan merupakan hasil pencampuran dua atau lebih bahan, yang umumnya melibatkan proses peleburan. Biasanya paduan terdiri atas campuran antar logam.
- b. Komposit adalah hasil rekayasa dari gabungan dua atau lebih material yang dirancang secara sistematis untuk menghasilkan sifat-sifat tertentu, meskipun komponen penyusunnya bisa sangat berbeda satu sama lain.
- c. Dalam definisi lain, komposit diartikan sebagai gabungan dari dua atau lebih bahan yang disatukan pada skala mikroskopik, di mana masing-masing bahan

masih mempertahankan bentuk aslinya namun saling bekerja sama untuk menghasilkan sifat yang diinginkan.

Material komposit tersusun atas dua elemen utama, yaitu serat sebagai penguat dan matriks sebagai bahan pengikat serat.

2.2 Pengujian Impak

Asal usul uji impak dimulai pada masa Perang Dunia II, dimana ditemui banyak fenomena patah getas pada daerah las kapal perang dan tanker. Beberapa patahan terjadi hanya sebagian, sementara lainnya terbelah menjadi dua bagian. Hal ini umumnya terjadi pada musim dingin, baik saat kapal berada di laut terbuka maupun ketika sedang berlabuh.

Salah satu contoh paling terkenal dari fenomena patah getas adalah tragedi tenggelamnya Kapal Titanic saat melintasi Samudra Atlantik. Peristiwa tersebut terjadi pada kondisi suhu rendah di tengah laut, yang menyebabkan material kapal mengalami perubahan sifat menjadi getas dan rentan terhadap keretakan. Lingkungan laut memberikan tekanan dari berbagai arah, dan ketika kapal menabrak gunung es (mengalami beban impak), tegangan yang sebelumnya terkonsentrasi akibat pembebanan menyebabkan struktur kapal gagal menahan beban tersebut, hingga akhirnya terbelah menjadi dua bagian.

Sejarah pengujian impak dimulai pada tahun 1905, yang dikembangkan oleh ilmuwan Prancis, Georges Charpy. Pengujian ini kemudian diterapkan selama Perang Dunia II, karena pada masa tersebut banyak terjadi fenomena patah getas pada sambungan las kapal perang dan tanker. Beberapa patahan terjadi hanya sebagian, sementara yang lainnya benar-benar terbelah menjadi dua bagian.

Fenomena ini terutama terjadi pada musim dingin, ketika kapal berada di laut terbuka atau sedang berlabuh, di mana baja sedang, yang biasanya bersifat ulet, dapat berubah menjadi getas dalam kondisi tertentu. Sebagai upaya untuk memahami penyebab kegagalan tersebut dan mencari solusi pencegahannya, telah dilakukan berbagai program penelitian. Meskipun kegagalan getas pada kapal sering dikaitkan dengan baja lunak, penting untuk dicatat bahwa ini bukan satu-satunya bentuk kegagalan getas. Ada tiga faktor utama yang berperan dalam terjadinya jenis patahan getas ini. Ketiga faktor tersebut adalah :

- a. Keadaan tegangan tiga sumbu,
- b. Suhu rendah,
- c. Laju regangan yang tinggi atau pembebanan yang cepat.

Ketiga faktor diatas tidak harus terjadi saat terjadinya patah getas. Sebagian besar kegagalan getas disebabkan oleh kondisi tegangan tiga sumbu, seperti yang terjadi pada takik, serta oleh suhu rendah. Namun, kedua faktor ini cenderung lebih signifikan jika ada laju pembebanan yang tinggi, yang menjadi penentu utama kepekaan terhadap patah getas.

Contohnya, pada kapal Titanic di Samudra Atlantik, fenomena yang terjadi di kapal tersebut disebabkan oleh suhu rendah di tengah laut, yang membuat material kapal menjadi getas dan lebih rentan patah. Laut yang memberikan tekanan dari berbagai arah menambah beban pada kapal. Ketika kapal tersebut menabrak gunung es (menerima beban impak), tegangan yang terkonsentrasi akibat beban tersebut menyebabkan kapal terbelah menjadi dua. Fenomena ini terjadi karena kegagalan fungsi logam pada kapal, terutama pada sambungan las.

Menurut Agung (2019:2), Uji impak merupakan jenis pengujian yang melibatkan pembebanan secara cepat atau rapid loading. Dalam pengujian mekanik, metode pemberian beban terhadap material dapat berbeda-beda. Pengujian seperti uji tarik, tekan, dan puntir menggunakan beban statik, sedangkan uji impak menggunakan beban dinamik. Pada pembebanan cepat ini, energi kinetik dari alat penumbuk diserap secara signifikan oleh spesimen. Energi yang terserap tersebut kemudian dimanifestasikan dalam bentuk berbagai respons material, seperti deformasi plastis, efek histeresis, gesekan, serta pengaruh inersia.

Pengujian impak dilakukan untuk mengukur ketangguhan bahan komposit terhadap beban kejut. Prinsip dasar pengujian impak adalah, ketika sebuah benda diberikan beban kejut, benda tersebut akan menyerap energi yang mengakibatkan deformasi plastis, yang pada akhirnya menyebabkan patahan. Energi yang diserap dihitung berdasarkan perbedaan antara ketinggian awal (H_0) dan ketinggian setelah beban diterima (H_1), yang diukur dalam satuan joule (J). Spesimen uji dianggap ulet jika hasil patahannya tidak rata dan menunjukkan serat. Spesimen untuk pengujian impak dibuat sesuai dengan standar ISO-179. Untuk menentukan nilai impak suatu spesimen yang diuji menggunakan metode Charpy (nama alat), yaitu:

$$HI = E/A \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

E: energi yang diserap (joule)

A: luas area penampang di bawah takik (mm²)

Sedangkan $E = P (H_0 - H_1)$

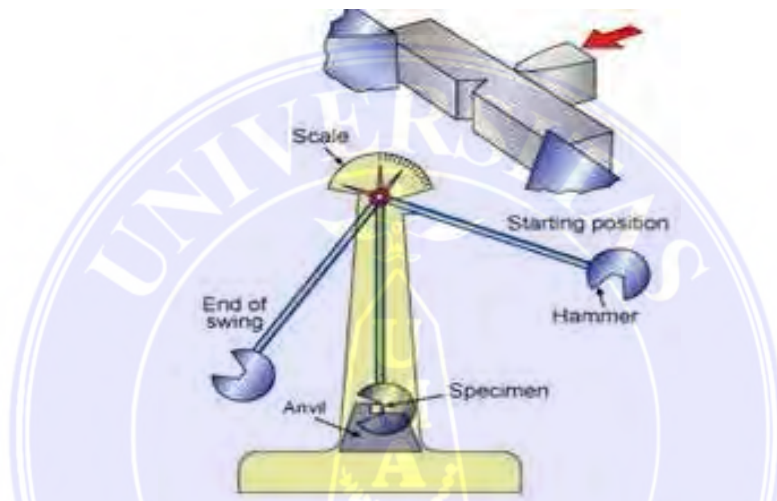
dimana:

P : beban yang diberikan (joule)

H_0 : ketinggian awal bandul (mm)

H_1 : ketinggian akhir setelah terjadi perpatahan benda uji (mm)

Skematis pengujian impak charpy dapat dilihat seperti pada Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2. 5 Skematis Pengujian Impak Charpy

(Sumber: <https://mirfandaniputra.wordpress.com/2017/01/07/uji-impact-charpy/>)

2.3 Metode Uji Impak Charpy

Metode uji impak Charpy dilakukan dengan menempatkan spesimen pada tumpuan dalam posisi mendatar, di mana arah tumbukan diberikan dari sisi yang berlawanan terhadap arah takikan pada spesimen.

