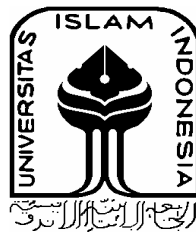


**Pengaruh Pelapisan Serat Karbon pada Komposit Sandwich  
Batang Profil H Menggunakan Material Inti Polylactic Acid  
(PLA) Terhadap Sifat Rigiditas Bending**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Alfendho Putra**  
**No. Mahasiswa : 18525091**  
**NIRM : 1807190143**

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

**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

### Pengaruh Pelapisan Serat Karbon pada Komposit Sandwich Batang Profil H Menggunakan Material Inti Polylactic Acid (PLA) Terhadap Sifat Rigiditas Bending

#### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

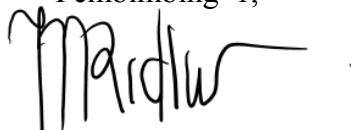
Nama : Muhammad Alfendho Putra

No. Mahasiswa : 18525091

NIRM : 1807190143

Yogyakarta, 30 Agustus 2024

Pembimbing 1,



(Ir. M. Ridlwan, ST. MT. IPP)

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### Pengaruh Pelapisan Serat Karbon pada Komposit Sandwich Batang Profil H Menggunakan Material Inti Polylactic Acid (PLA) Terhadap Sifat Rigiditas Bending

#### TUGAS AKHIR

##### Disusun Oleh :


Nama : Muhammad Alfendho Putra  
No. Mahasiswa : 18525091  
NIRM : 1807190143

##### Tim Penguji


Ir. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T., IPP  
Ketua

  
Tanggal: 08/10/2024

Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.  
Anggota I

  
Tanggal: 8/10/24

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP  
Anggota II

  
Tanggal: 8/10/24

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Muhammad Alfendho Putra yang betanda tangan di bawah ini, selaku pen penulis tugas akhir “Pengaruh Pelapisan Serat Karbon pada Komposit Sandwich Batang Profil H Menggunakan Material Inti Polylactic Acid (PLA) Terhadap Sifat Rigiditas Bending” menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya saya sendiri bukan hasil plagiarism dari karya tulis yang dibuat orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dan sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 9 oktober 2024



Muhammad Alfendho putra  
(18525091)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya yaitu Dedi Aspideny dan Masdalena yang telah membesarkan saya dengan hebat, juga selalu memberi support yang begitu berharga bagi saya.
2. Kedua saudara kandung saya yaitu Della dan Zahra yang juga selalu memberikan saya semangat dan pelajaran hidup yang berarti untuk saya.
3. Teman – teman saya yang telah memberikan motivasi dan arahan yang sangat berarti untuk saya.

## **HALAMAN MOTTO**

“Science without faith is blind, faith without science is lame”

**(Albert Einstein)**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

**(QS. Al-Baqarah: 286)**

“Dia yang tidak cukup berani untuk mengambil risiko tidak akan mencapai  
apapun dalam hidup”

**(Muhammad Ali)**

## **KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH**

Bismillahirrohmanirohim saya ucapkan alhamdulillah, puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Swt yang hanya kepada-nya saya memohon pertolongan serta kelancaran dalam menghadapi segala urusan dunia. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-nya, sehingga saya selaku penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Pelapisan Serat Karbon pada Komposit Sandwich Batang Profil H Menggunakan Material Inti Polylactic Acid (PLA) Terhadap Sifat Rigiditas Bending”. Shalawat dan salam kepada Rasulullah Saw. yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk seluruh umat manusia.

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan skripsi ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada :

1. Papa, Mama, Della, dan Zahra, selaku keluarga penulis dan memberikan dukungan serta selalu senantiasa mendoakan yang terbaik untuk penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Muhammad Khafid, S.T., M.T.,Ph.D., selaku Kaprodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T., IPP. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Teman-teman angkatan 2018 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia selaku tempat bertukar ilmu.
6. Kawan seperjuangan Tugas Akhir saya M Naufal Anugrah P dan Dandy Novrilian P yang telah bekerja sama, serta memberikan dukungan sehingga dapat menyelesaikan tugas Akhir.



