

**PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT *HAND GUARD* SEPEDA
MOTOR *TOURING* BERPENGUAT *WOVEN CARBON FIBER*
MENGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Wega Adi Wiguna
No. Mahasiswa : 20525063
NIRM : 2005260057

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 27 Mei 2025



Wega Adi Wiguna

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT *HAND GUARD* SEPEDA
MOTOR *TOURING* BERPENGUAT *WOVEN CARBON FIBER*
MENGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Wega Adi Wiguna

No. Mahasiswa : 20525063

NIRM : 2005260057

Yogyakarta, 08 Mei 2025

Pembimbing,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Ir. Faisal Arif Nurgasang, S.T., M.Sc., IPP

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT *HAND GUARD* SEPEDA MOTOR *TOURING* BERPENGUAT *WOVEN CARBON FIBER* MENGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Wega Adi Wiguna
No. Mahasiswa : 20525063
NIRM : 2005260057

Tim Penguji

Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc., IPP

Ketua

Tanggal: 2 Juni 2025

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

Anggota I

Tanggal: 2 Juni 2025

Rahmat Riza, S.T., M.Sc., IPP

Anggota II

Tanggal: 2 Juni 2025

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur dan ketulusan yang mendalam, tugas akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua penulis (Bapak Sirin Adi Siswoyo dan almarhumah Ibu Wiwik Handayani) serta kakak penulis (Rasika Wiguna dan Fauzan Vega) yang selalu memberikan doa, semangat, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Terima kasih atas rasa cinta dan kasih sayang yang diberikan selama ini, jasa kalian abadi.
2. Dosen pembimbing, bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc., IPP, yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan ini.
3. Segenap civitas akademik kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, staf pengajar, karyawan dan seluruh mahasiswa. Semoga selalu diberikan kesehatan dan semangat dalam beraktivitas menjalani hari-harinya di kampus tercinta ini.
4. Kerabat serta teman-teman angkatan yang selalu memberikan semangat dan bantuan.

HALAMAN MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari satu urusan), tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap."

(QS-Al-Insyirah:6-8)

"Keberanian itu butuh dilatih, bukan datang secara tiba-tiba seperti wahyu Tuhan."

(Wiji Thukul)

"Diantara pusaran nirfungsi, petakan semua lagi titik tuju yang telah terpatri"

(33x - Perunggu)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Pembuatan Produk Komposit *Hand Guard* Sepeda Motor *Touring* Berpenguat *Woven Carbon Fiber* Menggunakan Metode *Compression Molding*" ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta yaitu Bapak Sirin Adi Siswoyo dan (alm) Ibu Wiwik Handayani selaku orang tua penulis, serta kakak Rasika Wiguna dan Fauzan Vega, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan penuh baik secara moral maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin UII yang telah memberikan izin serta fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan dukungan selama masa studi.
5. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin UII Angkatan 2020 dan semua pihak yang telah membantu dalam berbagai bentuk selama proses penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
6. Sahabat seperjuangan "SAHABAT" (Ade Richard, Asgar Ryamizard, Lanang Ramadhan, Luthfi Bahy, Iqbal Hilal, Thoriq, Uzan, Yudiki) yang selalu memberikan semangat dan bantuan. Terima kasih atas dukungan dan bantuan kalian semua, jasa kalian tidak akan terlupakan.

7. Karina Vega Puspita Sari, yang telah memberikan dukungan penuh, menjadi tempat berkeluh kesah sekaligus penyemangat untuk terus maju dan bertumbuh.
8. Semua pihak terlibat yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi bagi pengembangan lebih lanjut serta memberikan kontribusi bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Yogyakarta

Penulis

ABSTRAK

Penggunaan material komposit dalam industri otomotif saat ini sering digunakan karena sifatnya yang ringan namun kuat. *Hand guard* merupakan salah satu bentuk produk otomotif yang membutuhkan material yang ringan namun kuat untuk memberikan perlindungan terhadap pengendara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan dan kekuatan mekanik *hand guard* motor berpenguat *woven carbon fiber* dengan resin epoksi menggunakan metode *compression molding*. Metode penelitian melibatkan variasi jumlah lapisan karbon sebanyak 6, 8, dan 10 lapis, dengan pengujian impak menggunakan standar ASTM D6110-10 untuk menentukan ketangguhan material terhadap beban kejut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan karbon, semakin tinggi harga impak yang dihasilkan. Variasi 10 lapis karbon memiliki nilai impak tertinggi sebesar 0,028 J/mm² menunjukkan ketangguhan terbaik dibandingkan variasi lainnya sehingga variasi ini digunakan dalam pembuatan produk. Produk *hand guard* yang dihasilkan memiliki permukaan yang rata setelah proses *finishing* dan dapat dipasang pada sepeda motor. Hasil ini menunjukkan potensi aplikasi material komposit dalam industri otomotif untuk meningkatkan performa dan efisiensi produk.

Kata Kunci : komposit, *woven carbon fiber*, *hand guard*, *compression molding*, uji impak

ABSTRACT

The use of composite materials in the automotive industry is increasingly common due to their lightweight yet strong properties. A hand guard is one of the automotive components that requires a material with these characteristics to provide protection for riders. This study aims to examine the manufacturing process and mechanical strength of motorcycle hand guards made from woven carbon fiber with epoksi resin using the compression molding method. The research tested three variations of carbon fiber layers (6, 8, and 10 layers) and conducting impact tests based on ASTM D6110-10 standards to determine the material's toughness against impact loads. The test results indicate that an increasing number of carbon layers leads to higher impact strength. The 10-layer variation exhibited the highest impact value of 0.028 J/mm², demonstrating superior toughness compared to other variations, making it the optimal choice for product manufacturing. The resulting hand guard product had a smooth surface after finishing and could be installed on various types of motorcycles. These findings highlight the potential application of composite materials in the automotive industry to improve product performance and efficiency.

Keywords; *composite, woven carbon fiber, hand guard, compression molding, impact test*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Lembar Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 <i>Hand Guard</i> Sepeda Motor	7
2.2.2 Komposit	8
2.2.3 <i>Woven Carbon Fiber</i>	9
2.2.4 Resin Epoksi.....	10
2.2.5 <i>Compression Molding</i>	11
2.2.6 <i>Hand Lay Up</i>	12
2.2.7 Uji Impak.....	13
2.2.8 Harga Impak Produk Pelindung.....	14

Bab 3 Metode Penelitian	16
3.1 Alur Penelitian.....	16
3.2 Peralatan dan Bahan	16
3.3 Penentuan Kriteria Produk.....	22
3.4 Desain Eksperimen.....	22
3.5 Proses Pembuatan Cetakan Spesimen	22
3.6 Proses Pembuatan Spesimen Uji	25
3.7 Pengujian Impak Spesimen.....	30
3.8 Penentuan Komposisi Terbaik.....	31
3.9 Proses Pembuatan Produk.....	31
3.10 Analisis Hasil Produk.....	35
Bab 4 Hasil dan pembahasan	36
4.1 Hasil Pembuatan Spesimen dan Produk.....	36
4.1.1 Pengaruh Jumlah Lapisan Terhadap Harga Impak Spesimen.....	36
4.1.2 Hasil Pembuatan Produk <i>Hand Guard</i>	40
4.1.3 Kendala-Kendala yang Terjadi pada Proses Pembuatan Produk	42
Bab 5 Penutup	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran.....	44
Daftar Pustaka	45
Lampiran	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Alat	17
Tabel 3-2 Bahan.....	21
Tabel 3-3 Komposisi Pembuatan Spesimen.....	22
Tabel 4-2 Data Hasil Pengujian Impak Spesimen	36
Tabel 4-3 Harga Impak Spesimen	37
Tabel 4-1 Komposisi Pembuatan Produk.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 <i>Hand Guard</i> Sepeda Motor	8
Gambar 2-2 Struktur Komposit	9
Gambar 2-3 <i>Woven Carbon Fiber</i>	10
Gambar 2-4 Resin Epoksi	11
Gambar 2-5 Proses <i>Compression Molding</i>	12
Gambar 2-6 Metode <i>Hand Lay Up</i>	12
Gambar 2-7 Uji Impak.....	13
Gambar 3-1 Alur Penelitian	16
Gambar 3-2 Desain <i>Cavity</i> Spesimen.....	23
Gambar 3-3 Desain <i>Core</i> Spesimen	23
Gambar 3-4 Desain Plat Penahan	23
Gambar 3-5 Strategi Permesinan <i>Cavity</i>	24
Gambar 3-6 Strategi Permesinan <i>Core</i>	24
Gambar 3-8 Hasil Cetakan Spesimen.....	25
Gambar 3-7 Proses CNC	25
Gambar 3-9 Persiapan Bahan.....	26
Gambar 3-10 Cetakan (<i>mold</i>) Spesimen	27
Gambar 3-11 Proses Laminasi Cetakan Spesimen	27
Gambar 3-12 Penyusunan Lapisan (<i>Stacking</i>) Spesimen.....	27
Gambar 3-13 Proses <i>Compression</i> Spesimen	28
Gambar 3-14 Hasil Pelepasan Spesimen.....	28
Gambar 3-15 Pengukuran Spesimen	29
Gambar 3-16 ASTM D6110-10.....	30
Gambar 3-17 Pengujian Impak	30
Gambar 3-18 Tahapan Pembuatan Produk	31
Gambar 3-19 Pemotongan Karbon	32
Gambar 3-20 Proses Laminasi	32
Gambar 3-21 Penyusunan Lapisan (<i>Stacking</i>).....	33
Gambar 3-22 Proses <i>Compression</i>	33
Gambar 3-23 Hasil Produk Setelah <i>Eject</i>	34

Gambar 3-24 Proses Finishing Produk.....	35
Gambar 4-1 Grafik Uji Ketangguhan Impak	37
Gambar 4-2 Mode Kerusakan 6LK	39
Gambar 4-3 Mode Kerusakan 8LK	39
Gambar 4-4 Mode Kerusakan 10LK	39
Gambar 4-5 Produk <i>Hand Guard</i>	41
Gambar 4-6 Pemasangan Produk.....	41
Gambar 4-7 Karbon Sebelum Proses <i>Hand Lay Up</i>	42
Gambar 4-8 Kecacatan	43

DAFTAR NOTASI

E	= Energi yang terserap (J)
m	= Massa pendulum (kg)
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
L	= Panjang pendulum (m)
$\text{Cos } \alpha$	= Sudut awal pendulum (rad)
$\text{Cos } \beta$	= Sudut akhir pendulum (rad)
HI	= Harga impak (J/mm^2)
A	= Luas penampang (mm^2)
LK	= Lapis Karbon

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hand guard sepeda motor merupakan salah satu komponen yang penting dalam kendaraan untuk melindungi tangan pengendara dari benturan dan dampak yang mungkin terjadi selama berkendara dalam perjalanan jauh. Dalam dunia *touring*, penggunaan *hand guard* semakin populer dan menjadi semakin penting karena dapat meningkatkan perlindungan terhadap tangan pengendara dari benda asing seperti ranting dan batu yang dapat mengganggu kenyamanan dan keselamatan berkendara. Selain itu, *hand guard* yang dirancang dengan material ringan namun kuat mampu mengurangi beban tambahan pada kendaraan. Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat menjadi faktor utama dalam desain dan manufaktur *hand guard* yang optimal untuk mendukung kenyamanan serta keamanan pengendara selama perjalanan.

Terdapat beberapa material yang telah digunakan sebagai *hand guard* motor *touring* seperti material ABS, logam, dan aluminium. Akan tetapi, masih belum banyak penggunaan material komposit serat karbon pada produk ini. Hal ini kemungkinan karena persepsi pasar terhadap material komposit sebagai bahan yang mahal dan belum terbukti secara luas kelayakannya dalam aplikasi *hand guard*. Sehingga, inovasi untuk membuat produk *hand guard* berbahan komposit serat karbon dapat menjadi alternatif untuk menciptakan produk baru dengan keunggulan yang dimiliki komposit serat karbon. Pemilihan bahan penguat yang tepat akan sangat memengaruhi sifat dan karakteristik material komposit yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan bahan penguat yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan aplikasi sangat penting dalam pengembangan material komposit yang berkualitas dan efektif. *Woven carbon fiber* atau serat karbon anyam merupakan salah satu jenis serat karbon dengan ketahanan mekanik yang lebih baik dalam berbagai arah karena pola anyamannya yang memungkinkan penyebaran tegangan secara lebih merata dibandingkan dengan serat karbon lain seperti karbon cacah/*chopped carbon* dan karbon searah/lurus (Fanteria et al., 2017).

Untuk membuat produk komposit, salah satu metode yang dapat digunakan adalah *compression molding*. Metode ini memiliki beberapa keunggulan, seperti proses pengerjaan mudah, hasil akhir dengan permukaan halus, keseragaman bentuk, serta biaya perawatan yang rendah. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pembuatan *hand guard* sepeda motor *touring* menggunakan metode *compression molding*, dengan penguat *woven carbon fiber*, serta variasi jumlah lapisan karbon dalam pembuatan produk. Selain itu, produk komposit ini juga dilakukan pengujian sifat mekanis berupa uji impak untuk mengetahui kemampuan produk dalam menyerap energi benturan. Dengan potensi *woven carbon fiber* yang cukup besar sebagai penguat, penggunaan material komposit diharapkan dapat menjadi inovasi dalam berbagai bidang industri khususnya di industri komponen produk otomotif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh komposisi karbon dan resin terhadap kekuatan impak spesimen?
2. Bagaimana proses pembuatan *hand guard* sepeda motor *touring* berpenguat *woven carbon fiber* menggunakan metode *compression molding*?
3. Bagaimana kendala-kendala yang terjadi pada pembuatan produk *hand guard* motor *touring* berpenguat *woven carbon fiber*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka disusunlah batasan masalah yang berfungsi sebagai pembatas dalam penelitian, sehingga tidak menimbulkan permasalahan di luar penelitian yang dilakukan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Jenis material bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *woven carbon fiber* 2x2 twill 3K 220 GSM dan resin epoksi.
2. Pembuatan produk menggunakan metode *Compression Molding*.
3. Variasi jumlah lapisan karbon yang digunakan yaitu 6, 8, dan 10 lapis.

4. Besar gaya yang diberikan ketika proses *compression molding* yaitu 5 ton menggunakan *hydraulic press*.
5. Suhu *curing* menggunakan suhu ruang.
6. Lama waktu press yaitu 24 jam.
7. Produk *hand guard* ditujukan untuk jenis sepeda motor yang menggunakan stang lebar/*flat bar*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui pengaruh komposisi karbon dan resin terhadap kekuatan impak spesimen.
2. Membuat produk komposit *hand guard* sepeda motor *touring* berpenguat *woven carbon fiber* menggunakan metode *compression molding*.
3. Mengetahui kendala-kendala yang terjadi pada pembuatan produk *hand guard* motor *touring* berpenguat *woven carbon fiber*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari tujuan penelitian di atas adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan nilai estetika pada sepeda motor dan keamanan bagi penggunaanya.
2. Menjadi landasan pengetahuan dalam proses pembelajaran dan mendorong penggunaan metode *Compression Molding* dengan *Woven Carbon Fiber* dalam industri pembuatan komponen dan *sparepart* kendaraan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini disusun secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai kajian pustaka, dasar teori, dan sitasi yang digunakan untuk Tugas Akhir.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi penelitian, langkah-langkah, dan metode yang digunakan pada penelitian ini.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil pembahasan berdasarkan rancangan yang telah dilakukan.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan, saran, dan manfaat dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penggunaan material komposit serat karbon dalam komponen sepeda motor telah banyak diterapkan, terutama pada bagian yang memerlukan kekuatan tinggi namun tetap ringan, seperti rangka dan pelindung. Salah satu komponen penting adalah *hand guard*, yaitu pelindung pada stang sepeda motor yang melindungi tangan pengendara dari benturan atau gesekan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *hand guard* dapat mengurangi risiko cedera tangan saat kecelakaan. Sebuah studi oleh Araujo (2017) mengungkapkan bahwa pelindung tangan dapat mengurangi risiko cedera hingga 30% dalam kecelakaan ringan. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan bahan yang kuat dan ringan untuk komponen ini (Araujo et al., 2017).