Beberapa kelebihan dari metode Charpy, antara lain :

- Hasil pengujian yang lebih akurat.
- Proses pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan.
- Menghasilkan tegangan yang merata di sepanjang penampang.

- Waktu pengujian yang lebih singkat.

Sementara kekurangan dari metode Charpy, yaitu :

- Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal.
- Spesimen dapat bergeser dari tumpuan karena tidak dicekam.
- Pengujian hanya dapat dilakukan pada spesimen yang kecil.

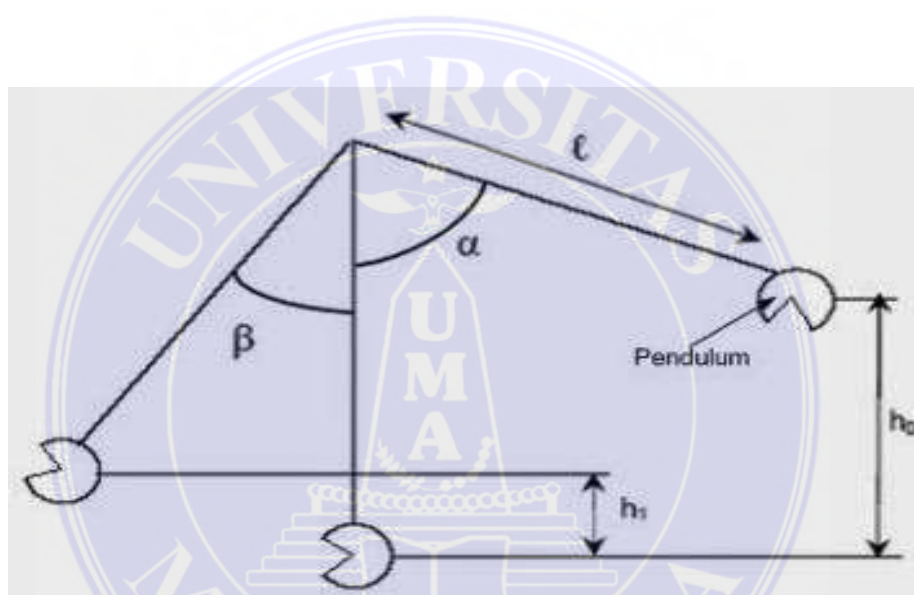
Secara umum, metode pengujian impak menggunakan metode Charpy banyak diterapkan di Amerika Serikat, sementara metode Izod lebih umum digunakan di Eropa (khususnya Inggris). Spesimen uji Charpy memiliki penampang lintang berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 10x10 mm dan dilengkapi takik berbentuk V dengan sudut 45°, jari-jari dasar 0,25 mm, dan kedalaman takik 2 mm. Spesimen diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar, dan bagian yang tidak bertakik diberi beban impak melalui ayunan bandul (dengan kecepatan impak sekitar 16 ft/detik). Spesimen yang diuji akan mengalami pembengkokan dan patah dengan laju rengangan yang tinggi, sekitar 10^3 detik^{-1} (Putranti, 2019:15)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Charpy. Pada metode Charpy, spesimen uji ditempatkan secara mendatar dan ditahan pada kedua ujungnya oleh penahan. Pendulum kemudian ditarik ke atas hingga mencapai posisi yang diinginkan. Setelah itu, pendulum dilepaskan dan mengenai bagian belakang takikan atau sejajar dengan takikan spesimen. Ketika pendulum dinaikkan hingga ketinggian h_1 , pendulum dilepaskan dan berayun bebas untuk memukul spesimen hingga patah. Setelah spesimen patah, pendulum akan terus berayun hingga

mencapai ketinggian h_2 . Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$E = P (h_1 - h_2) \dots\dots\dots (2.2)$$

Tinggi pendulum sebelum dan sesudah dijatuhkan ($h_1 - h_2$) dapat digambarkan dalam bentuk sudut. Dengan demikian, energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung seperti yang terlihat pada Gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2. 6 Skema Perhitungan Energi Impak.

(Sumber: <https://www.detech.co.id/impact-test/>)

$$E = P \times D (\cos\beta - \cos\alpha) - L \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

E = Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen (kg.m).

P = Berat pendulum 25,530 kg.

D = Jarak antara sumbu pendulum dengan pusat gaya berat pendulum

0.6495 m.

α = Sudut pendulum sebelum dijatuhkan (900, 1200, 1440)

β = Sudut pendulum setelah mematahkan spesimen.

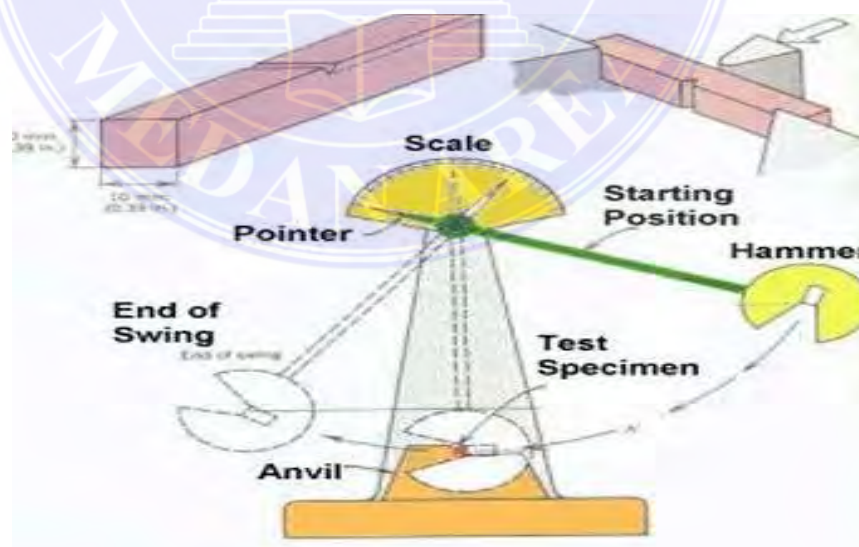
L = Energi yang hilang

h = ketinggian spesimen pada bantalan anvil

Energi yang hilang (*lose energy* = L) disebabkan oleh gesekan antara pendulum dengan udara serta gesekan antara batang pendulum dan bantalan (*bearing*). Energi yang hilang ini dapat dihitung dengan cara mengangkat pendulum hingga mencapai ketinggian maksimum dan kemudian melepaskannya (tanpa adanya spesimen). Dengan demikian, energi yang hilang dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = P \times D (\cos\beta - \cos\alpha) \text{ kg-m.} \dots\dots\dots (2.4)$$

Skematik penggunaan alat uji impak charpy seperti pada Gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2. 7 Skematik Penggunaan Alat Uji Impak Charpy

(Sumber:<https://repositori.uma.ac.id/bitstream/1236789/119/5/11.813.0011>

_file5.pdf)

Jika luas permukaan patahan spesimen adalah $A \text{ cm}^2$, maka kekuatan impak (Impact strength), yang juga dikenal sebagai angka Charpy, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$a_k = \frac{E}{A} \text{ kg} - \text{m/cm}^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

a_k = Kekuatan impak (kgm.cm^{-2}).

A = Luas permukaan patahan spesimen (cm^2).

2.4 Karbon

Karbon, yang berasal dari kata Latin berarti "arang" atau "zat arang", merupakan unsur kimia dengan lambang C dan nomor atom 6. Unsur ini tergolong non-logam dan bersifat tetravalen, artinya atom karbon dapat membentuk empat ikatan kovalen dengan elektron valensinya. Dalam tabel periodik, karbon berada pada golongan ke-14. Kandungan karbon di kerak Bumi hanya sekitar 0,025 persen. Secara alami, karbon memiliki tiga isotop, yaitu dua isotop stabil (^{12}C dan ^{13}C), dan satu isotop radioaktif, yaitu ^{14}C , yang memiliki waktu paruh sekitar 5.730 tahun. Karbon juga termasuk salah satu unsur yang telah dikenal dan digunakan sejak zaman kuno.