## ABSTRAK

Untuk sebuah struktur H Beam dengan bahan baja sangatlah berat dan tidak fleksibel juga cenderung susah untuk di bentuk dengan bentuk yang kompleks, penelitian disini tentang bagaimana jika H Beam dengan bahan baja di gantikan dengan bahan PLA menggunakan 3D Printing. Dengan perpaduan komposit *sandwich* antara 3D print dan *skinning carbon*. Tujuan dari perancangan serta pengujian ini adalah mampu membuat H Beam dengan bahan PLA dan Carbon menggunakan metode Komposit Sandwich. Serta untuk mengetahui potensi dari H Beam dengan metode Komposit Sandwich yang dibuat dan mengetahui kendala - kendala apa saja yang di temukan disaat proses pembuatan H Beam ini. Adapun tujuan lain dari perancangan dan pengujian ini untuk melihat kelebihan maupun kekurangan dari pembuatan H Beam dengan metode Komposit Sandwich. Alur pada penelitian dimulai dari studi literatur yang dilakukan untuk merumuskan masalah yang akan menentukan konsep perancangan dalam pembuatan spesimen. Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pembuatan beberapa *design* di *solidwork* dari referensi *design* yang telah ada. Tahap selanjutnya setelah didapatkan *design* yang diinginkan, dilakukan pencetakan design tersebut menggunakan mesin 3D print. Setelah pencetakan menggunakan 3D Print dengan total 6 spesimen, ada 3 spesimen yang akan di *skinning* menggunakan carbon dengan metode vacuum. Setelah *finishing* yang dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengujian banding ke 6 spesimen yang ada. Dalam pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai defleksi,  $P_{max}$ , dan tegangan bending dari ke 6 spesimen tersebut. H Beam dari 3D print dengan metode komposit *sandwich* mendapatkan hasil yang memuaskan. yang dimana H beam ini sangatlah kuat dan ringan dari H Beam biasanya, dan juga Pembuatan H Beam dengan menggunakan 3D print dental metode komposit *sandwich* ini memiliki kebebasan bentuk dari H Beam biasanya.

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
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	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 H Beam	5
2.2.2 3D Printing	5
2.2.3 Carbon Fiber	6
2.2.4 Vacuum Bagging	7
2.2.5 Pengujian Bending	8
Bab 3 METODE PENELITIAN	9
3.1 Alur Penelitian	9
3.2 Peralatan dan Bahan	10

3.3	Menentukan Kriteria Produk	15
3.4	Proses Design di Solidwork	16
3.5	Proses Pencetakan spesimen	20
3.6	Proses Pelapisan karbon	21
3.6.1	Penempelan Serat Karbon	21
3.6.2	Pelapisan Resin	21
3.6.3	Pelapisan Polyester peel ply dan Kain Breather	22
3.6.4	Vacuum Compression	22
3.6.5	Meratakan Spesimen	23
3.7	Proses Pengujian Bending	24
Bab 4 Hasil dan Pembahasan		25
4.1	Hasil Desain	25
4.2	Hasil Produk	25
4.3	Hasil Pengujian Bending	26
4.4	Analisis dan Pembahasan	28
Bab 5 Penutup		30
5.1	Kesimpulan	30
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	30
Daftar Pustaka		31

## DAFTAR TABEL

<a href="#"><u>Tabel 3 - 1 Peralatan</u></a>	11
<a href="#"><u>Tabel 3 - 2 Bahan</u></a>	14
<a href="#"><u>Tabel 4 - 1 Hasil Pengujian Bending</u></a>	27
<a href="#"><u>Tabel 4 - 2 Hasil Perhitungan Kekakuan Bending dan Bending Spesifik</u></a>	29
<a href="#"><u>Tabel 4 - 3 P yield dan Defleksi yield</u></a>	30

## DAFTAR GAMBAR

<a href="#"><u>Gambar 3 - 1 Design H Beam A1</u></a>	16
<a href="#"><u>Gambar 3 - 2 Gambar H Beam A2</u></a>	16
<a href="#"><u>Gambar 3 - 3 Gambar H Beam A3</u></a>	17
<a href="#"><u>Gambar 3 - 4 Gambar H Beam A4</u></a>	17
<a href="#"><u>Gambar 3 - 5 Displacement Design A</u></a>	18
<a href="#"><u>Gambar 3 - 6 Factor of Safety design A</u></a>	18
<a href="#"><u>Gambar 3 - 7 Hasil Pengujian B1</u></a>	19
<a href="#"><u>Gambar 3 - 8 Hasil Pengujian B2</u></a>	19
<a href="#"><u>Gambar 3 - 9 Hasil Pengujian B3</u></a>	20
<a href="#"><u>Gambar 3 - 10 Pencetakan Spesimen</u></a>	20
<a href="#"><u>Gambar 3 - 11 Penempelan serat karbon</u></a>	21
<a href="#"><u>Gambar 3 - 12 Pelapisan Resin</u></a>	21
<a href="#"><u>Gambar 3 - 13 Pelapisan <i>Polyester Peel Ply</i> dan <i>Kain Breather</i></u></a>	22
<a href="#"><u>Gambar 3 - 14 Proses Vacuum Compression</u></a>	22
<a href="#"><u>Gambar 3 - 15 Proses Pelepasan Polyester peel ply dan kain Breather</u></a>	23
<a href="#"><u>Gambar 3 - 16 Hasil Pengamplasan</u></a>	23
<a href="#"><u>Gambar 3 - 17 Proses Uji Bending</u></a>	24
<a href="#"><u>Gambar 4 - 1 Hasil Design</u></a>	25
<a href="#"><u>Gambar 4 - 2 Hasil Pencetakan Spesimen</u></a>	25
<a href="#"><u>Gambar 4 - 3 Hasil Komposit Sandwich Setelah Uji Bending</u></a>	26
<a href="#"><u>Gambar 4 - 4 Hasil Spesimen Inti Setelah Uji Bending</u></a>	26