Komposit *woven carbon fiber* merupakan salah satu jenis komposit serat karbon yang dibuat dari serat berbentuk kain yang dianyam dan diperkuat dengan resin epoksi. Material ini sering digunakan dalam industri otomotif karena kuat, tahan korosi, dan lebih unggul dibandingkan material biasa. Dibandingkan dengan serat karbon satu arah (*unidirectional*), *woven carbon fiber* lebih baik dalam mendistribusikan beban dan lebih tahan terhadap lepasnya lapisan atau delaminasi (Chowdhury & Summerscales, 2024). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fanteria et al. (2017), *woven carbon fiber* lebih tahan terhadap tekanan dari berbagai arah karena pola anyamannya. Jika terjadi delaminasi, retakan akan menyebar melalui area dengan banyak resin dan pola anyaman, sehingga material menjadi lebih kuat dan tahan lama. Hal ini sangat penting dalam aplikasi otomotif dan komponen yang memerlukan kekuatan serta ketahanan terhadap beban dinamis (Fanteria et al., 2017).

Salah satu metode pembuatan komposit serat karbon adalah *compression molding*. Metode ini menggunakan cetakan yang diberi tekanan untuk memastikan resin menyebar merata dan mengikat serat karbon dengan baik (Hankuk, 2021). *Compression molding* dapat menghasilkan produk dengan permukaan yang halus

dan kualitas mekanik yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Dinur (2019) menunjukkan bahwa meskipun metode *vacuum infusion* mampu menghasilkan komposit dengan volume fraksi serat yang tinggi, metode ini memiliki beberapa kelemahan, seperti distribusi resin yang tidak merata, permukaan yang kasar, serta pembentukan *void* yang tidak terkontrol. Sebagai perbandingan, *compression molding* menawarkan hasil yang lebih baik karena resin lebih merata dan jumlah cacat lebih dapat terkontrol (Dinur, 2019). Penelitian lain oleh Hafiz et al., (2021) membandingkan *compression molding* dan *vacuum infusion* dalam pembuatan komposit serat karbon. Hasilnya, *compression molding* mampu menghasilkan komposit yang lebih kuat dan lebih sedikit cacat. Selain itu, penggunaan *woven carbon fiber* dalam *compression molding* juga dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan produk (Hafiz et al., 2021).

Jumlah lapisan serat karbon yang digunakan juga berpengaruh terhadap kekuatan impact produk. Penelitian oleh Akbar (2018) menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan serat karbon, semakin kuat daya tahannya terhadap benturan. Oleh karena itu, pemilihan jumlah lapisan yang tepat menjadi faktor penting dalam desain produk komposit agar memiliki kekuatan impact yang baik namun tetap ringan dan fleksibel (Akbar, 2018).

Selain itu, perlu diperhatikan mengenai fraksi volume antara serat karbon dan resin dalam komposit, karena fraksi volume yang tepat dapat mempengaruhi kekuatan impact dari produk yang dihasilkan. Penelitian oleh Ardiyanto (2019) menunjukkan hasil bahwa semakin banyak fraksi volume serat yang digunakan maka harga impact pada komposit akan semakin tinggi. Fraksi volume serat yang terlalu rendah dapat menyebabkan material menjadi rapuh, sedangkan jika terlalu tinggi dapat mengurangi fleksibilitas (kaku) dan meningkatkan risiko delaminasi (mudah rusak). Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara serat dan resin untuk mendapatkan kekuatan impact yang optimal (Ardiyanto, 2019).

Berdasarkan beberapa produk komposit yang telah diuji harga impactnya, helm merupakan salah satu produk pelindung yang dapat dibandingkan dengan produk *hand guard*. Meskipun fungsi khususnya berbeda, keduanya memiliki kesamaan sebagai pelindung tubuh saat berkendara dan membutuhkan material dengan harga impact yang optimal. Hasil sebuah penelitian menunjukkan bahwa

hasil pengujian kekuatan impak pada helm SNI yaitu sebesar 0,00972 J/mm². Sementara beberapa penelitian lain mengenai harga impak produk helm berbahan komposit diantaranya yaitu helm berbahan serat daun nanas-polyester memiliki harga impak sebesar 0,01657 J/mm², helm berbahan limbah filter rokok-epoksi sebesar 0,02868 J/mm², helm berbahan serat pisang kapok-epoksi sebesar 0,02054 J/mm² dan serat pisang kapok-polyester sebesar 0,01744 J/mm² (Mayleni et al., 2021; Mulyo & Yudiono, 2018; Rinardi, 2023). Hasil ini dapat dijadikan acuan atau pembandingan kelayakan harga impak minimal yang harus dicapai oleh produk *hand guard* pada penelitian ini.

Berdasarkan berbagai pertimbangan ini, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *hand guard* sepeda motor *touring* berbahan *woven carbon fiber* dan resin epoksi, yang diharapkan memiliki kekuatan tinggi, permukaan halus, serta daya tahan yang baik terhadap benturan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan metode *compression molding* sebagai cara yang lebih efisien untuk membuat komponen otomotif berbahan komposit serat karbon.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Hand Guard* Sepeda Motor

Hand guard adalah komponen tambahan pada sepeda motor yang berfungsi untuk melindungi tangan pengendara dari benturan, gesekan, atau kondisi lingkungan seperti angin dan hujan. *Hand guard* umumnya dipasang pada setang motor dan sering digunakan pada motor *off-road*, *adventure*, maupun motor *touring* untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan berkendara.

Hand guard memiliki beberapa fungsi utama, antara lain:

- a. Perlindungan dari benturan: mencegah cedera tangan akibat benturan dengan benda keras seperti ranting, batu, atau kendaraan lain.
- b. Melindungi dari cuaca: mengurangi terpaan angin, hujan, dan suhu dingin pada tangan pengendara.
- c. Melindungi tuas rem atau kopling: menghindari kerusakan atau tekanan tak disengaja pada tuas rem atau kopling akibat benturan.



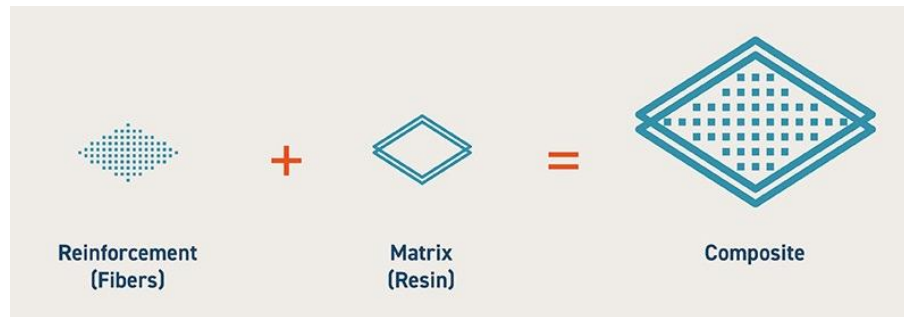
Gambar 2-1 *Hand Guard* Sepeda Motor

Sumber: www.gridoto.com

2.2.2 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda namun tetap mewakili material penyusunnya. Karakteristik setiap bahan penyusun akan mempengaruhi karakter komposit yang dibentuk. (Putra & Nugroho, 2021).

Secara umum, komposit terdiri dari dua bagian utama, yaitu bahan penguat (*reinforcement*) dan bahan pengikat (matriks) (Wahyudi & Yuono, 2019). Penggabungan ini bertujuan untuk menciptakan material baru dengan keunggulan tertentu. Bahan penguat berfungsi meningkatkan kekuatan dan kekakuan komposit, sedangkan matriks berperan menyatukan bahan-bahan tersebut serta memberikan ketahanan terhadap suhu tinggi dan tekanan. *Reinforcement* bisa berupa *fibers* (serat), *layers* (lapisan), atau *flakes fillers* (pengisi serpihan). Sedangkan matriks bisa berasal dari bahan polimer, logam, keramik, atau resin (Firdaus, 2024). Dalam pembuatan komposit, matriks merupakan komponen yang lebih besar (dominan) dari *reinforcement* (Wahyudi & Yuono, 2019).



Gambar 2-2 Struktur Komposit

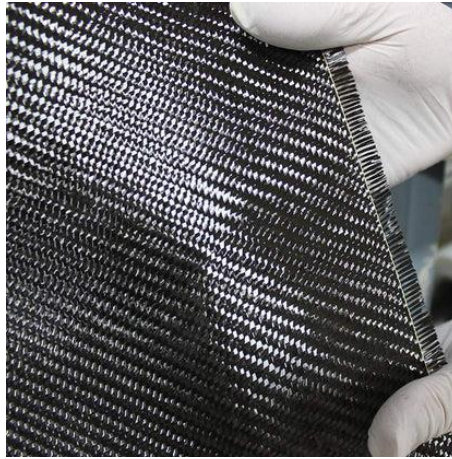
Sumber: <https://exelcomposites.com/guide-to-composites/>

Komposit memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh material logam yaitu, selain tahan korosi, kelebihan utama dari material komposit adalah ringan tapi kuat. Hal ini membuat komposit banyak diminati dalam berbagai aplikasi seperti *spare part* kendaraan bermotor (Putra & Nugroho, 2021). Kekuatan komposit sangat dipengaruhi oleh bentuk serat, fraksi volume serat, maupun zat aditif yang ditambahkan. Secara teoritis semakin tinggi fraksi volume serat maka kekuatan komposit semakin tinggi dan sebaliknya (Ardiyanto, 2019).

2.2.3 Woven Carbon Fiber

Serat karbon memiliki beberapa keunggulan, seperti tahan terhadap kelelahan material (*fatigue resistance*), tidak mudah retak saat menahan beban, dan dapat kembali ke bentuk semula setelah diberi tekanan. Karena kelebihanannya, serat karbon banyak digunakan dalam industri penerbangan, peralatan olahraga, dan berbagai kebutuhan industri lainnya.

Berdasarkan bentuknya, serat karbon terbagi menjadi dua jenis, yaitu *woven carbon fiber* dan *chopped carbon fiber*. *Woven carbon fiber* adalah serat karbon yang dianyam dalam pola tertentu untuk membentuk lembaran komposit yang kuat. Serat ini ditenun dalam berbagai pola, seperti *plain weave*, *twill weave*, dan *satin weave*, untuk menghasilkan kombinasi yang optimal antara kekuatan, fleksibilitas, dan ketahanan terhadap retak atau delaminasi.



Gambar 2-3 Woven Carbon Fiber

Sumber: <https://www.fibreglast.com/>

Woven carbon fiber memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya banyak digunakan dalam industri, terutama di bidang otomotif. Keunggulan tersebut antara lain kekuatan yang tinggi, tahan terhadap korosi, dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi. Serat karbon jenis ini memiliki susunan yang tidak sepenuhnya lurus, sehingga lebih kaku dan memiliki kekuatan antar lapisan yang lebih baik dibandingkan serat karbon lurus atau sejajar. Selain itu, pola anyaman pada *woven carbon fiber* membuatnya lebih fleksibel dalam menyesuaikan bentuk saat digunakan untuk membuat komponen dengan desain yang kompleks. Hal ini menjadikannya lebih unggul dibandingkan serat karbon lurus/sejajar yang lebih kaku dan sulit dibentuk (Firdaus, 2024).

2.2.4 Resin Epoksi

Dalam pembuatan komposit, diperlukan bahan yang berfungsi untuk mengikat serat yaitu resin. Bahan ini bekerja dengan cara dicampurkan dengan katalis dengan perbandingan tertentu. Ada beberapa jenis resin yang digunakan untuk membuat produk komposit, salah satunya yaitu resin epoksi.

Resin epoksi berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang akan mengeras saat dicampur dengan *hardener* sebagai katalis. Resin epoksi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan polyester, diantaranya yaitu tahan terhadap panas, tahan terhadap bahan kimia dan kelembapan sehingga tahan korosi, serta memiliki daya rekat yang tinggi. Karena keunggulannya, resin epoksi

banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk komposit, otomotif, elektronik, dan konstruksi (Tavarel et al., 2018).

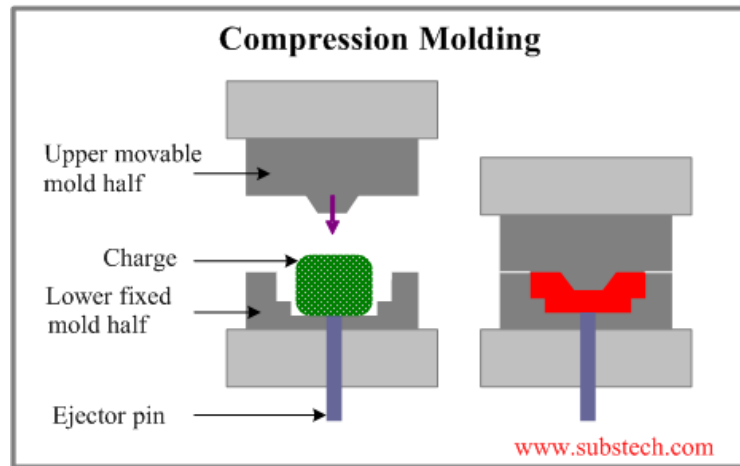


Gambar 2-4 Resin Epoksi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2.2.5 *Compression Molding*

Compression molding merupakan teknik yang digunakan untuk membuat produk komposit dengan metode molding tertutup yang menggunakan cetakan logam. Prinsipnya adalah memberikan tekanan ke cetakan (*mold*), agar dapat membentuk bahan sesuai dengan cetakan setelah ditekan (Hasanah & Muslimin, 2020). Proses ini dimulai dengan menyiapkan cetakan yang sudah diisi bahan komposit. Kemudian cetakan ditutup dan diberikan tekanan yang sudah ditentukan agar bahan tersebar merata. Ketika proses pengepresan sudah sesuai dengan waktu yang ditentukan, cetakan dibuka dan produk yang sudah jadi dapat dikeluarkan. Produk ini kemudian dapat melalui tahap akhir, seperti pemotongan atau pengecatan jika diperlukan. *Compression molding* banyak digunakan dalam industri otomotif, penerbangan, dan pembuatan alat olahraga karena menghasilkan produk yang kuat, ringan, dan tahan lama dengan permukaan yang halus dan minim cacat.(Hafiz et al., 2021).

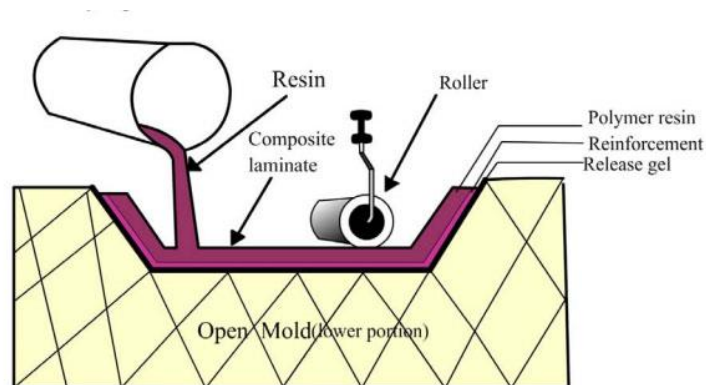


Gambar 2-5 Proses *Compression Molding*

Sumber: www.substech.com

2.2.6 *Hand Lay Up*

Hand lay up adalah metode yang paling sederhana dalam proses pembuatan komposit, terutama untuk komposit berpenguat serat. Proses ini dimulai dengan melapisi cetakan menggunakan pelumas agar permukaan komposit tidak menempel atau lengket pada cetakan ketika dilepas. Setelah itu, resin dituangkan ke dalam cetakan dan diratakan dengan kuas atau rol. Kemudian, serat ditempatkan di atas resin dengan arah pola lurus, acak, atau campuran. Setelah serat tersusun, resin kembali dituangkan dan diratakan. Proses ini diulang hingga mencapai komposisi yang diinginkan. Pengeringan biasanya dilakukan pada suhu ruangan, tetapi pemanasan dapat digunakan untuk mempercepat proses pengerasan (Subadra et al., 2018).