Menurut Yani (2024:17), serat karbon adalah bahan yang sangat kuat dan ringan, dikenal karena rasio kekuatan terhadap berat yang sangat tinggi. Terbuat dari serat karbon yang ditenun dalam pola tertentu, material ini menawarkan kekuatan struktural yang luar biasa sambil mempertahankan bobot yang minimal. Keunggulan ini membuat serat karbon sangat ideal untuk aplikasi di mana kekuatan dan ketahanan diperlukan tanpa menambah bobot yang signifikan. Dalam industri

otomotif, misalnya, serat karbon sering digunakan untuk komponen seperti panel bodi dan bagian struktural lainnya, di mana reduksi bobot dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan performa kendaraan secara keseluruhan. Selain itu, sifatnya yang tahan terhadap korosi dan keausan juga menambah nilai fungsionalnya dalam berbagai aplikasi teknik dan desain.

Definisi lain menjelaskan karbon diambil dari atmosfer melalui mekanisme fotosintesis dan kemudian tersimpan dalam biomassa tumbuhan. (Rusminanda, 2021:96). Karbon ini tersimpan di hampir seluruh bagian pohon, termasuk akar, batang, cabang, ranting, daun, bunga, dan buah. Karbon terbagi menjadi dua jenis, yaitu karbon organik (yang berasal dari makhluk hidup, seperti batubara dan minyak bumi) dan karbon anorganik (yang berasal dari bahan non-hidup, seperti batu kapur).

Gas karbon monoksida (CO), yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak terasa, memiliki konsentrasi rendah di udara (sekitar 0,1 ppm) dan tidak terlihat oleh mata. Gas ini terbentuk dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, yang menjadi sumber utama gas buangan. Keberadaan gas karbon dioksida dapat digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat pencemaran. Seperti yang dikemukakan oleh Hamdaningsih, gas karbon dioksida memiliki hubungan erat dengan oksigen, yang menjadikannya salah satu faktor pencemar. Jadi, peningkatan pembangunan harus dimulai dengan konsep pembangunan dan lebih banyak ruang terbuka hijau.

Cemaran gas CO₂ yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan manusia akan diolah menjadi O₂ oleh semua pohon. Kemampuan setiap jenis pohon untuk

menyerap karbon yang optimal dipengaruhi oleh faktor morfologi seperti kerimbunan tajuk, tinggi, dan diameter batang. Seperti yang dijelaskan oleh Rusminanda (2021), umur dan diameter pohon terkait erat dengan massa karbon yang lebih besar. Lebih banyak CO₂ yang disimpan oleh daun daripada karbon yang disimpan oleh batang pohon.

Pohon merupakan makhluk dan teknologi terbaik paling efisien dalam menyimpan karbon. Total karbon yang tersedia di dunia tahun 2022 adalah 34 miliar ton, satu batang pohon dapat menyerap karbon tahunan sebanyak 40 kg pertahun. Kemampuan ini pasti menunjukkan peran penting pohon dalam menjaga konsentrasi CO₂ di atmosfer stabil. Semakin banyak kelestarian pohon yang masih hidup dan lebih banyak penanaman pohon dengan ketersediaan hutan yang kompleks dapat mencegah kerusakan alam yang umumnya disebabkan oleh efek rumah kaca dan pemanasan global. Selain menyimpan dan menyerap karbon, ekosistem tumbuhan bawah juga dapat melepas karbon melalui proses dekomposisi.

2.5 Serat

Serat ini berperan penting dalam menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan dan berbagai sifat mekanik lainnya. Serat tersebut bertanggung jawab untuk menahan sebagian besar gaya yang diterima oleh bahan komposit. (Solihin, 2020:73).

Terdapat berbagai jenis serat, baik yang berasal dari alam maupun yang dibuat secara sintetis. Beberapa contoh utama serat alami antara lain kapas, wol, sutra, dan rami. Sedangkan serat sintetis adalah rayon, polyester, akril, dan nilon. Banyak jenis serat lainnya yang diproduksi untuk memenuhi berbagai kebutuhan,

sementara yang disebutkan di atas adalah yang paling dikenal. Secara umum, serat alam dapat dikelompokkan menjadi serat yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan mineral. Penggunaan serat alam di industri tekstil dan kertas sangat luas, dengan berbagai jenis serat seperti sutra, kapas, kapuk, rami kasar, goni, rami halus, dan serat daun yang tersedia secara komersial.

Komposit yang menggunakan serat sebagai penguat (fibrous composite) sangat efisien, karena material berbentuk serat memiliki kekuatan dan kekakuan yang jauh lebih baik dibandingkan bentuk padat dari material yang sama. Kekuatan serat terletak pada ukurannya yang sangat kecil, bahkan hingga skala mikron. Ukurannya yang kecil membantu mengurangi cacat dan ketidaksempurnaan kristal yang biasanya ada pada bahan berukuran besar, sehingga serat dapat bersifat seperti kristal tunggal tanpa cacat, yang membuatnya sangat kuat. Dari banyaknya jenis serat yang tersedia, dalam penelitian ini dipilih serat sintetis unggulan yaitu serat karbon Kevlar, serta serat alam seperti serat rami dan serat Agave. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai ketiga jenis serat tersebut:

2.6 Karbon Kevlar

Serat karbon merupakan serat sintetis buatan manusia, yang tidak berasal dari alam. Material ini memiliki beberapa karakteristik khas yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satu faktor utama adalah arah atau orientasi serat karbon, yang menyebabkan serat karbon dan berbagai jenis material komposit lainnya sering disebut sebagai material anisotropik. Ini berarti bahwa arah dan bentuk serat penyusun material sangat mempengaruhi sifat-sifat dan karakteristik material tersebut. (Solihin, 2020:72).

Pengembangan serat karbon telah menghasilkan jenis serat baru dengan karakteristik yang lebih unggul, yaitu serat karbon *Kevlar*. Menurut Rusminanda (2021), serat Kevlar adalah merek dagang yang dipatenkan oleh DuPont. Aramid (*Kevlar*) merupakan material yang ditemukan pada tahun 1964 oleh Stephanie Kwolek, seorang ahli kimia asal Amerika yang bekerja sebagai peneliti di perusahaan DuPont.

Aramid merupakan singkatan dari "*aromatic polyamide*". Material ini memiliki struktur yang sangat kuat, tahan terhadap asam dan basa, serta mampu menahan panas hingga 370°C, membuatnya tidak mudah terbakar. Karena sifat-sifat tersebut, aramid banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti pesawat terbang, tank, dan antariksa (roket). Produk yang dipasarkan dengan nama Kevlar ini memiliki berat yang ringan, namun kekuatannya lima kali lebih besar dibandingkan besi. Gambar serat karbon Kevlar dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah.



Gambar 2. 8 Karbon Kevlar

Kevlar terdiri atas satu lapisan dengan ketebalan sekitar 0,25 mm. Dibandingkan dengan serat karbon konvensional, *Kevlar* termasuk dalam kategori serat poliamida yang memiliki massa jenis sebesar 1,44 g/cm³ serta kekuatan tarik

sekitar 3620 MPa. Struktur polimer *Kevlar* tersusun dari gugus amida dan oksigen secara teratur, memungkinkan terbentuknya ikatan hidrogen yang stabil dan kuat. Perbandingan sifat fisik antara serat karbon konvensional dan serat *Kevlar* dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

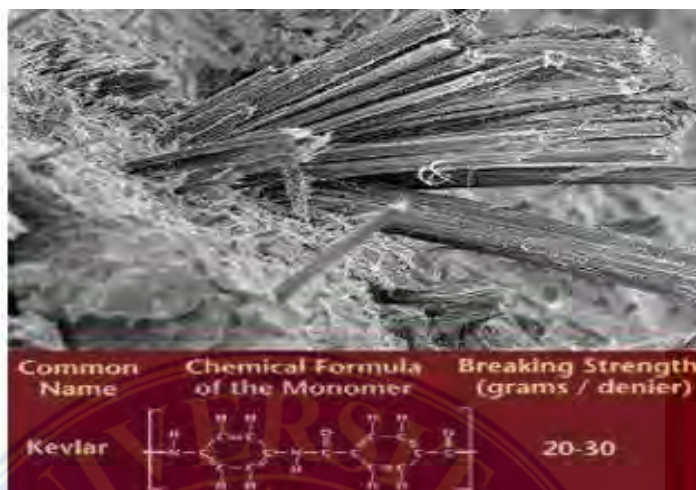
Tabel 2. 1 Spesifikasi Serat Karbon *Kevlar*

Physical Properties	Metric	English
Density	1.44 gr/cc	0.0031 lb/
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	3620 MPa	524900 psi
Elongation at Break	1.7%	1.7%
Modulus of Elasticity	186 Gpa	26970 ksi

Kevlar (Aramid) ditemukan pada tahun 1964 oleh Stephanie Kwolek, seorang ahli kimia asal Amerika yang bekerja sebagai peneliti di perusahaan DuPont. *Kevlar* memiliki struktur yang sangat kuat dan kemampuan peredaman yang baik. Karena sifat-sifat unggulnya, *Kevlar* sering digunakan dalam industri pesawat terbang, tank, dan roket.

Menurut Solihin (2020:72), *Kevlar* adalah bahan yang sangat dikenal karena ketahanannya terhadap benturan, robekan, dan tekanan eksternal lainnya. Terbuat dari serat sintetis yang memiliki struktur molekul yang sangat kuat, *Kevlar* menawarkan perlindungan yang luar biasa terhadap berbagai jenis kerusakan mekanis. Dalam industri otomotif, *Kevlar* sering digunakan dalam komponen seperti pelapis rem dan ban, karena kemampuannya untuk menahan stres dan gesekan tinggi. Selain itu, *Kevlar* sering digunakan dalam rompi anti peluru dan peralatan pelindung lainnya, memberikan lapisan keamanan ekstra bagi penggunanya. Ketahanan terhadap suhu tinggi dan sifat ringan *Kevlar* juga

menjadikannya pilihan yang populer untuk aplikasi teknik dan militer, di mana perlindungan tambahan dan daya tahan adalah prioritas utama.



Gambar 2. 9 Susunan Kimia Dari Kevlar

(Sumber:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fejournal.>)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2024 dengan detail jadwal tugas akhir seperti terlihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1. Jadwal Pembuatan Plat *Carbon*.

Aktifitas	2025																			
	Apr.				Mei.				Mei.				Mei.				Mei.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengumpulan																				
Alat dan Bahan																				
Pembuatan Plat																				
Pengeringan Plat																				
Penyelesaian pembuatan Plat																				
Pengujian Plat																				
Analisis Data																				
Penyelesaian Laporan																				
Perbaikan Laporan																				

3.1.2 Tempat Penelitian

Pembuatan plat dilaksanakan di rumah yang berada di Jalan Taut No 55, Sidorejo, Medan Tembung, Kota Medan dan Pengujian plat dilaksanakan di universitas Sumatera Utara yang berada di Jalan Dr. T. Mansur No 9, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20222.

3.2 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam proses penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan penyelidikan kekuatan lentur komposit laminat jute dan *E-glass*.

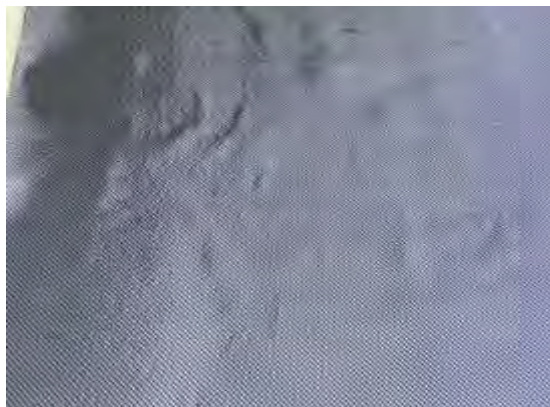
3.2.1 Bahan

a. *Carbon Kevlar*

Carbon Kevlar adalah kombinasi serat karbon dan *Kevlar*, yang dikenal karena ketahanan benturan dan daya tahannya. Ini digunakan dalam aplikasi di mana ketahanan sangat penting, seperti industri kedirgantaraan dan militer. *Carbon Kevlar* adalah kain hibrida yang dibuat dengan menenun berbagai jenis benang serat. Sementara serat karbon digunakan dalam peralatan olahraga dan industri seperti pembuatan perahu dan manufaktur kedirgantaraan, *Kevlar* terutama digunakan dalam pakaian pelindung dan produk tahan peluru.

Kevlar sering digunakan untuk memodifikasi kendaraan agar terlihat lebih sporty. Selain memberikan tampilan yang menarik pada mobil atau motor, *Kevlar* juga memiliki kemampuan untuk menahan panas pada kendaraan. Serat sintetis aramid di *Kevlar* sering dipakai juga untuk keperluan penerbangan utamanya di bodi pesawat dan sebagai rompi antipeluru. Demikian yang membuat material *Kevlar* tahan benturan maupun lecet dan dapat dipakai di kendaraan.

Carbon Kevlar memiliki sifat fleksibel yang membuatnya hanya retak ketika terbentur keras. *Kevlar* juga lebih tahan terhadap goresan atau benturan, menjadikannya sangat efektif jika terjadi kecelakaan pada kendaraan. Karena itu, *Carbon Kevlar* sangat cocok digunakan untuk melapisi berbagai bagian kendaraan, seperti motor atau mobil, bahkan helm, seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Carbon Kevlar

b. Resin Epoksi

Resin adalah senyawa kompleks yang terbentuk dari alkohol, asam resin, dan ester resnotanol. Sifat fisik resin sangat bervariasi, termasuk kejernihan, kekusaman, kilau, kekerasan, dan bahkan aroma khasnya. Resin epoksi adalah polimer termoset yang banyak digunakan karena kekuatan mekanik, ketahanan kimia, dan sifat listriknya yang baik. Umumnya terdiri dari senyawa Bisphenol-A atau F dan pengeras berbasis amina. Resin ini memiliki kekuatan tarik 40–100 MPa, kekuatan lentur 70–150 MPa, dan modulus elastis 2–4 GPa. Kekerasannya tinggi (Shore D 80–90), namun sifat impaknya relatif rendah karena getas. Suhu transisi kaca (T_g) berkisar 50–180 °C dengan ketahanan termal hingga 200 °C. Epoksi tahan terhadap air, pelarut ringan, dan basa lemah, tetapi rentan terhadap sinar UV dan asam kuat. Dalam bidang kelistrikan, resin ini memiliki isolasi sangat baik dengan tahanan volume $>10^{13}$ ohm·cm dan kekuatan dielektrik hingga 30 kV/mm. Waktu kerja resin sekitar 20–60 menit dengan curing penuh dalam beberapa hari, atau dipercepat dengan pemanasan. Aplikasinya mencakup komposit serat, pelapis anti korosi, perekat struktural, serta pelindung elektronik. Resin dapat ditemukan baik dalam bentuk alami maupun sintetis, seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Resin

c. *Polivinil Alkohol (PVA)*

Polivinil Alkohol (PVA) adalah polimer sintetis yang dapat larut dalam air. PVA memiliki sifat biokompatibel, tidak beracun, dan mudah diproses. Dalam penelitian ini, PVA digunakan untuk mempermudah proses pelepasan bahan uji dari cetakan, seperti yang terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Polivinil Alkohol (PVA)

d. *Miracle Gloss*

Produk pelepas cetakan atau *mold release wax* berfungsi untuk mencegah plastik dan karet menempel pada cetakan. Selain itu, produk ini juga dapat digunakan untuk memberikan efek kilap pada permukaan. Contohnya dapat dilihat pada Gambar 3.4, dengan ilustrasi *Miracle Gloss*.