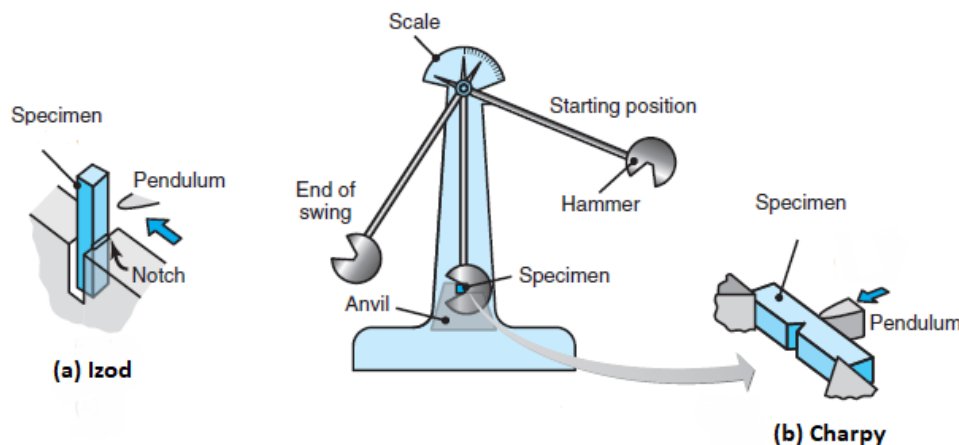


Gambar 2-6 Metode *Hand Lay Up*

Sumber: <https://www.eppcomposites.com/hand-layup-process>

2.2.7 Uji Impak

Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan suatu material. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur ketahanan suatu benda terhadap beban kejut. Ada dua metode uji impak yaitu uji impak Charpy dan uji impak Izod (Firdaus, 2024). Metode charpy merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal atau mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Sementara metode izod merupakan pengujian impak dengan cara meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanannya searah dengan arah takik.



Gambar 2-7 Uji Impak

Prinsip dasar pengujian impak adalah dengan mengayunkan beban dan menghantamkannya pada sampel yang diuji. Agar sampel dapat patah dengan tepat, dibuat takikan pada benda uji. Hasil uji impak suatu bahan dinyatakan sebagai energi yang diserap per satuan luas penampang sampel (Firdaus, 2024).

Energi yang diserap oleh material dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$E = m \cdot g \cdot L(\cos \beta - \cos \alpha) \quad (2.1)$$

E = Energi yang terserap (J)

m = Massa pendulum (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

L = Panjang pendulum (m)

$\cos \alpha$ = Sudut awal pendulum (rad)

$\cos \beta$ = Sudut akhir pendulum (rad)

Rumus untuk mencari harga impact yang dihasilkan dinyatakan rumus sebagai berikut:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2.2)$$

HI = Harga impact (J/mm²)

A = Luas penampang (mm²)

2.2.8 Harga Impact Produk Pelindung

Harga impact merupakan salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam pembuatan produk pelindung. Harga impact mengacu pada kemampuan suatu material dalam menyerap energi saat mengalami benturan mendadak sebelum mengalami kegagalan atau patah. Dalam konteks produk pelindung, nilai harga impact sangat penting karena menentukan seberapa efektif material tersebut dalam meredam gaya benturan dan melindungi pengguna dari cedera.

Salah satu contoh produk pelindung yang telah banyak diteliti adalah helm. Helm berfungsi sebagai perlindungan utama bagi kepala pengendara dari benturan saat terjadi kecelakaan. Penelitian terhadap helm telah banyak dilakukan untuk mengembangkan material yang mampu menyerap energi benturan dengan baik, seperti penggunaan komposit serat alami dan polimer. Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, untuk hasil pengujian kekuatan impact helm SNI yaitu sebesar 0,00972 J/mm². Sementara beberapa penelitian lain mengenai harga impact produk helm berbahan komposit diantaranya yaitu helm berbahan serat daun nanas-polyester memiliki harga impact sebesar 0,01657 J/mm², helm berbahan limbah filter rokok-epoksi sebesar 0,02868 J/mm², helm berbahan serat pisang kapok-epoksi sebesar 0,02054 J/mm² dan serat pisang kapok-polyester sebesar 0,01744 J/mm² (Mayleni et al., 2021; Mulyo & Yudiono, 2018; Rinardi, 2023).

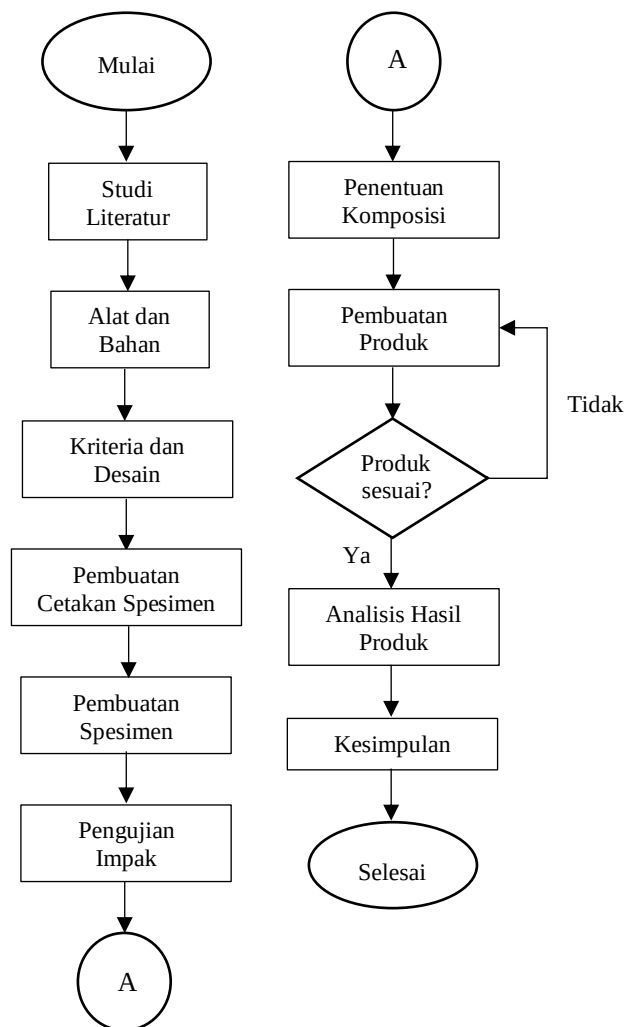
Selain helm, salah satu produk pelindung lain yang juga berperan dalam keselamatan berkendara adalah *hand guard* pada sepeda motor. *Hand guard* berfungsi melindungi tangan pengendara dari benturan serta dapat mengurangi

dampak cedera dalam kecelakaan. Meskipun fungsinya berbeda dengan helm, keduanya memiliki kesamaan sebagai pelindung tubuh saat berkendara dan membutuhkan material dengan harga impact yang optimal. Dalam penelitian ini, *hand guard* akan menjadi fokus utama untuk dianalisis lebih lanjut, terutama dalam pemilihan material yang memiliki harga impact yang cukup tinggi untuk meningkatkan perlindungan bagi pengendara.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



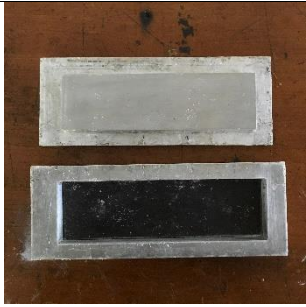
Gambar 3-1 Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan selama proses pembuatan produk *hand guard* motor. Tabel 3-1 menunjukkan peralatan dan Tabel 3-2 menunjukkan bahan-bahan yang digunakan selama pembuatan *hand guard* sepeda motor.

Tabel 3-1 Alat

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	Gunting	Alat untuk memotong bahan karbon	
2.	Penggaris	Alat pengukur dimensi karbon	
3.	Spidol	Alat untuk menandai ukuran karbon	
4.	Kuas kecil	Alat untuk proses <i>hand lay up</i> (pelapisan bahan)	

5.	Wadah gelas	Alat untuk menempatkan dan mencampur resin	
6.	Scrap	Alat untuk membantu proses <i>eject</i> (pelepasan produk/spesimen dari cetakan)	
7.	Timbangan digital	Alat untuk menimbang bahan	
8.	Cetakan (mold) spesimen	Alat untuk membentuk spesimen	
9.	Cetakan (mold) produk	Alat untuk membentuk produk	

10.	Jangka sorong	Alat untuk mengukur dimensi actual produk/spesimen	
11.	Perkakas	Alat untuk membantu proses <i>eject</i> (pelepasan produk/spesimen dari cetakan)	
12.	Mesin gerinda	Alat untuk memotong produk	
13.	Mini grinder	Alat untuk proses finishing produk	
14.	Amplas	Alat untuk proses finishing produk	

15.	C-clamp	Alat bantu untuk menahan dalam proses penekanan	
16.	Mesin CNC Supermill 2.0MK	Alat untuk membuat cetakan	
17.	Mesin compression molding	Alat untuk mengepres spesimen/produk	
18.	Mesin uji impak	Alat untuk pengujian ketangguhan impak	
19.	Sarung tangan latex	Alat pelindung tangan pada saat melakukan pembuatan produk.	

20.	Pelindung wajah (face shield)	Alat pelindung wajah saat proses pembuatan produk	
-----	-------------------------------	---	---

Tabel 3-2 Bahan

No	Nama Bahan	Fungsi	Gambar
1.	<i>Woven Carbon Fiber 2x2 twill 3K 220GSM</i>	Bahan penguat pembuatan produk komposit	
2.	Balok alumunium 5052	Bahan pembuatan cetakan/mold	
3.	Resin epoksi + <i>hardener</i>	Bahan pengikat pembuatan produk komposit	
4.	<i>Release wax</i>	Bahan untuk mempermudah pelepasan produk dari cetakan	

3.3 Penentuan Kriteria Produk

Dalam melakukan tahap pembuatan produk, maka tahap awal yang harus dilakukan yaitu menentukan kriteria produk. Kriteria produk menjadi sebagai acuan dalam pembuatan produk yang akan dibuat. Berikut merupakan poin-poin kriteria produk yang ditentukan:

1. Produk yang dibuat minim kecacatan seperti permukaan yang berlubang, dan tidak rata atau bergelombang.
2. Produk dapat dipasang pada *holder/stand hand guard* sepeda motor *touring*.

3.4 Desain Eksperimen

Desain eksperimen yaitu rancangan awal yang bertujuan untuk menjadi acuan saat pembuatan spesimen. Berikut merupakan desain eksperimen dalam pembuatan spesimen variasi 6 lapis, 8 lapis, dan 10 lapis.

Tabel 3-3 Komposisi Pembuatan Spesimen

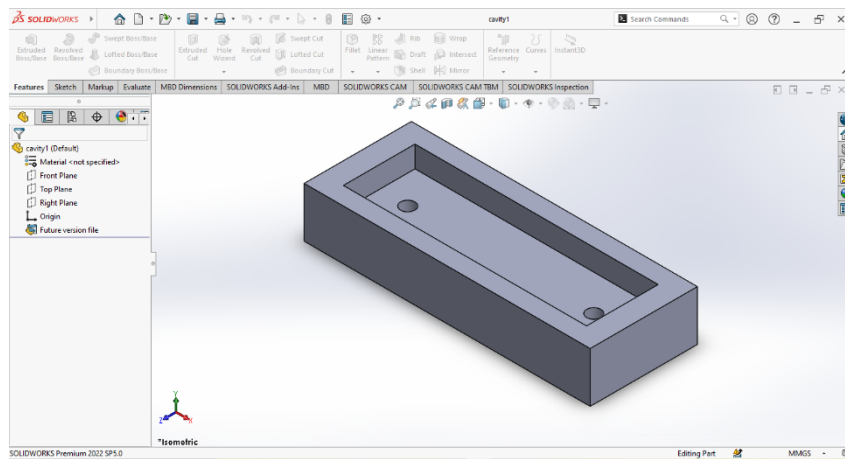
Produk	Jumlah Lapis	Massa (gram)		Fraksi Volume (%)	
		Karbon	Resin	Karbon	Resin
6LK	6	11	21,34	23,9	76,1
8LK	8	14	19,5	30,6	69,4
10LK	10	18	17,5	39,2	60,8

3.5 Proses Pembuatan Cetakan Spesimen

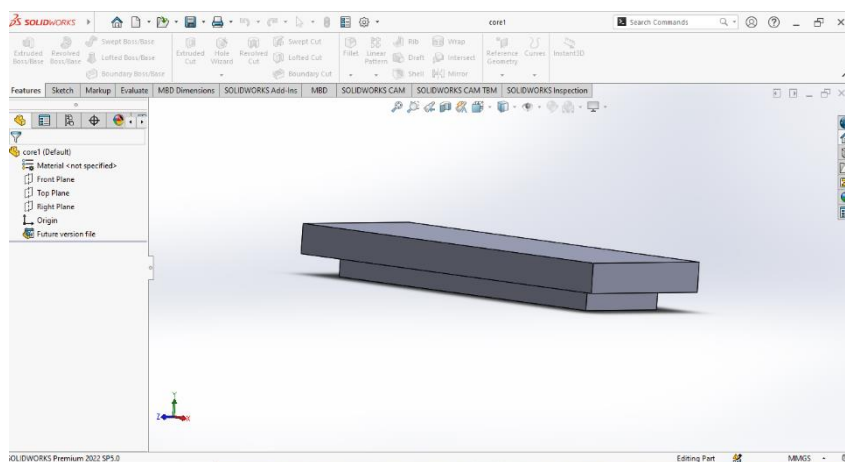
Cetakan berfungsi memberi bentuk akhir pada bagian luar produk dan umumnya terbuat dari bahan logam. Cetakan spesimen pada penelitian ini dibuat dengan bahan balok alumunium 5052. Sebelum proses pembuatan cetakan, terlebih dahulu dilakukan proses desain cetakan spesimen, yaitu bagian *core* dan *cavity*, dengan menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Desain ini bertujuan untuk memastikan bentuk dan dimensi spesimen sesuai dengan standar yang diinginkan.

Pada bagian *cavity*, ditambahkan 2 lubang yang bertujuan sebagai *support* pada proses pelepasan spesimen. Pada bagian bawah *cavity*, sebelum dilakukan proses *hand lay up* ditambahkan plat besi setebal 2 mm dengan ukuran sesuai dengan ukuran *cavity* yang berfungsi untuk menahan material agar tidak keluar dari lubang yang dibuat tersebut. Selain itu, plat ini berfungsi sebagai penahan supaya material komposit yang dibuat tidak rusak terkena goresan ketika dilakukan

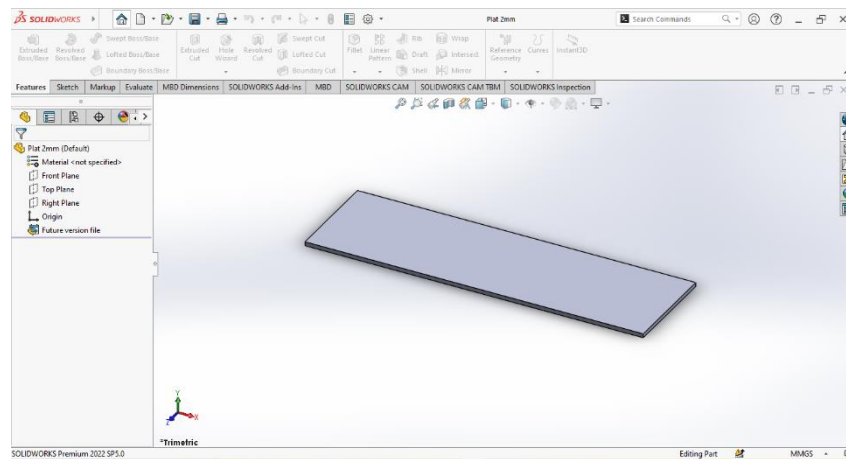
proses *eject* melalui lubang tersebut. Gambar 3-2 sampai 3-4 menunjukkan desain 3D Part dari cetakan spesimen.