Gambar 3. 4 Ilustrasi Miracle Gloss.

3.2.2 Alat

Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam proses penelitian ini.

a. Kaca

Kaca merupakan hasil olahan dari industri kimia sangat familiar dalam kehidupan sehari-hari. Dari segi fisik, kaca dapat dikategorikan sebagai cairan super dingin karena partikel-partikelnya tersebar acak seperti pada zat cair, meskipun wujudnya padat. Hal ini disebabkan oleh proses pendinginan yang sangat cepat, sehingga struktur silika tidak memiliki cukup waktu untuk membentuk kristal yang teratur. Sementara itu, secara kimiawi, kaca merupakan hasil pencampuran berbagai oksida anorganik yang bersifat tidak mudah menguap, yang terbentuk melalui proses dekomposisi dan peleburan bahan-bahan seperti senyawa alkali, alkali tanah, pasir, dan komponen lainnya.

Kaca memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan jenis keramik lainnya. Keunikan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh sifat khusus silika (SiO_2) dan cara pembuatannya. Kaca pada penelitian ini berfungsi sebagai cetakan pembuatan plat seperti dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Kaca

b. Plastik Vacum

Plastik *vacuum carbon* adalah plastik *vacuum* yang digunakan dalam metode lapis *skinning carbon* untuk membantu proses penempelan. Plastik *vacuum* ini dapat menghasilkan tempelan yang rapat dan anyaman *carbon* seperti dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Plastik Vacum

c. Butyl Vacuum (Sealant Tape Vacuum)

Butyl vacuum berbahan karet sintetis yang digunakan sebagai *sealant vacuum* dalam proses persiapan *vacuum bagging/infusion*. produk ini juga dapat digunakan sebagai perekat sealant mika lampu untuk mencegah masuknya embun atau air. Memiliki daya rekat yang tinggi dan tahan lama serta sangat lembut

sehingga sensitif terhadap tekanan untuk menutupi celah yang paling kecil seperti dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Butyl Vacuum (Sealant Tape Vacuum)

d. Mesin *Vacuum*

Mesin vakum berfungsi untuk menghisap atau menghilangkan udara yang ada di dalam suatu ruangan, dalam hal ini adalah kemasan plastik. Dengan menggunakan mesin ini, kandungan udara dalam kemasan plastik menjadi sangat minim, seperti yang terlihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Mesin Vacuum

e. Selang *Vacuum*

Selang *vacuum* merupakan sambungan fleksibel yang mengarahkan *vacuum* dari pengumpul otomatis untuk memasuk berbagai komponen seperti dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Selang Vacuum

f. Neraca

Neraca atau timbangan merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur massa suatu objek. Tingkat akurasi alat ini dapat bervariasi tergantung pada tujuan penggunaannya. Pada penelitian ini, neraca dimanfaatkan untuk mengukur massa resin epoksi dan katalis, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Neraca

g. *Flow Mesh*

Flow mesh digunakan sebagai mengalirkan resin keseluruhan permukaan laminasi pada proses *vacuum infusion*. Jaring lembaran, berbahan plastik PE, dan dapat menahan suhu sampai 120c seperti dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Flow Mesh

h. Kain *Peel Ply*

Kain *peel ply* adalah kain tenunan dari bahan *polyester* yang mempunyai karakter tidak melekat dengan resin sehingga berfungsi sebagai media pemisah antara serat *carbon* dengan kain flanel pada proses *vaccum bagging* atau *vacuum infusion* seperti dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Kain Peel Ply

i. Gunting

Gunting merupakan alat pemotong dengan ketajaman dua sisi yang dipakai menggunakan tangan. Gunting dalam penelitian ini digunakan sebagai alat pemotong serat *carbon*, selang *vacuum*, plastik *vacuum*, *flow mesh*, dan kain *peel ply* seperti dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Gunting

j. Uji Impak

Pengujian impak merupakan metode uji yang melibatkan pembebanan secara cepat atau dinamis. Dalam pengujian sifat mekanik material, terdapat perbedaan jenis pembebanan; misalnya, uji tarik, tekan, dan puntir menggunakan beban statis, sedangkan uji impak menggunakan beban dinamis. Pada pembebanan cepat ini, energi kinetik dari beban ditransfer ke spesimen dan diserap dalam jumlah besar, kemudian direspons oleh material melalui deformasi plastis, histeresis, gesekan, serta pengaruh inersia. Gambar 3.14 menunjukkan alat yang digunakan dalam uji impak.



Gambar 3. 14 Uji Impak

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu pendekatan yang bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya, serta menganalisis hubungan sebab-akibat di antara variabel-variabel tersebut. Ciri khas dari metode eksperimen yang membedakannya dari metode penelitian lain adalah adanya kontrol terhadap variabel-variabel yang terlibat, serta pemberian perlakuan tertentu pada kelompok eksperimen.

3.4 Populasi dan Sampel

Penelitian ini membahas tentang pembuatan dan pengujian impak pada plat, dengan sampel yang digunakan berupa serat karbon Kevlar untuk pembuatan plat, serta alat pengujian yang digunakan adalah Uji Impak Charpy.

3.4.1 Prosedur Kerja

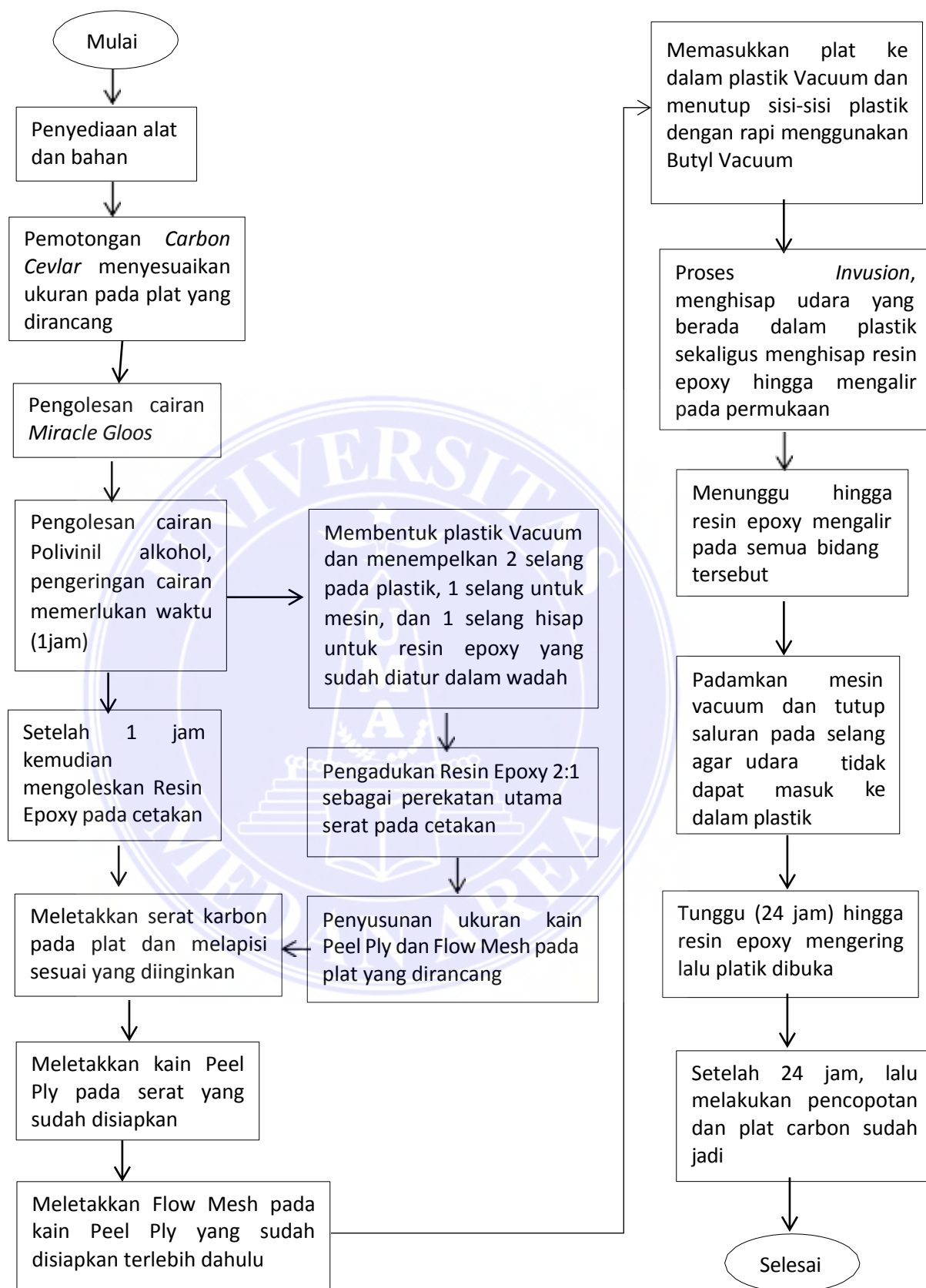
Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Mengumpulkan informasi dari buku dan jurnal sebagai dasar studi literatur serta berdiskusi dengan dosen pembimbing.
- b. Menyiapkan alat dan bahan, termasuk menentukan serta mencari bahan-bahan yang akan digunakan.
- c. Melakukan analisis dan menarik kesimpulan dari hasil penelitian.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir berfungsi sebagai representasi utama yang menjadi acuan dalam pelaksanaan suatu kegiatan. Dalam proses perancangan dan penelitian, diagram alir digunakan untuk mempermudah tahapan pelaksanaan, termasuk dalam proses pembuatan pelat karbon. Alur penelitian tersebut ditampilkan pada Gambar

3.15



Gambar 3. 15 Diagram Alir Penelitian

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- (a) Berdasarkan dari data hasil penelitian pengaliran *resin epoxy* dan penyempurnaan pada lapisan serat karbon metode *vacuum pump* juga sangat dibutuhkan dalam proses tersebut dan *vacuum pump* juga sangat mempengaruhi kepadatan setiap lapisan-lapisan pada serat karbon hingga membuat plat kokoh.
- (b) Serat karbon juga dapat dibentuk menjadi plat dari proses pengukuran hingga sampai pencopotan plat dari cetakan kacaserta bentuk plat dan pada susunan benang serat karbon tidak memiliki perubahan, serat karbon hanya mengikuti bentuk cetakan.
- (c) Dari hasil penelitian pada plat dengan uji impak menggunakan mesin Uji *Impak Charpy* juga dapat mengetahui energi impak yang dapat ditahan oleh plat *carbon* hingga plat sampai bengkok dari uji tersebut dapat diketahui energi maksimal ketahanan pipa.
- (d) Dari hasil plat carbon yang diteliti memiliki 3 jenis plat dengan lapisan yang berbeda dan kekuatan benturan yang berbeda seperti spesimen no. 1. jumlah lapisan memiliki 3 lapisan serat *carbon* memiliki harga impak $0,72 \text{ J/mm}^2$, spesimen, no. 2 jumlah lapisan memiliki 7 lapisan serat *carbon* memiliki harga impak $1,45 \text{ J/mm}^2$ dan spesimen, no. 3 jumlah lapisan memiliki 7 lapisan serat *carbon* memiliki harga impak $1,67 \text{ J/mm}^2$.

- (e) Dapat dilihat dari nilai kekuatan benturan yang di peroleh dari 3 jenis plat, maka plat dari serat karbon di lapisan 7 tersebut juga sudah dapat berfungsi jika dibentuk sebagai body mobil.

5.2 Saran

- (a) Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap sifat fisik untuk plat pada lapisan yang terbaik.
- (b) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pembuatan plat *carbon Kevlar* menggunakan metode yang berbeda.