Gambar 3-2 Desain *Cavity* Spesimen

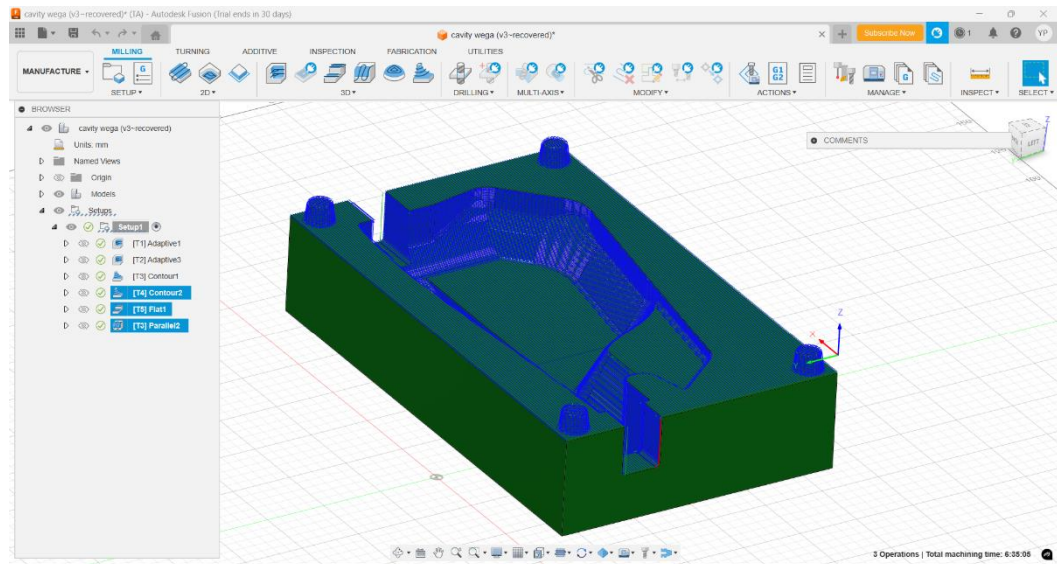


Gambar 3-3 Desain *Core* Spesimen

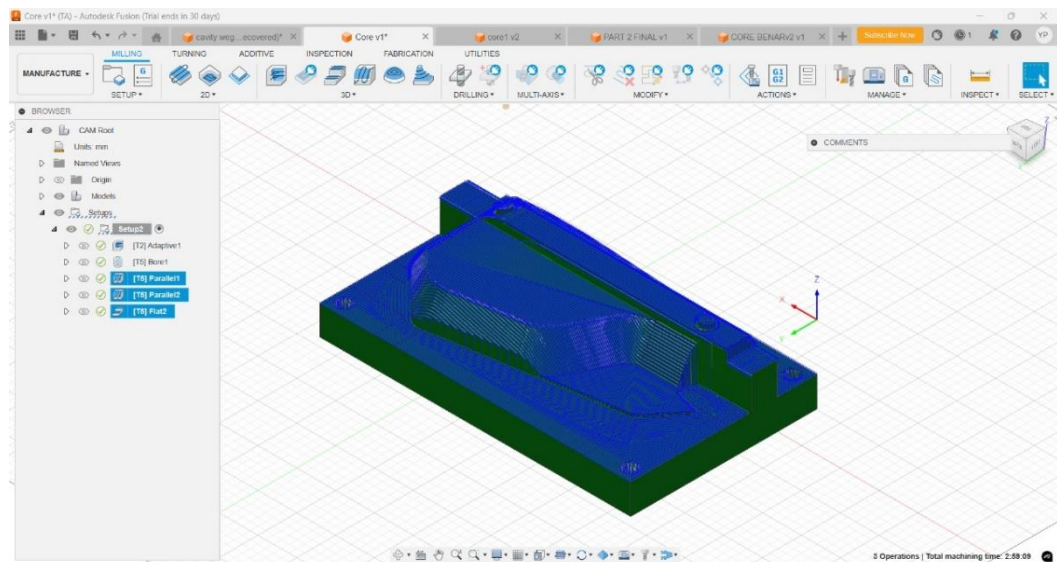


Gambar 3-4 Desain Plat Penahan

Setelah desain selesai, proses selanjutnya adalah permesinan cetakan menggunakan perangkat lunak Fusion 360, yang berfungsi untuk menghasilkan jalur pahat (*toolpath*) guna mendukung proses manufaktur cetakan secara presisi. Gambar 3-5 dan 3-6 menunjukkan proses strategi permesinan cetakan.



Gambar 3-5 Strategi Permesinan Cavity



Gambar 3-6 Strategi Permesinan Core

Setelah proses strategi permesinan dibuat, langkah selanjutnya yaitu proses manufaktur cetakan menggunakan mesin CNC Supermill 2.0MK yang dapat dilihat pada gambar 3-7.



Gambar 3-8 Proses CNC

Gambar 3-8 menunjukkan hasil pembuatan cetakan spesimen.



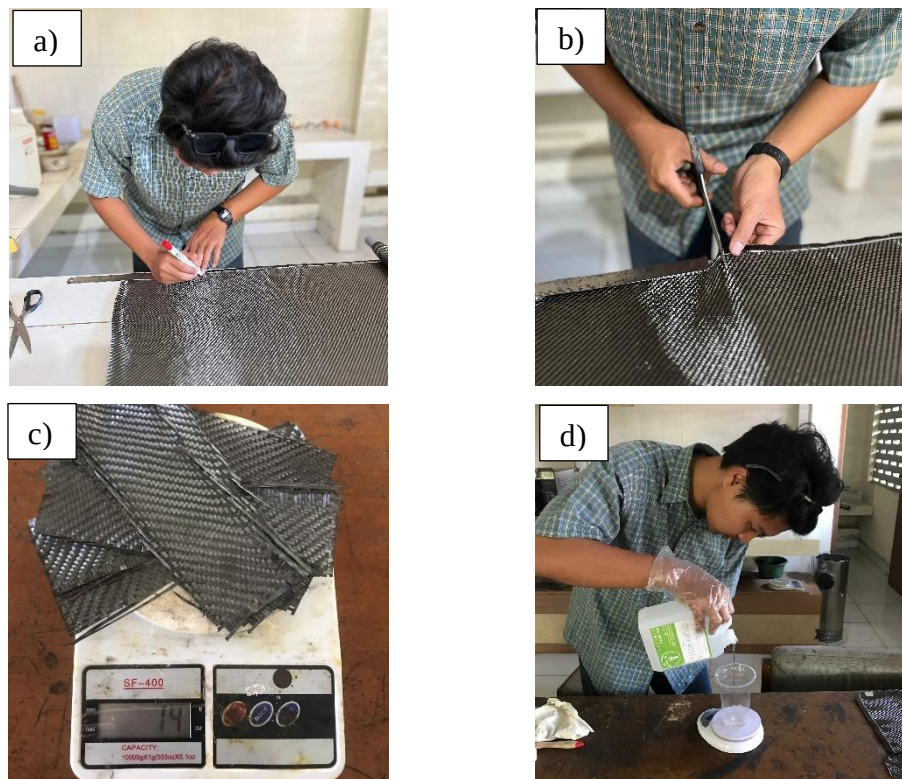
Gambar 3-7 Hasil Cetakan Spesimen

3.6 Proses Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen dibuat menggunakan 3 variasi jumlah lapis karbon yaitu 6 lapis, 8 lapis, dan 10 lapis, dengan komposisi yang tertera pada tabel 3-3.

3.6.1 Persiapan Bahan Spesimen

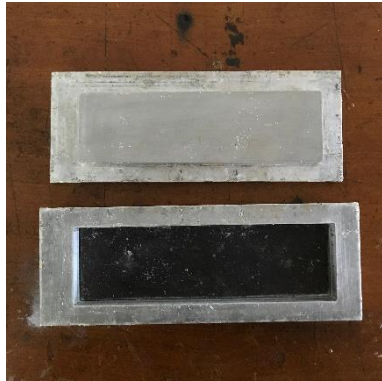
Hal pertama yang dilakukan dalam pembuatan spesimen adalah persiapan bahan berupa *woven carbon fiber* dan resin epoksi. Persiapan bahan disini diantaranya adalah proses pengukuran karbon sesuai dengan ukuran cetakan, pemotongan karbon, penimbangan karbon, serta penimbangan resin dan *hardener*. Pencampuran resin dan *hardener* menggunakan perbandingan 2:1. Proses persiapan bahan ditunjukkan pada gambar 3-9.



Gambar 3-9 Persiapan Bahan a) Pengukuran Karbon; b) Pemotongan Karbon; c) Penimbangan Karbon; d) Penimbangan Resin

3.6.2 Persiapan Cetakan Spesimen

Pada proses ini cetakan (*mold*) dipersiapkan untuk dilakukannya pembuatan produk dengan melakukan laminasi menggunakan *release wax* yang bertujuan untuk mempermudah proses pelepasan spesimen (*eject*) dari cetakan. Cetakan (*mold*) spesimen yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3-10 dan proses laminasi ditunjukkan pada gambar 3-11.



Gambar 3-10 Cetakan (*mold*)
Spesimen



Gambar 3-11 Proses Laminasi Cetakan
Spesimen

3.6.3 Proses Penyusunan Lapisan (*Stacking*) Spesimen

Setelah mempersiapkan cetakan (*mold*), langkah berikutnya ialah proses penyusunan lapisan *woven carbon fiber*. Pada proses ini dilakukan penyusunan lapisan *woven carbon fiber* dan resin epoksi untuk membentuk suatu produk akhir. Metode yang digunakan untuk penyusunan lapisan dalam penelitian ini adalah metode *hand lay up*. Proses *hand lay up* merupakan proses laminasi serat secara manual dengan melibatkan olesan resin di atas cetakan diikuti penempatan serat karbon secara bergantian hingga mencapai ketebalan yang diinginkan.

Langkahnya yaitu permukaan *cavity* yang telah dilapisi dengan *release wax*, kemudian dioleskan resin epoksi yang telah dicampurkan dengan *hardener* secara merata. Satu lapis serat karbon woven diletakkan pada *cavity* secara hati-hati dan merata, langkah ini diulangi hingga lapisan serat karbon berjumlah sesuai dengan variasi lapis yang akan dibuat. Proses penyusunan lapisan pembuatan spesimen ditunjukkan pada gambar 3-12.



Gambar 3-12 Penyusunan Lapisan (*Stacking*) Spesimen

3.6.4 Proses *Compression* Spesimen

Proses *compression* atau pengepresan yaitu proses memberikan tekanan pada cetakan dengan menggunakan mesin press. Selain menggunakan mesin press, proses press juga menggunakan c-clamp untuk membantu proses *compression*. Tekanan yang diberikan pada saat press yaitu 5 ton menggunakan *hydraulic press*, dengan suhu curing menggunakan suhu ruang dan lama waktu press yaitu 24 jam. Proses *compression* ditunjukkan pada gambar 3-13.



Gambar 3-13 Proses *Compression* Spesimen

3.6.5 Proses Pelepasan Spesimen (*Ejecting*)

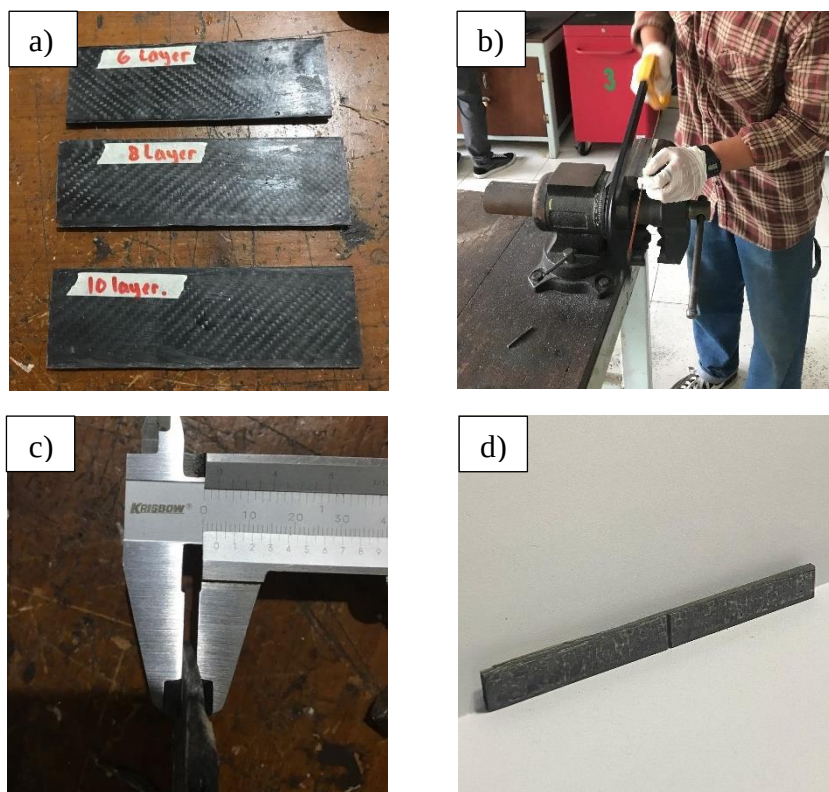
Setelah produk mengering, tahapan selanjutnya yaitu proses *eject*. Proses *eject* merupakan proses melepaskan spesimen dari cetakan. Proses ini memanfaatkan scrap, obeng, dan palu untuk memudahkan proses pelepasan produk. Gambar 3-14 menunjukkan hasil spesimen setelah dilepas dari cetakan.



Gambar 3-14 Hasil Pelepasan Spesimen

3.6.6 Proses *Finishing* Spesimen

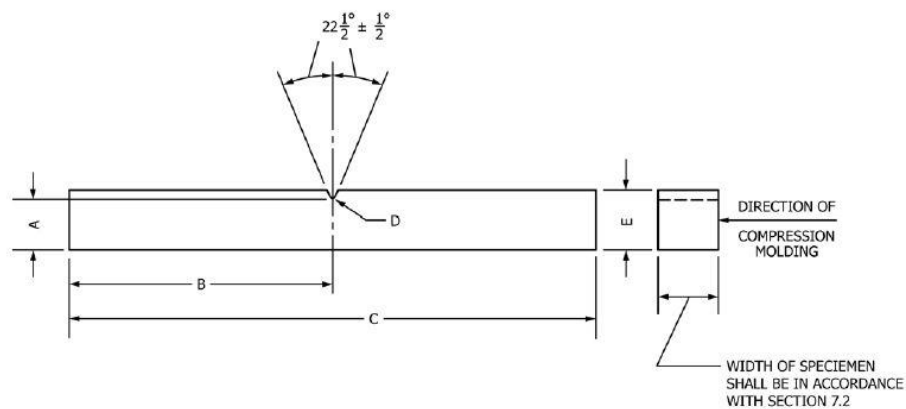
Tahapan terakhir yang dilakukan yaitu proses *finishing* spesimen. Setelah spesimen dikeluarkan dari cetakan, dilakukan pemotongan dan pengamplasan pada bagian sisi spesimen yang tidak rata agar menjadi rata. Spesimen komposit yang dihasilkan kemudian dipotong menjadi spesimen uji impak pada masing-masing variasi lapis dengan dimensi 127 mm x 12,7 mm x 3 mm. Hasil pemotongan selanjutnya dilakukan pengukuran untuk memastikan hasilnya sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Proses finishing ditunjukkan pada gambar 3-15.