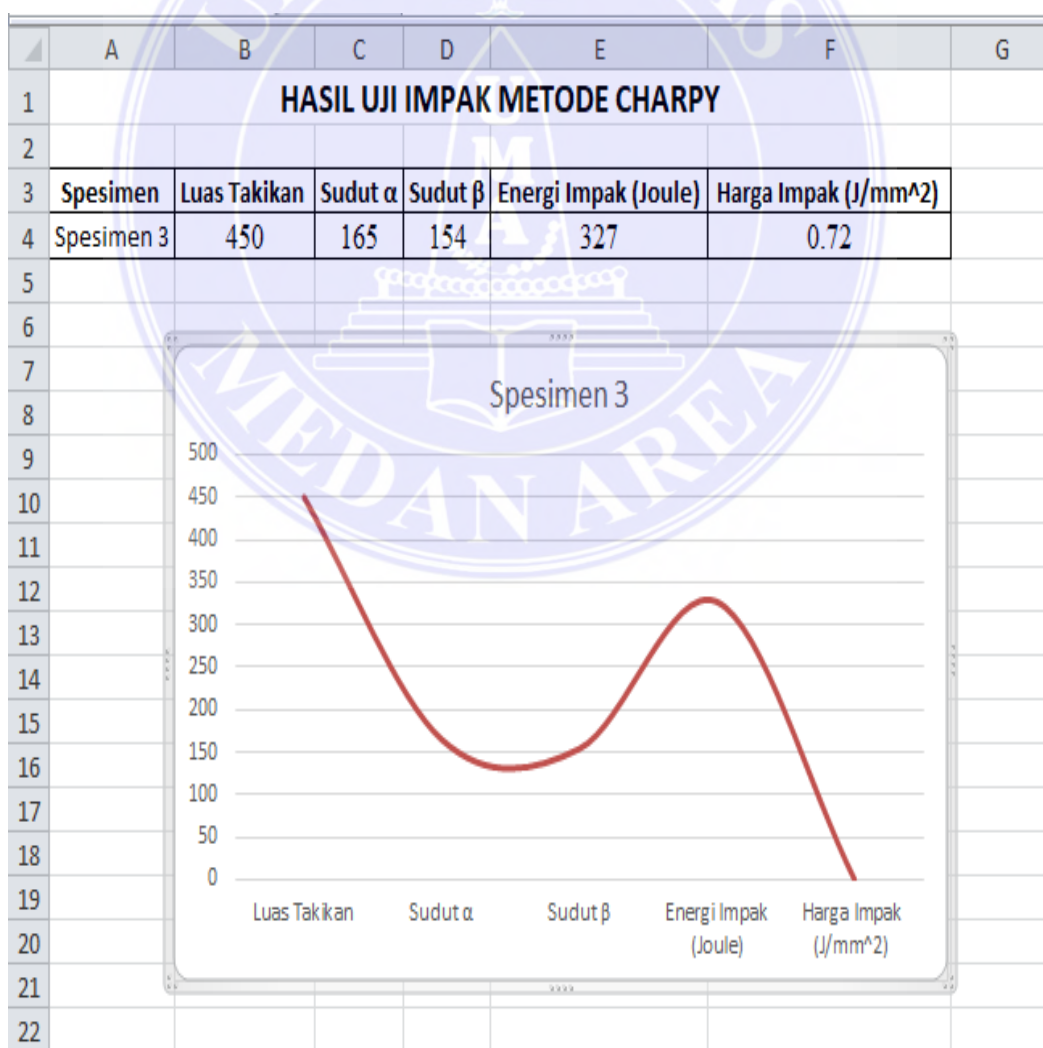


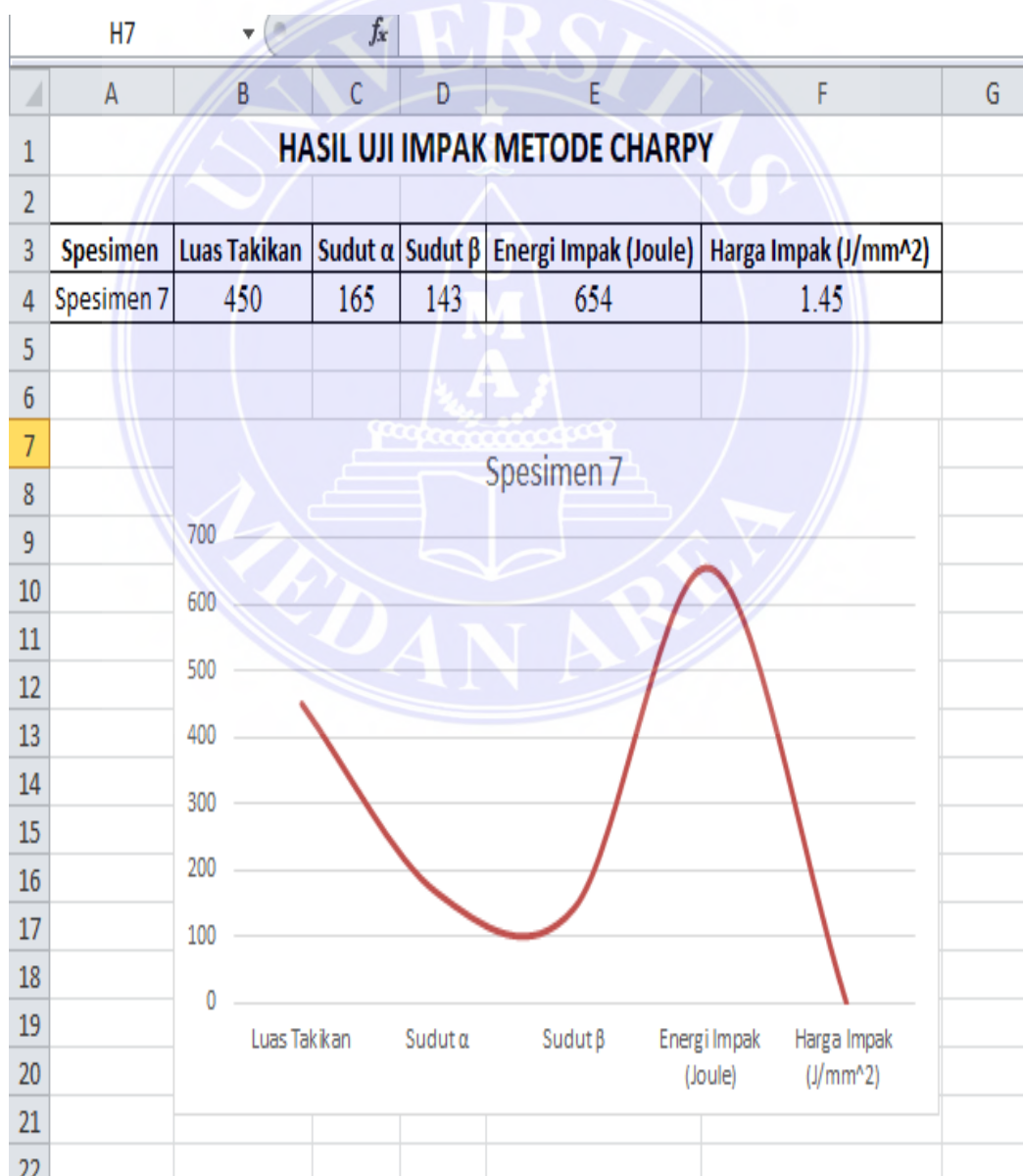
DAFTAR PUSTAKA

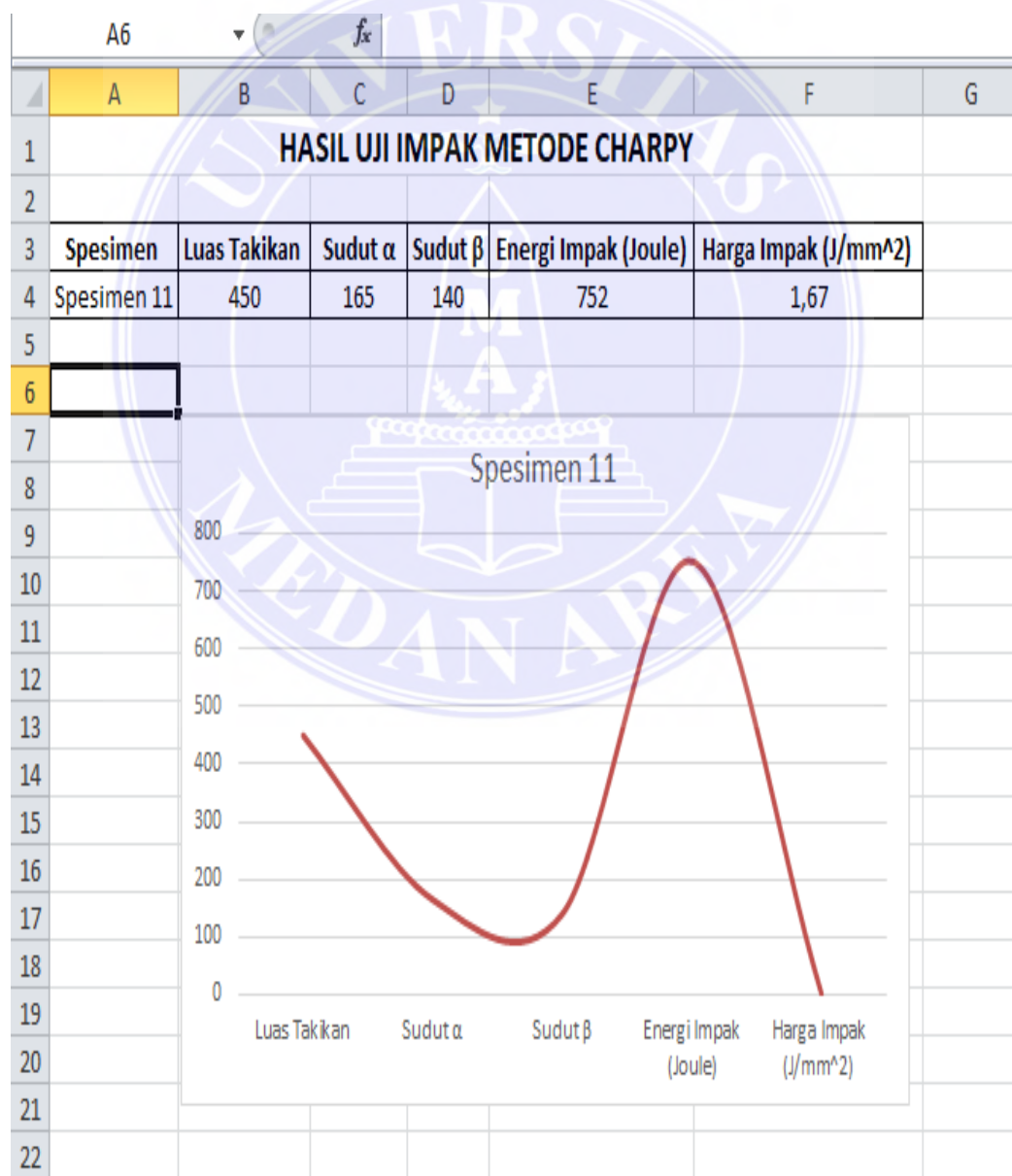
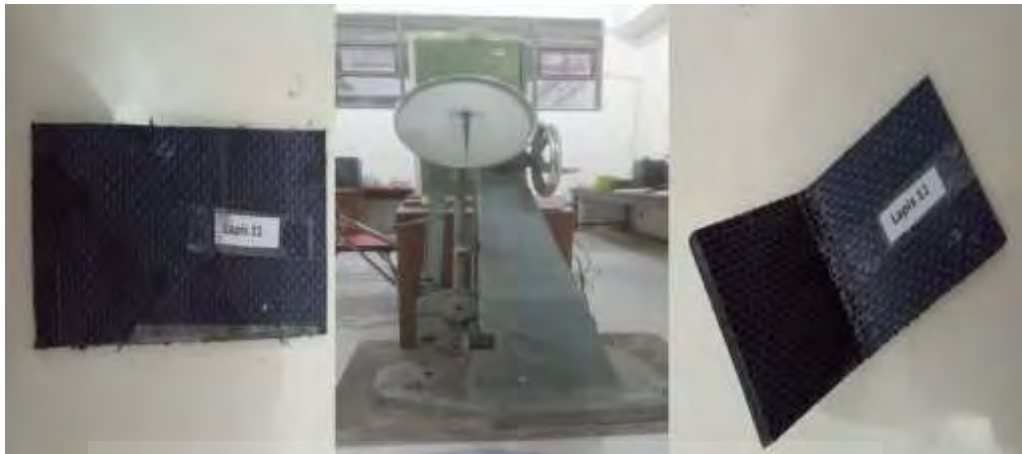
- Aditya, R, R., Agus, R, S. (2023). Yogyakarta. Analisis Komposit untuk Helm Tempur Menggunakan Metode Vacuum Assisted Resin Infusion dan Hand Lay Up. Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia. Volume 5, Tahun 2023, 75-82
- Agung, M, D. (2019). Analisa Uji Tarik Dan Uji Impak Komposit Penguat Karbon, Campuran Epoxy-Karet Silikon 30%, 40%, 50%, Rami, Kenaf Matrik Epoxy. 1-14
- Azhari, R. (2017). Analisa Komposit Multi Reinforcement Sebagai Material Alternatif Rompi Anti Peluru Dalam Menahan Energi Impact Proyektil. Surabaya. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Heru, M, H. (2019). Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Berpenguat Serat Kelapa dan Tebu Dengan Perendaman NaOH dan Menggunakan Resin Polyester. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Volume 07 Nomor 03, 31-40
- Kurniawan, F, H. (2017). Penyelidikankarakteristikmekanik Tarik Komposit Serbuk Kasar Kenaf. Jurnal Inotera, Vol. 2, No.1, 1-8
- Mulyani, S R. (2021). Metodologi Penelitian. Bandung. Widina Bhakti Persada