Gambar 3-15 Pengukuran Spesimen a) Spesimen setelah *finishing*; b) Pemotongan spesimen menjadi spesimen uji; c) Pengukuran spesimen uji; d) Hasil spesimen uji

3.7 Pengujian Impak Spesimen

Pengujian impak dilakukan untuk memvalidasi sampel sehingga kekuatan spesimen ketika diberi pembebanan kejut dengan metode charpy dapat diketahui. Pengujian impak dilakukan dengan memposisikan spesimen ke arah horizontal pada tumpuan alat uji. Beban diberikan dengan arah yang berlawanan dari arah takikan, sedangkan bagian tanpa takik diberi beban impak dengan ayunan bandul dengan panjang lengan pendulum 830 mm. Pengujian impak metode Charpy menggunakan standar pengujian ASTM D6110-10 dengan dimensi sampel 127 mm x 12,7 mm x 3 mm, sudut takik 45° , dan kedalaman takik 0,6 mm (ASTM, 2010).



Gambar 3-16 ASTM D6110-10



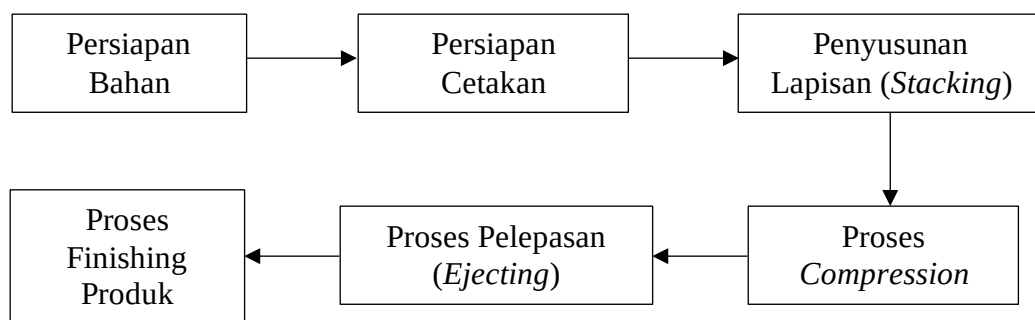
Gambar 3-17 Pengujian Impak

3.8 Penentuan Komposisi Terbaik

Komposisi terbaik ditentukan berdasarkan hasil pengujian impak, dimana variasi dengan harga impak yang paling besar dianggap sebagai komposisi yang paling baik. Variasi dengan komposisi terbaik selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan produk komposit *hand guard*.

3.9 Proses Pembuatan Produk

Pembuatan produk komposit *hand guard* motor sama seperti pembuatan spesimen pada tahap sebelumnya. Produk dibuat dengan variasi komposisi terbaik yang telah ditentukan sebelumnya. Tahapan dalam proses pembuatan produk ditunjukkan pada gambar 3-18.



Gambar 3-18 Tahapan Pembuatan Produk

3.9.1 Persiapan Bahan Produk

Hal pertama yang dilakukan dalam pembuatan produk adalah persiapan bahan berupa *woven carbon fiber* dan resin epoksi. Persiapan bahan disini diantaranya adalah proses pengukuran karbon, pemotongan karbon, serta penimbangan resin dan *hardener*. Pencampuran resin dan *hardener* menggunakan perbandingan 2:1 sesuai dengan perhitungan. Proses persiapan bahan ditunjukkan pada gambar 3-19.



Gambar 3-19 Pemotongan Karbon

3.9.2 Persiapan Cetakan Produk

Pada proses ini cetakan (*mold*) dipersiapkan untuk dilakukannya pembuatan produk dengan melakukan laminasi menggunakan *release wax* yang bertujuan untuk mempermudah proses pelepasan produk (*eject*) dari cetakan. Proses laminasi produk yang ditunjukkan pada gambar 3-20.



Gambar 3-20 Proses Laminasi

3.9.3 Proses Penyusunan Lapisan (*Stacking*) Produk

Setelah mempersiapkan cetakan (*mold*), langkah berikutnya ialah proses penyusunan lapisan *woven carbon fiber*. Pada proses ini dilakukan penyusunan lapisan *woven carbon fiber* dan resin epoksi untuk membentuk suatu produk akhir. Metode yang digunakan untuk penyusunan lapisan dalam penelitian ini adalah metode *hand lay up*. Proses *hand lay up* merupakan proses laminasi serat secara manual dengan melibatkan olesan resin di atas cetakan diikuti penempatan serat karbon secara bergantian hingga mencapai ketebalan yang diinginkan.

Langkahnya yaitu permukaan *cavity* yang telah dilapisi dengan *release wax*, kemudian dioleskan resin epoksi yang telah dicampurkan dengan *hardener* secara merata. Satu lapis serat karbon woven diletakkan pada *cavity* secara hati-hati dan merata, langkah ini diulangi hingga lapisan serat karbon berjumlah sesuai dengan variasi lapis yang akan dibuat. Proses penyusunan lapisan pembuatan produk ditunjukkan pada gambar 3-21.



Gambar 3-21 Penyusunan Lapisan (*Stacking*)

3.9.4 Proses *Compression* Produk

Proses *compression* atau pengepresan yaitu proses memberikan tekanan pada cetakan dengan menggunakan mesin press. Tekanan yang diberikan pada saat press yaitu 5 ton menggunakan *hydraulic press*, dengan suhu curing menggunakan suhu ruang dan lama waktu press yaitu 24 jam. Proses *compression* ditunjukkan pada gambar 3-22.



Gambar 3-22 Proses *Compression*

3.9.5 Proses Pelepasan Produk (*Ejecting*)

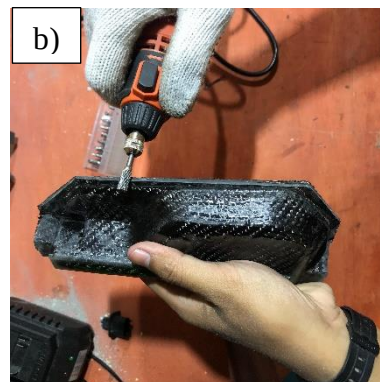
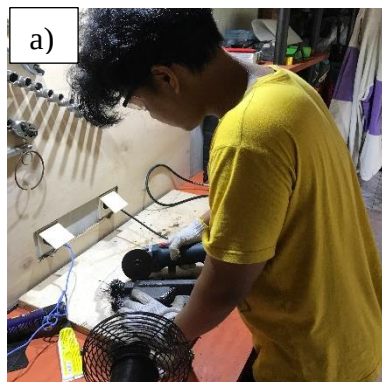
Setelah produk mengering, tahapan selanjutnya yaitu proses *eject*. Proses *eject* merupakan proses melepaskan produk dari cetakan. Proses ini menggunakan scrap, obeng, dan palu untuk memudahkan proses pelepasan produk. Gambar 3-23 menunjukkan hasil produk setelah dilepas dari cetakan.



Gambar 3-23 Hasil Produk Setelah *Eject*

3.9.6 Proses *Finishing* Produk

Tahapan terakhir yang dilakukan yaitu proses *finishing* produk. Setelah produk dikeluarkan dari cetakan, dilakukan pemotongan sisa karbon dengan gerinda tangan. Kemudian seluruh sisi samping diperhalus menggunakan mesin mini grinder. Setelah itu dilakukan proses pengamplasan pada seluruh bagian produk dimulai dengan amplas 240 dilanjutkan dengan amplas 400, 500, 600, 800, 1000, dan 2000 secara berturut-turut. Setelah permukaan halus dan rata, dilanjutkan proses pemolesan dengan wax menggunakan mini grinder. Proses yang terakhir yaitu pembuatan lubang untuk nantinya sebagai tempat dipasangnya *stand hand guard*. Proses finishing produk ditunjukkan pada gambar 3-24.





Gambar 3-24 Proses Finishing Produk a) Pemotongan Sisa Karbon; b) Proses Grinder; c) Proses Pengamplasan; d) Proses Pemolesan

3.10 Analisis Hasil Produk

Setelah produk selesai dibuat, hasil produk dianalisis dengan membandingkan produk dengan kriteria yang sudah ditentukan untuk menentukan kelayakan penggunaan komposit ini dalam aplikasi otomotif, dalam hal ini yaitu pada sepeda motor *touring*. Dilakukan pengecekan ulang secara visual. Pengecekan ulang visual dilakukan untuk memeriksa jika masih terdapat cacat terhadap produk. Selanjutnya dilakukan pemasangan produk pada *holder/stand hand guard* sepeda motor *touring* untuk melihat apakah produk ini dapat dipasang dengan baik pada sepeda motor *touring*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen dan Produk

4.1.1 Pengaruh Jumlah Lapisan Terhadap Harga Impak Spesimen

Pengujian impact digunakan untuk mengetahui besarnya kekuatan impact/ketangguhan beban komposit terhadap beban kejut. Prinsip dari pengujian impact ini yaitu dengan cara memberikan pembebanan secara tiba-tiba pada benda uji yang akan diuji secara statis hingga terjadi perpatahan, sehingga diketahui nilai impact dari suatu bahan (Susila et al., 2021). Pengujian impact dilakukan terhadap 3 variasi jumlah lapis karbon, yaitu 6, 8, dan 10 lapis. Masing-masing variasi terdiri dari 3 spesimen uji sehingga semua spesimen berjumlah 9 buah. Adapun standar pengujian yang dilakukan adalah ASTM dengan uji impact charpy menggunakan standar ASTM D6110-10. Hasil pengujian impact spesimen komposit serat karbon dan resin diperoleh hasil berupa energi yang diserap dan harga impact seperti pada tabel 4-1.

Tabel 4-1 Data Hasil Pengujian Impact Spesimen

No.	Variasi	Sudut α (°)	Sudut α (rad)	Sudut β (°)	Sudut β (rad)	Energi Terserap (J)	Harga Impact (J/mm ²)
1	6LK	60	1.0472	55	0.9599	0.5991	0.01965
2	6LK	60	1.0472	56	0.9774	0.4820	0.01581
3	6LK	60	1.0472	55	0.9599	0.5991	0.01965
4	8 LK	60	1.0472	53	0.9250	0.8290	0.02720
5	8 LK	60	1.0472	53	0.9250	0.8290	0.02720
6	8 LK	60	1.0472	55	0.9599	0.5991	0.01965
7	10LK	60	1.0472	53	0.9250	0.8290	0.02720
8	10LK	60	1.0472	52	0.9076	0.9418	0.03090
9	10LK	60	1.0472	53	0.9250	0.8290	0.02720

Keterangan:

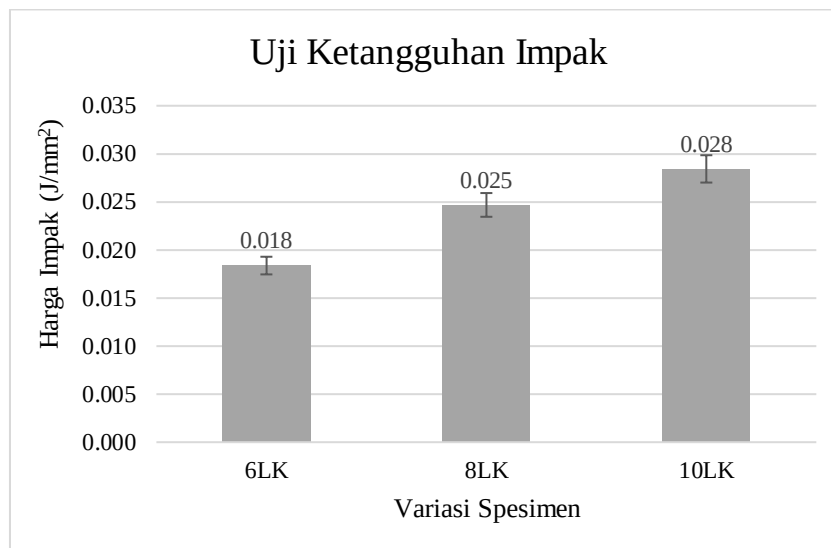
6LK = variasi 6 lapis karbon

8LK = variasi 8 lapis karbon

10LK = variasi 10 lapis karbon

Tabel 4-2 Harga Impak Spesimen

Variasi Spesimen	Harga Impak (J/mm ²)	SD
6LK	0.018	0,00222
8LK	0.025	0,00436
10LK	0.028	0,00214



Gambar 4-1 Grafik Uji Ketangguhan Impak

Hasil pengujian impak pada tabel 4-2 menunjukkan bahwa material komposit dengan variasi 6 lapis karbon memiliki rata-rata harga impak sebesar 0,018 J/mm², variasi 8 lapis karbon sebesar 0,025 J/mm², dan variasi 10 lapis karbon sebesar 0,028 J/mm². Nilai rata-rata kekuatan impak maksimum yaitu 0,028 J/mm² dengan variasi 10 lapis karbon. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian kekuatan impak helm SNI yang sudah pernah dilakukan yaitu sebesar 0,00972 J/mm². Sementara beberapa penelitian lain mengenai harga impak produk helm berbahan komposit diantaranya yaitu helm berbahan serat daun nanas-polyester memiliki harga impak sebesar 0,01657 J/mm², helm berbahan limbah filter rokok-epoksi sebesar 0,02868 J/mm², helm berbahan serat pisang kapok-epoksi sebesar 0,02054 J/mm² dan serat pisang kapok-polyester sebesar 0,01744 J/mm² (Mayleni et al., 2021; Mulyo & Yudiono, 2018; Rinardi, 2023). Berdasarkan data tersebut, harga kekuatan impak produk komposit *hand guard*

pada penelitian ini lebih besar dibandingkan nilai kekuatan impak minimum helm SNI dan helm berbahan komposit lainnya. Nilai kekuatan impak helm digunakan sebagai perbandingan karena helm dan *hand guard* memiliki kesamaan sebagai bagian pelindung pada saat berkendara dari benturan untuk meningkatkan keselamatan berkendara.

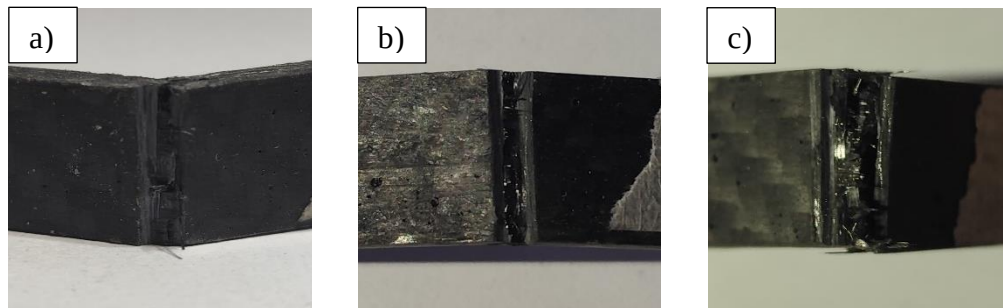
Dapat dilihat pada gambar 4-1 bahwa harga impak meningkat dari jumlah lapis karbon 6 hingga mencapai nilai tertinggi pada jumlah lapis 10. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah lapis serat karbon yang digunakan mempengaruhi harga impak produk, dimana semakin banyak lapisan serat karbon yang digunakan dalam pembuatan komposit, maka semakin besar kemampuan material untuk menyerap energi impak atau semakin besar harga impaknya. Hubungan antara keduanya yaitu jumlah lapis karbon berbanding lurus dengan besar ketangguhan impak. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang melakukan pengujian ketangguhan impak pada komposit berbahan serat gelas bermatrik *polyester*. Hasilnya menunjukkan penambahan jumlah lapisan serat gelas menyebabkan peningkatan ketahanan material komposit terhadap beban kejut pendulum atau harga ketangguhan impak (Akbar, 2018).

Peningkatan harga impak disebabkan karena penambahan jumlah lapisan akan memperkuat struktur komposit dan mendistribusikan beban impak secara merata di seluruh area komposit, sehingga mengurangi risiko retak atau patah. Selain itu, komposit dengan lapisan yang lebih banyak memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap delaminasi atau lepasnya antar lapisan, yang merupakan salah satu penyebab kerusakan utama saat material menerima impak. Jumlah lapisan juga akan meningkatkan kekakuan dan kekuatan tarik material, sehingga memperkuat resistensi terhadap deformasi permanen akibat impak.

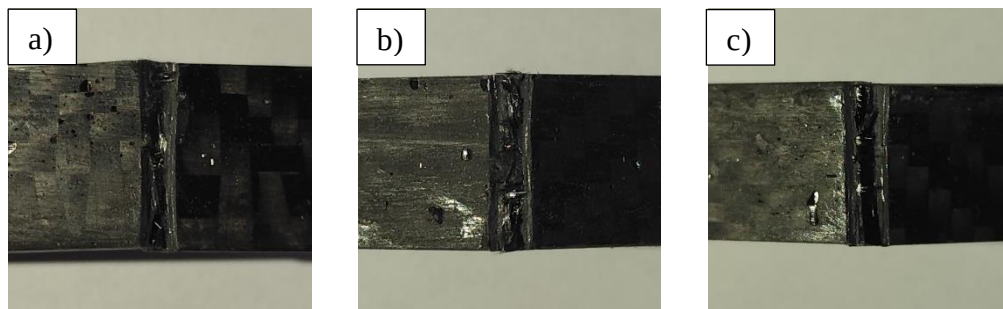
Semakin banyak jumlah lapisan artinya semakin besar fraksi volume serat karbon yang digunakan dalam pembuatan komposit. Persentase fraksi volume karbon dalam penelitian ini yaitu 23,9% untuk 6 lapis, 30,6% untuk 8 lapis, dan 39,2% untuk 10 lapis. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin besar fraksi volume serat maka akan semakin tinggi kekuatan impak yang dimiliki oleh material komposit. Penelitian serupa yang dilakukan menunjukkan hasil yaitu suatu komposit berbahan dasar serat karbon dengan fraksi volume karbon 56,82%

memiliki nilai impak yang lebih besar dibanding komposit dengan fraksi volume karbon sebesar 30% (Susila et al., 2021). Selain itu, penelitian yang menguji variasi fraksi volume serat terhadap nilai impak dari komposit berbahan serat bambu dan serat ampas tebu, hasilnya menunjukkan nilai ketangguhan impak semakin meningkat seiring bertambahnya fraksi volume serat (Ardiyanto, 2019; Wahyudi & Yuono, 2019).

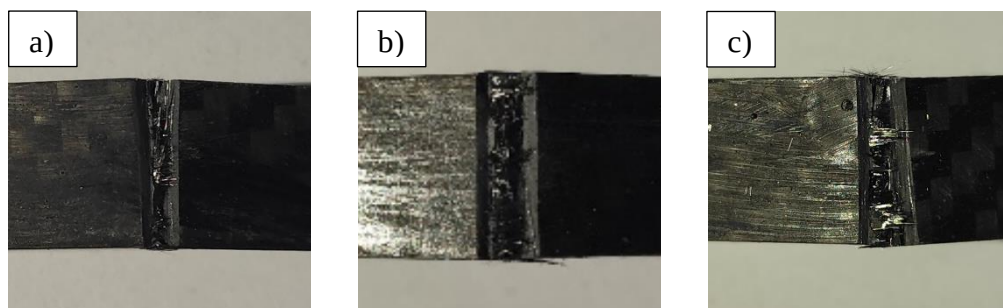
Gambar 4-2 sampai 4-4 merupakan dokumentasi hasil spesimen setelah dilakukan pengujian impak mengalami patahan akibat beban kejut pendulum.



Gambar 4-2 Mode Kerusakan 6LJ a) Sampel 1; b) Sampel 2; c) Sampel 3



Gambar 4-3 Mode Kerusakan 8LJ a) Sampel 1; b) Sampel 2; c) Sampel 3



Gambar 4-4 Mode Kerusakan 10LJ a) Sampel 1; b) Sampel 2; c) Sampel 3

4.1.2 Hasil Pembuatan Produk *Hand Guard*

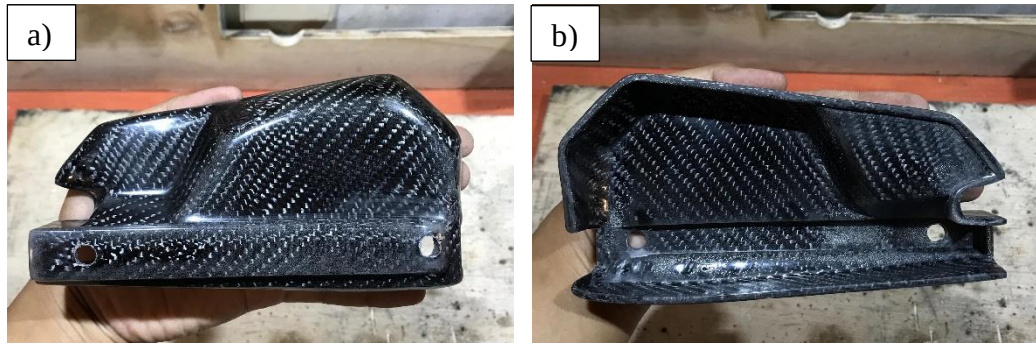
Berdasarkan hasil pengujian impak terhadap spesimen dengan variasi jumlah lapisan serat karbon sebanyak 6, 8, dan 10 lapis, diketahui bahwa variasi 10 lapis karbon menghasilkan nilai impak tertinggi di antara ketiganya, sehingga variasi ini dipilih sebagai komposisi pada produk *hand guard* yang dibuat dalam penelitian ini. Meskipun demikian, variasi 6 lapis karbon sebenarnya telah menunjukkan performa impak yang sangat baik, bahkan nilainya melebihi nilai impak yang dimiliki oleh helm sepeda motor SNI, yang dapat dijadikan acuan kelayakan produk pelindung pada penelitian ini. Artinya, secara teknis, spesimen dengan 6 lapis karbon sudah layak digunakan sebagai komposisi pembuatan *hand guard*. Oleh karena itu, jika di kemudian hari produk ini akan diproduksi secara massal dan dikomersialkan, maka penggunaan variasi 6 lapis karbon dapat menjadi alternatif yang efisien. Komposisi ini dinilai cukup memenuhi standar keamanan dan memberikan keuntungan dari sisi efisiensi penggunaan material dan biaya produksi.

Produk *hand guard* sepeda motor *touring* telah berhasil dibuat menggunakan metode *compression molding* dengan bahan penguat *woven carbon fiber* dan *resin epoksi* sebagai matriks. Proses pembuatan produk secara umum sama seperti proses pembuatan spesimen. Tabel 4-3 menunjukkan komposisi pembuatan produk dengan variasi 10 lapis karbon.

Tabel 4-3 Komposisi Pembuatan Produk

Jumlah Lapisan Karbon	Massa (gram)		Fraksi Volume (%)	
	Karbon	Resin	Karbon	Resin
10	49,7	39,5	42,9	57,1

Hasil produk *hand guard* setelah dilakukan *finishing* dapat dilihat pada gambar 4-5.



Gambar 4-5 Produk *Hand Guard* a) Tampak depan; b) Tampak belakang

Hasil produk tersebut dilakukan pengamatan dan pengecekan secara visual untuk melihat apakah produk mengalami kecacatan. Hasilnya yaitu secara keseluruhan bentuk produk sesuai dengan cetakan dan permukaan rata, namun masih ada *void* di beberapa titik permukaan produk.

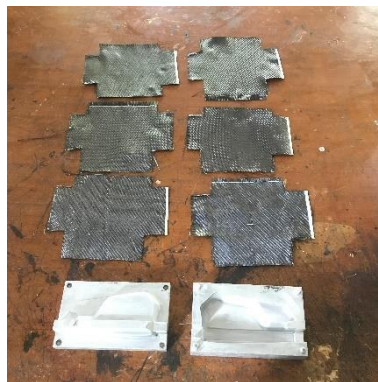
Selanjutnya, hasil produk dipasang pada beberapa jenis sepeda motor *touring* untuk melihat apakah produk dapat dipasang dengan baik pada *holder/stand hand guard* sepeda motor. Hasilnya produk *hand guard* dapat terpasang dengan baik pada *holder/stand hand guard* beberapa jenis sepeda motor. Pemasangan *hand guard* pada sepeda motor dapat dilihat pada gambar 4-6.



Gambar 4-6 Pemasangan Produk a) Kawasaki KLX DTracker (Tampak Depan); b) Kawasaki KLX DTracker (Tampak Belakang); c) Honda Vixion; d) Yamaha XSR 155

4.1.3 Kendala-Kendala yang Terjadi pada Proses Pembuatan Produk

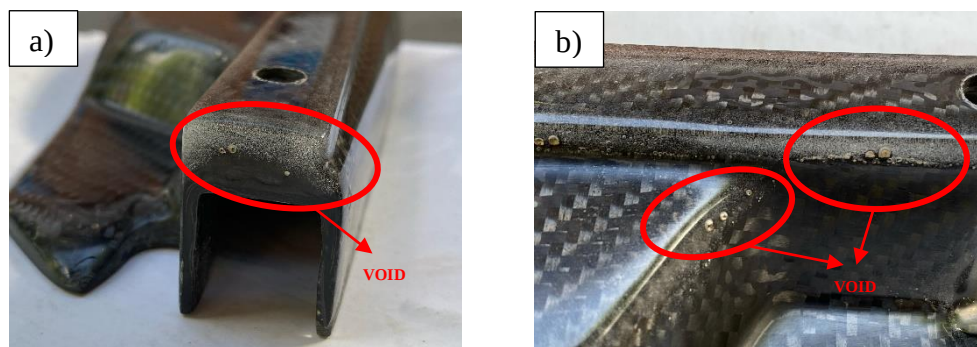
Dalam penelitian ini, produk komposit berupa *hand guard* motor dibuat menggunakan cetakan yang telah dirancang sebelumnya dengan variasi 10 lapis karbon. Proses pembuatannya menggunakan bahan *woven carbon fiber*, yang ukurannya sengaja dilebihkan dari cetakan untuk mengakomodasi bentuk cetakan yang berlekuk. Namun, terdapat beberapa kendala dalam eksekusinya. Salah satu permasalahan utama adalah karbon yang keluar dari cetakan bertabrakan dengan *pin guide* pada *molding*, sehingga bagian tersebut harus dipotong. Sayangnya, ketebalan karbon yang mencapai 10 lapis membuat proses pemotongan menjadi sulit. Hal ini diatasi dengan memotong bagian karbon yang menabrak *pin guide* sebelum dilakukan *hand lay up* (Gambar 4-7).



Gambar 4-7 Karbon Sebelum Proses *Hand Lay Up*

Hasil produk menunjukkan adanya beberapa kecacatan berupa *void* akibat gelembung udara yang terjebak. *Void* atau rongga udara pada produk ini ditemukan pada bagian dalam dan permukaan lapisan resin. *Void* di bagian dalam kemungkinan terjadi karena terbentuknya gelembung-gelembung udara pada saat proses pencampuran resin dan *hardener*. Gelembung udara, khususnya yang berukuran kecil, tidak bisa dikontrol atau dihilangkan tanpa bantuan. Beberapa cara untuk menghilangkan atau meminimalkan gelembung udara tersebut yaitu dengan melakukan proses *degassing*. Proses *degassing* yaitu proses penghilangan gelembung udara atau gas yang terperangkap dalam bahan cair. Proses *degassing* dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya yaitu vakum *degassing* (memasukkan campuran resin ke ruang vakum), *degassing* manual (mendamkan

campuran resin beberapa saat supaya gelembung naik secara alami), dan *heat treatment* menggunakan *heat gun*. Selain dengan proses degassing, dapat juga dengan menambahkan bahan pelarut aditif seperti *styrene monomer*, *acetone*, atau *avtur* ke dalam campuran resin. Proses degassing dan penambahan pelarut aditif dalam menghilangkan gelembung udara bekerja dengan menurunkan viskositas resin, dimana resin yang lebih encer memiliki aliran yang lebih lancar serta menyebabkan gelembung udara lebih mudah naik ke permukaan dan lebih mudah pecah sebelum resin mengeras (Fadlurrahman et al., 2023). Sementara, rongga udara pada permukaan lapisan resin selain disebabkan oleh alasan yang sama seperti di atas, juga karena kurang telitinya peneliti pada saat melakukan *hand lay up*. Kecacatan dapat dilihat pada gambar 4-8.



Gambar 4-8 Kecacatan a) Rongga udara bagian dalam lapisan resin; b) Rongga udara bagian permukaan lapisan resin

Hasil produk setelah dilakukan *finishing* memiliki permukaan yang rata dan tidak bergelombang. Produk *hand guard* ini kemudian dicoba dipasang pada beberapa jenis sepeda motor dan semuanya berhasil terpasang dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa produk *hand guard* pada penelitian ini dapat dipasang pada jenis sepeda motor dengan *flatbar*.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh variasi jumlah lapisan *woven carbon fiber* terhadap kekuatan impact spesimen yaitu semakin banyak jumlah lapisan karbon, maka semakin besar nilai kekuatan impactnya. Pada penelitian ini, kekuatan impact terbesar yaitu spesimen variasi 10 lapis karbon dengan harga impact sebesar 0,028 J/mm².
2. Produk komposit *hand guard* sepeda motor *touring* berpenguat *woven carbon fiber* telah berhasil dibuat dengan metode *compression molding*. Produk yang dibuat dapat dipasang pada sepeda motor yang sesuai dengan kriteria.
3. Kendala dalam pembuatan produk *hand guard* sepeda motor *touring* yaitu karbon yang keluar dari cetakan menabrak *pin guide molding* sehingga *molding* tidak bisa menutup atau *ter-assembly* dengan sempurna. Selain itu, terdapat kesulitan dalam mengontrol atau menghilangkan gelembung udara saat pencampuran resin dan *hardener* sehingga menyebabkan adanya *void* pada bagian dalam dan permukaan lapisan resin.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Desain dan kepresisian *molding* harus diperhatikan dan dicocokkan dengan sifat *woven carbon fiber*. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap keberhasilan dalam mencetak produk yang lebih baik.
2. Proses pencampuran resin dan *hardener* dapat dilakukan proses *degassing* atau penambahan pelarut aditif sebagai upaya untuk meminimalkan gelembung udara yang timbul sehingga menghasilkan produk yang baik dan minim *void*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, N. F. (2018). Pembuatan Karakteristik Tekan & Impak Komposit Hybrid Serat Ijuk/Serat Gelas Anyam Bermatrik Polyester. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Mesin*, 1–8.
- Araujo, M., Illanes, E., Chapman, E., & Rodrigues, E. (2017). Effectiveness of interventions to prevent motorcycle injuries: systematic review of the literature. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 24(3), 406–422. <https://doi.org/10.1080/17457300.2016.1224901>
- Ardiyanto, M. G. (2019). *Analisis Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu dengan Matriks Epoxy*. Universitas Tidar.
- ASTM. (2010). *Standard Test Methods for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched iTeh Standards iTeh Standards Document Preview*. 08(April), 3–8. <https://doi.org/10.1520/D6110-10.1>
- Chowdhury, I. R., & Summerscales, J. (2024). Woven Fabrics for Composite Reinforcement: A Review. *Journal of Composites Science*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/jcs8070280>
- Dinur, R. (2019). *Proses Pembuatan Produk Komposit Sandwich Serat Karbon Menggunakan Metode Vacuum Infusion*. 1–54. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/14242>
- ExelComposites. (2020). Guide to composites. Diambil 9 Maret 2025, dari <https://exelcomposites.com/guide-to-composites/>
- Fadlurrahman, Z., Alandro, D., Santos, G. N. C., & Muflikhun, M. A. (2023). Mechanical and chemical properties of matrix composite: Curing agent ratio, degassing process, and filler effect perspectives. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 11(4), 488–497. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100120>
- Fanteria, D., Lazzeri, L., Panettieri, E., Mariani, U., & Rigamonti, M. (2017). Experimental characterization of the interlaminar fracture toughness of a woven and a unidirectional carbon/epoxy composite. *Composites Science and Technology*, 142, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.01.028>
- FibreGlast. (2020). 2 x 2 Twill Weave Carbon Fiber Fabric. Diambil 9 Maret 2025