- Putranti, B. (2019). Perancangan Alat Uji Impak Charpy Untuk Material Komposit Berpenguat Serat Alami (Natural Fiber). Surakarta. Teknik Industri Universitas Sebelas Maret.
- Purwanto, hengki. (2019). Analisis Keakuratan Hasil Uji Impact dengan Metode Izod dan Charpy. Seminar Nasional
- Rusminanda, A. (2021). Analisis Kekuatan Material Fiber Carbon Dengan Variasi Core Terhadap Kekuatan Impak Pada Tulangan Bodi Mobil Garnesa Racing Team. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Volume 09 Nomor 02, 93-100
- Solihin, S., Eka, G, P., & Yuliaji, D. (2020). Analisa Karakteristik Karbon Dan Kevlar Berdasarkan Pengujian Tarik Dan Impak. Jurnal ALMIKANIK Vol. 2 No.2, 70-76
- Sumiyanto., Achyadi, H., & Hardiantono, D. (2024). Pengembangan Material Komposit Berbasis Polimer Menggunakan Serat Alami. Presisi: Jurnal Teknik Mesin – FTI. Volume 26 No.2, 1-11
- Yani. M., Arfis Amiruddin, Indrayani, Muhammad & Indra Ulana. (2024). Respon Mekanik Komposit Hibrid Diperkuat Serat Karbon dan Serat Kaca Akibat Beban Impak Untuk Aplikasi Helm Keselamatan Kerja. Vol. 7, No.1, 17-26

DAFTAR LAMPIRAN

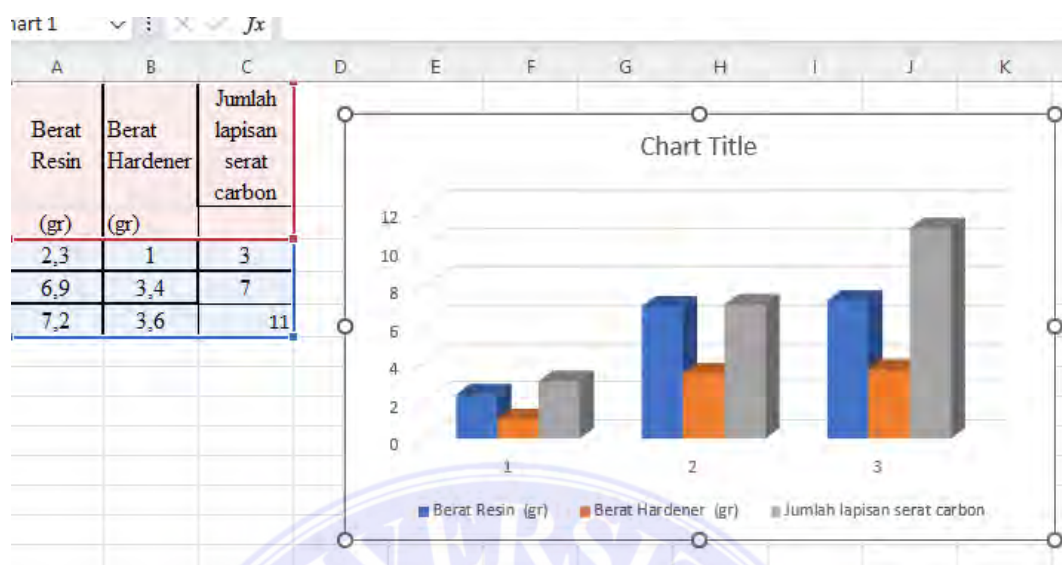
Lampiran 1 Data hasil dari uji impak plat carbon spesimen 1



Lampiran 2 Data hasil dari uji impak plat carbon spesimen 2

Lampiran 3 Data hasil dari uji impak plat carbon spesimen 3

Lampiran 4 Rancangan Plat



Lampiran 5 Hasil Pengujian