- dari <https://www.fibreglast.com/products/1072-12k-carbon>
- Firdaus, M. (2024). Pembuatan Papan Komposit Berbasis Serat Pelepah Pinang (Filler) Dan Bahan Plastik Matriks Polypropylene (PP). *Skripsi, Teknik Material Universitas Malikussaleh*. <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/858/>
- GridOto.com. (2019). Sering Tertukar, Ini Bedanya Handguard dan Lever Guard di Motor. Diambil 9 Maret 2025, dari <https://www.gridoto.com/read/221819295/sering-tertukar-ini-bedanya-handguard-dan-lever-guard-di-motor>
- Hafiz, A., Sugiman, & Setyawan, P. D. (2021). *Perbandingan Teknik Compression Molding Dan Vacuum Infusion Terhadap Sifat Bending Komposit Hibrid Fiberglass -Serat Bambu / Polyster Tak Jenuh*.
- Hasanah, U., & Muslimin, M. (2020). Pengaruh Tekanan Compression Moulding terhadap Kinerja Pelat Bipolar Komposit Grafit/Resin Epoksi Komposisi 20% Karbon Tempurung Kelapa. *Jurnal Mekanik Terapan*, 1(1), 71–80. <https://doi.org/10.32722/jmt.v1i1.3335>
- 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*.
- Mulyo, B. T., & Yudiono, H. (2018). Analisis Kekuatan Impak Pada Komposit Serat Daun Nanas Untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(2), 1–8.
- Putra, M. I., & Nugroho, G. (2021). Pengaruh Curing Time Terhadap Sifat Mekanis Komposit Epoxy/Carbon Fiber dan Epoxy/ Glass Fiber dengan Metode Manufaktur Bladder Compression Moulding. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 3(1), 20. <https://doi.org/10.22146/jmdt.57205>
- Rinardi, A. B. (2023). *Analisis Variasi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Batang Pisang Kepok Matriks Epoxy dan Polyester*. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Subadra, I. N., Nugraha, I. N. P., & Dantes, R. (2018). Analisis Kekuatan Impact Komposit Matrix Polyester Berpenguat Serat Rami dengan Perlakuan Alkali NaOH. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(2), 77–87.

- Susila, D. J. P., Yulianto, & Masdani. (2021). Pengaruh Serat Karbon Terhadap Sifat Mekanik dan Topografi pada Komposit Bermatriks Polyester BQTN 157'. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(7).
- Tavarel, S. D., Yudo, H., & Kiryanto. (2018). Analisa kekuatan tarik dan tekuk pada sambungan pipa baja dengan menggunakan Kanpe Clear Surealis 1208 UWE sebagai pengganti las. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), 277–286.
- Wahyudi, F. A., & Yuono, L. D. (2019). Pengaruh Komposisi Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit yang Diperkuat Serat Bambu. *Jurnal Teknik Mesin: TURBO*, 4(2), 72–78.

LAMPIRAN

PERHITUNGAN

a. Spesimen

Diketahui;

- Volume total = $170 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} = 25,5 \text{ mm}^3$
- Massa jenis karbon = $1,8 \text{ gram/cm}^3$
- Massa jenis resin = $1,1 \text{ gram/cm}^3$
- Perbandingan resin : hardener = 2 : 1

Perhitungan komposisi;

• 6 Lapis

- Massa karbon = 11 gram
- Volume karbon
$$= \frac{m}{\rho}$$
$$= \frac{11 \text{ g}}{1,8 \text{ g/cm}^3}$$
$$= 6,1 \text{ cm}^3$$
- Volume resin = $\text{volume total} - \text{volume karbon}$
$$= 25,5 \text{ cm}^3 - 6,1 \text{ cm}^3$$
$$= 19,4 \text{ cm}^3$$
- Massa resin = $\rho \times \text{volume resin}$
$$= 1,1 \text{ g/cm}^3 \times 19,4 \text{ cm}^3$$
$$= 21,34 \text{ gram}$$
- Fraksi volume karbon = $\frac{\text{volume karbon}}{\text{volume total}} \times 100\%$
$$= \frac{6,1 \text{ cm}^3}{25,5 \text{ cm}^3} \times 100\%$$
$$= 23,9\%$$
- Fraksi volume resin = $\frac{\text{volume resin}}{\text{volume total}} \times 100\%$
$$= \frac{19,4 \text{ cm}^3}{25,5 \text{ cm}^3} \times 100\%$$
$$= 76,1\%$$

• 8 Lapis

- Massa karbon = 14 gram
- Volume karbon
$$= \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{14 \text{ g}}{1,8 \text{ g/cm}^3}$$

$$= 7,8 \text{ cm}^3$$

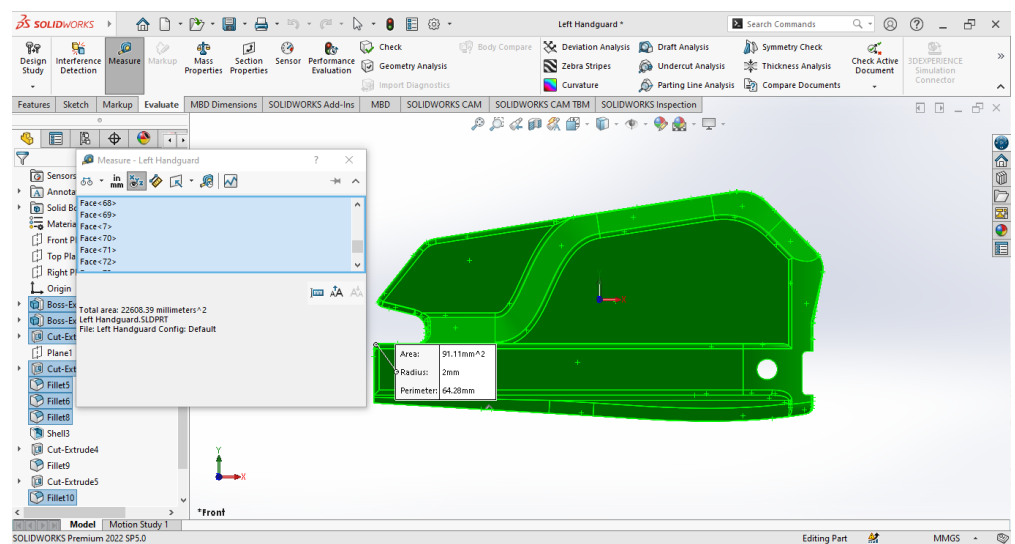
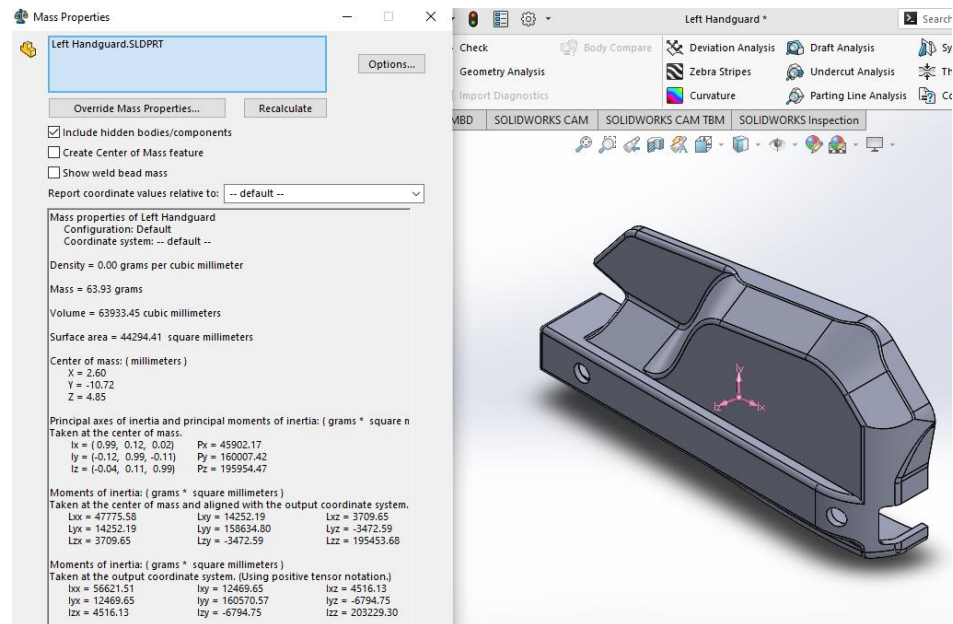
- Volume resin $= \text{volume total} - \text{volume karbon}$
 $= 25,5 \text{ cm}^3 - 7,8 \text{ cm}^3$
 $= 17,7 \text{ cm}^3$
- Massa resin $= \rho \times \text{volume resin}$
 $= 1,1 \text{ g/cm}^3 \times 17,7 \text{ cm}^3$
 $= 19,5 \text{ gram}$
- Fraksi volume karbon $= \frac{\text{volume karbon}}{\text{volume total}} \times 100\%$
 $= \frac{7,8 \text{ cm}^3}{25,5 \text{ cm}^3} \times 100\%$
 $= 30,6\%$
- Fraksi volume resin $= \frac{\text{volume resin}}{\text{volume total}} \times 100\%$
 $= \frac{17,7 \text{ cm}^3}{25,5 \text{ cm}^3} \times 100\%$
 $= 69,4\%$

- 10 Lapis
 - Massa karbon $= 18 \text{ gram}$
 - Volume karbon $= \frac{m}{\rho}$
 $= \frac{18 \text{ g}}{1,8 \text{ g/cm}^3}$
 $= 10 \text{ cm}^3$
 - Volume resin $= \text{volume total} - \text{volume karbon}$
 $= 25,5 \text{ cm}^3 - 10 \text{ cm}^3$
 $= 15,5 \text{ cm}^3$
 - Massa resin $= \rho \times \text{volume resin}$
 $= 1,1 \text{ g/cm}^3 \times 15,5 \text{ cm}^3$
 $= 17,05 \text{ gram}$
 - Fraksi volume karbon $= \frac{\text{volume karbon}}{\text{volume total}} \times 100\%$
 $= \frac{10 \text{ cm}^3}{25,5 \text{ cm}^3} \times 100\%$
 $= 39,2\%$

$$\begin{aligned}
 - \text{Fraksi volume resin} &= \frac{\text{volume resin}}{\text{volume total}} \times 100\% \\
 &= \frac{15,5 \text{ cm}^3}{25,5 \text{ cm}^3} \times 100\% \\
 &= 60,7\%
 \end{aligned}$$

b. Produk

Diketahui;



$$\begin{aligned}
 - \text{Total volume produk} &= 63933,45 \text{ mm}^3 \\
 &= 63,93 \text{ cm}^3 \\
 - \text{Luas permukaan produk} &= 22608,39 \text{ mm}^2 \\
 &= 226,08 \text{ cm}^2 \\
 - \text{Massa jenis karbon} &= 1,8 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

- Massa jenis resin = 1,1 gram/cm³
- Massa karbon (per satuan luas) = 220 gsm
= 0,022 gram/cm²
- Massa 1 lapis karbon = 226,08 x 0,022
= 4,97 gram

Perhitungan komposisi;

- Massa karbon = jumlah karbon x massa 1 lapis karbon
= 10 x 4,97 gram
= 49,7 gram
- Fraksi volume karbon = $\frac{49,7}{115,07} \times 100\%$
= 42,9%
- Fraksi volume resin = 100% - 42,9%
= 57,1%
- Massa resin = 57,1% x 63,93 x 1,1
= 40,15 gram



Yth. Wega Adi Wiguna
Di Universitas Islam Indonesia

LAPORAN HASIL UJI LABORATORIUM
Nomor: 390512/UN1/FTK.3/TMI/TA.00.01/2024

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan hasil pengujian:

Nama sampel : Komposit
Jenis pengujian : Uji Impact
Tanggal penerimaan sampel : 29 November 2024
Tanggal dipelaksanaan uji : 29 November 2024
dengan hasil sebagai berikut :

Hasil Uji Impact

NO	KODE SPESIMEN		G (N)	R (m)	Sudut α ($^{\circ}$)	Sudut β ($^{\circ}$)	Energi Serap (Joule)	Harga Impact (Joule/mm ²)
1	A (6)	1	9.81	0.83	60	55	0.5991	0.019655
2		2	9.81	0.83	60	56	0.4820	0.015813
3		3	9.81	0.83	60	55	0.5991	0.019655
4	B (8)	1	9.81	0.83	60	53	0.8290	0.027198
5		2	9.81	0.83	60	53	0.8290	0.027198
6		3	9.81	0.83	60	55	0.5991	0.019655
7	C (10)	1	9.81	0.83	60	53	0.8290	0.027198
8		2	9.81	0.83	60	52	0.9418	0.030897
9		3	9.81	0.83	60	53	0.8290	0.027198

Catatan:

1. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Yogyakarta, 2 Desember 2024

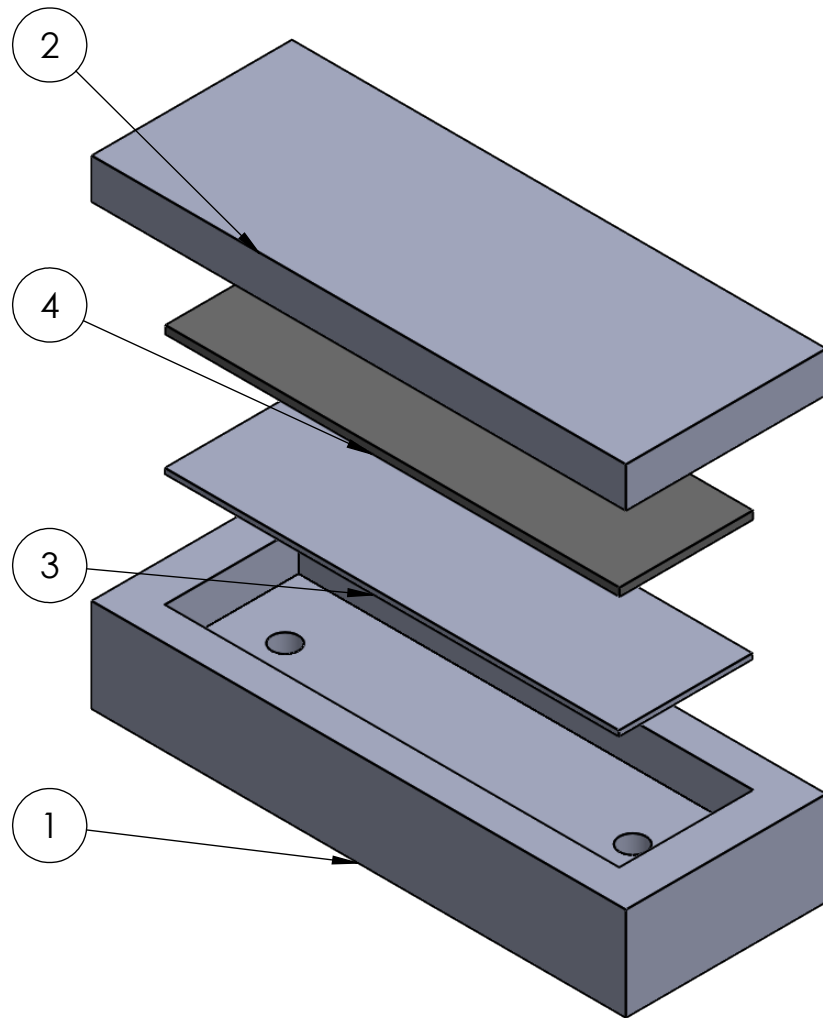
Mengetahui
Sekretaris Departemen,

Kepala Lab Bahan Teknik,



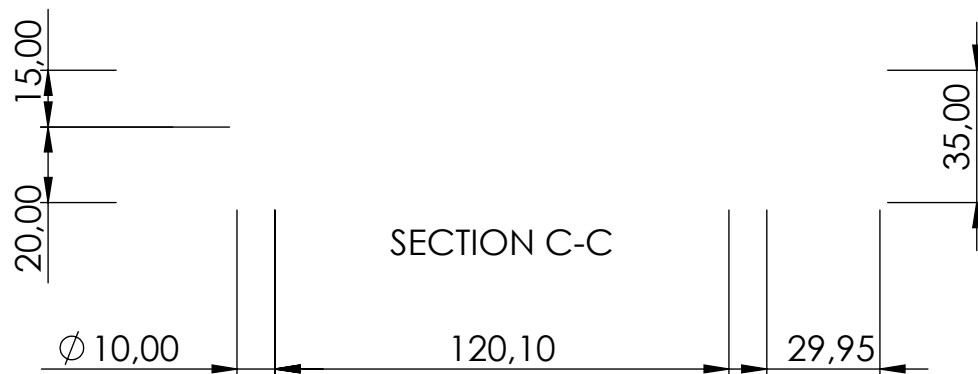
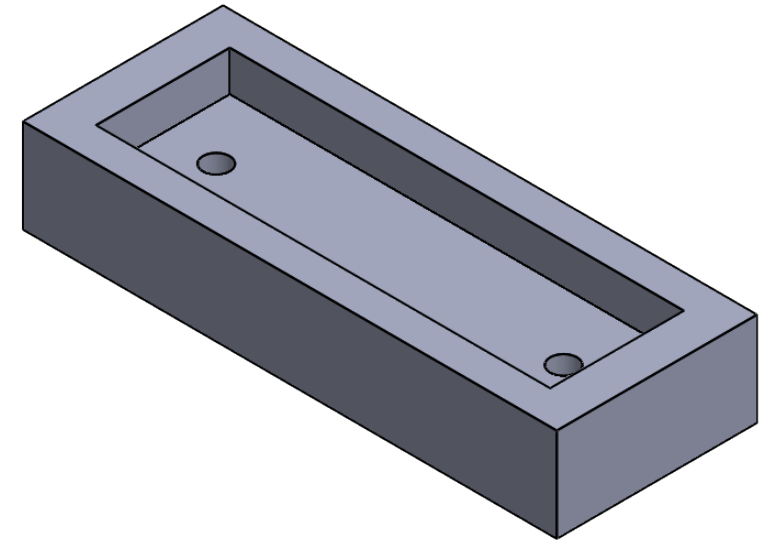
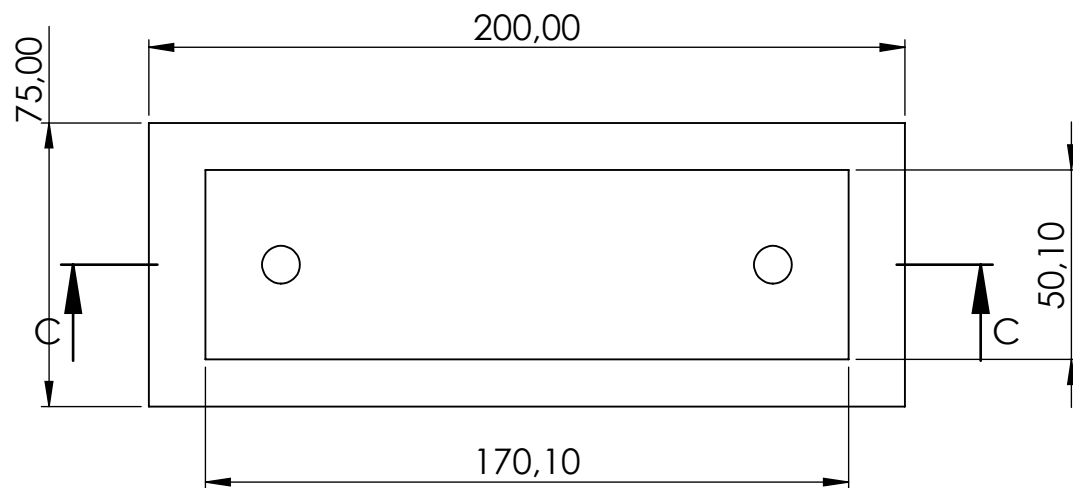
Dr. Eng. Adhika Widyaparaga, S.T., M. Biomed.E.
NIP. 198007162005011001

Prof. Dr. Ir. Kusmono, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197211041998031002

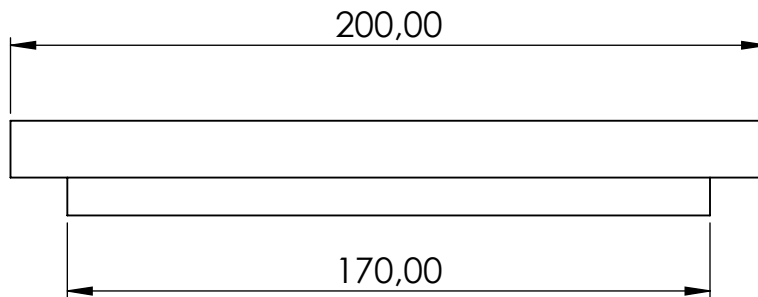
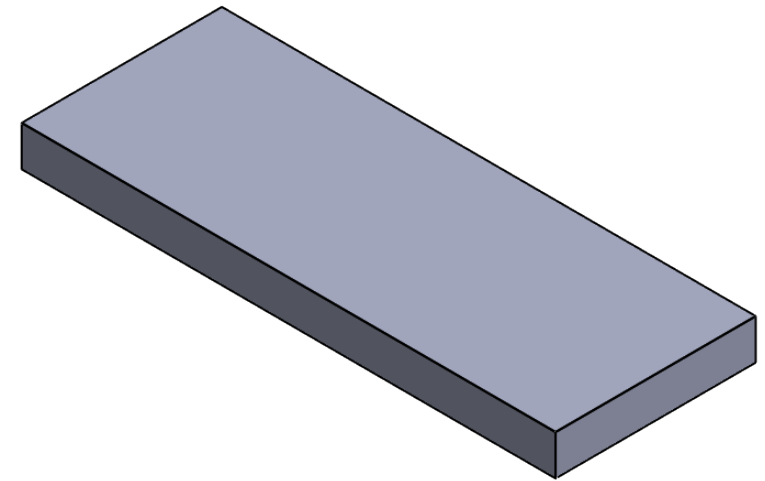
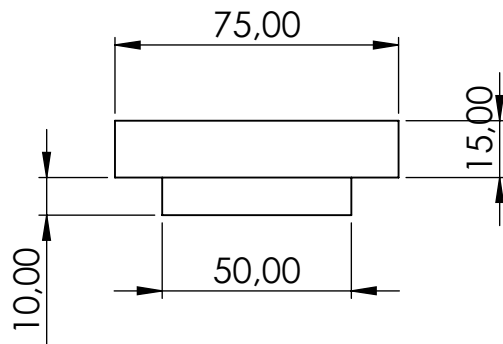


ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	QTY.
1	Cavity Spesimen	Alumunium 5052	1
2	Core Spesimen	Alumunium 5052	1
3	Plat Penahan (2mm)	Carbon Steel	1
4	Spesimen (3mm)	Composites	1

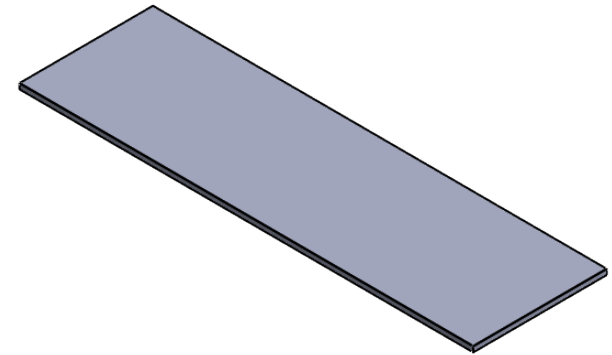
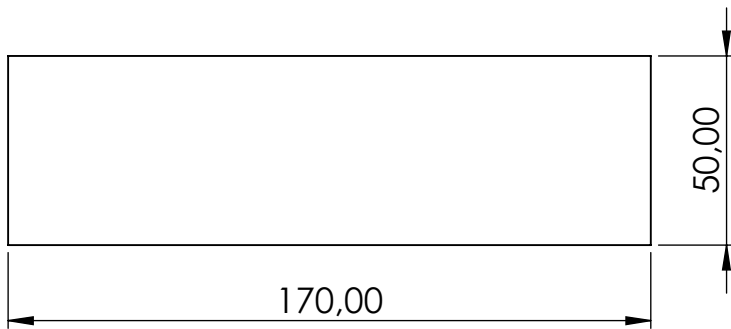
	Skala : 1:2	Digambar : Wega Adi Wiguna	Keterangan	
	Satuan Ukuran : mm	Dosen Pembimbing :		
	Tanggal : 25 Mei 2025	Ir. Faisal Arif Nurgasang, S. T., M.Sc., IPP		
UII		Exploded Assembly Molding Spesimen	No. 1	A4

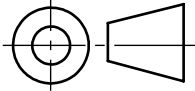


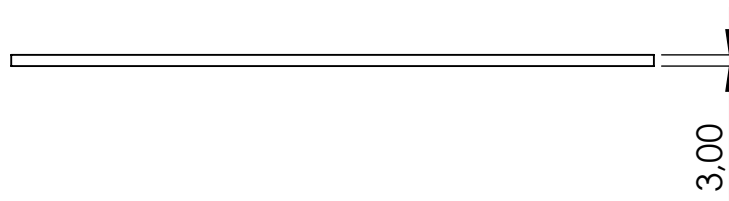
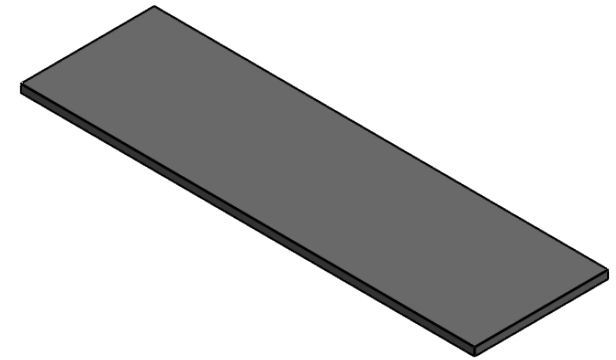
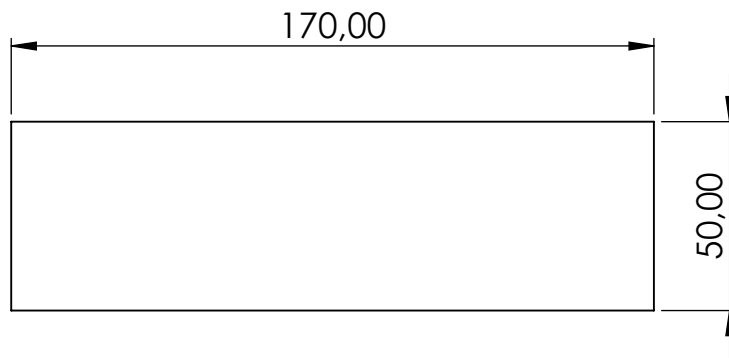
	Skala : 1:2	Digambar : Wega Adi Wiguna	Keterangan	
	Satuan Ukuran : mm	Dosen Pembimbing :		
	Tanggal : 25 Mei 2025	Ir. Faisal Arif Nurgesang, S. T., M.Sc., IPP		
UII		Cavity Molding Spesimen	No. 2	A4

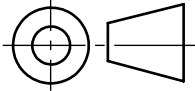


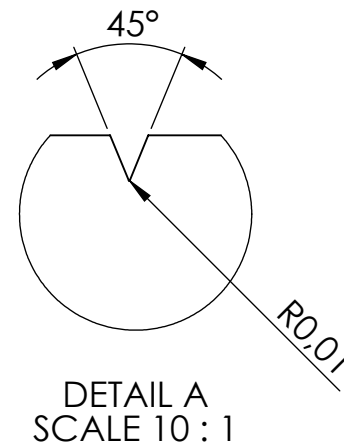
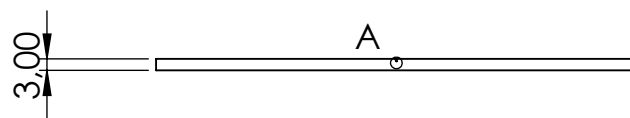
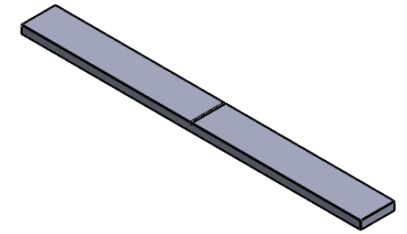
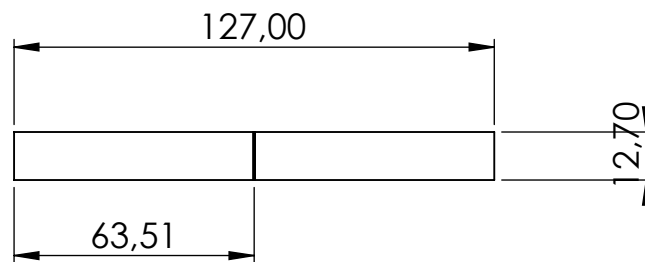
	Skala : 1:2	Digambar : Wega Adi Wiguna	Keterangan	
	Satuan Ukuran : mm	Dosen Pembimbing :		
	Tanggal : 25 Mei 2025	Ir. Faisal Arif Nurgasang, S. T., M.Sc., IPP		
UII		Core Molding Spesimen	No. 3	A4



	Skala : 1:2	Digambar : Wega Adi Wiguna	Keterangan	
	Satuan Ukuran : mm	Dosen Pembimbing : Ir. Faisal Arif Nurgesang, S. T ., M.Sc., IPP		
	Tanggal : 25 Mei 2025			
U11		Plat Penahan (2mm)	No. 4	A4



	Skala : 1:2	Digambar : Wega Adi Wiguna	Keterangan	
	Satuan Ukuran : mm	Dosen Pembimbing : Ir. Faisal Arif Nurgasang, S. T ., M.Sc., IPP		
	Tanggal : 25 Mei 2025			
UII		Spesimen (3mm)	No. 5	A4



	Skala : 1:2	Digambar : Wega Adi Wiguna	Keterangan	
	Satuan Ukuran : mm	Dosen Pembimbing :		
	Tanggal : 25 Mei 2025	Ir. Faisal Arif Nurgasang, S. T., M.Sc., IPP		
UII	Spesimen Komposit Woven Karbon Fiber		No. 6	A4