## DAFTAR NOTASI

E	: Modulus elastis bending	(N/)
P	: Beban yang di berikan	(N)
H	: Tebal specimen	(mm)
b	: Lebar specimen	(mm)
W	: Berat specimen	(gram)
L	: Jarak point	(mm)
$\delta$	: Defleksi	(mm)
I	: Momen inersia	(kgm)
D	: Kekakuan bending	(N/)

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam sebuah konstruksi diberbagai bangunan seperti gedung jembatan dan banyak konstruksi lainnya, H Beam merupakan salah satu struktur penampang yang utama. Dikarnakan H Beam merupakan salah satu struktur yang cukup kuat untuk berbagai konstruksi di suatu pembangunan. H Beam yang di gunakan saat ini biasanya berbahan baja yang kuat dan berat. Dikarnakan H Beam yang digunakan saat ini berbahan baja, H Beam tidak dapat dibentuk dan dibuat dengan design yang kompleks.

Perkembangan teknologi saat ini sangatlah cepat, yang dapat kita rasakan sampai saat ini. Pada saat ini material yang diinginkan dan sering digunakan yang berkriteria kuat, ringan, dan murah. Komposit dapat menjadi jawaban dari kriteria yang diinginkan saat ini. Komposit merupakan perpaduan berbagai material pembentuk dan memiliki sifat yang berbeda dari materila pembentuknya. Dalam berbagai hal, penggunaan komposit terbukti lebih efektif dari pada bahan yang biasa di pakai seperti logam. Dalam hal keunggulan dalam perawatan, komposit lebih murah dikarnakan lebih tahan dibandingkan material yang bisa di pakai.

Dalam pembuatan komposit yang biasanya dilakukan pertama yaitu pembuatan cetakan. Dalam prosesnya juga ada berbagai metode dalam pembuatanya seperti *hand lay-up*, *vacuum bagging* dan *vacuum infusion*. Dalam penelitan ini, untuk mengurangi kemungkinan udara terperangkap di dalam lapisan komposit yang akan dibuat menggunakan metode *vacuum bag*. Dikarnakan dlam pembuatan komposit yang menggunakan *hand lay-up*, kemungkinan udara yang terperangkap jauh lebih banyak. Maupun dalam waktu pengerjaan, waktu yang di pakai lebih banyak untuk proses pembuatanya (Agung Prayoga, 2018).

Tujuan dari perancangan serta pengujian ini adalah mampu membuat H Beam dengan bahan PLA dan Carbon menggunakan metode komposit *Sandwich*. Serta untuk mengetahui potensi dari H Beam dengan metode komposit *Sandwich* yang saya buat dan mengetahui kendala - kendala apa saja yang di temukan disaat proses pembuatan H Beam ini. Adapun tujuan lain dari perancangan dan pengujian ini untuk melihat kelebihan maupun kekurangan dari pembuatan H Beam dengan metode Komposit *sandwich* ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana proses pembuatan H Beam menggunakan bahan PLA dan *carbon fiber* menggunakan metode *vacuum*.
2. Bagaimana pengaruh *skinning carbon* terhadap kekuatan dan kekakuan H Beam Ketika di pengujian bending.

## **1.3 Batasan Masalah**

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

1. Jenis material bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat carbon fiber twill 3K 200 GSM.
2. Pembuatan H Beam menggunakan 3D Print berbahan Polyactic Acid (PLA).
3. Pelapisan carbon fiber ke H Beam menggunakan metode vacuum.
4. Pengujian yang dilakukan menggunakan uji banding.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mampu membuat H Beam dengan bahan PLA dan Carbon menggunakan metode Komposit *Sandwich*.
2. mengetahui pengaruh pelapisan *carbon* dari H Beam dengan metode Komposit *Sandwich*.
3. untuk melihat kelebihan dari pembuatan H Beam dengan metode Komposit *Sandwich* ini.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang didapat dari tujuan penelitian diatas adalah sebagai berikut:

1. Mejadikan opsi pilihan dari bahan H beam yang ada dengan metode komposit sandwixh ini.
2. Membuat solusi agar design H Beam dapat dibuat dengan fleksibel.
3. Dapat menjadi landasan pengetahuan dalam proses pembelajaran dan mendorong penggunaan skinning carbon dengan metode vacuum.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, diantaranya :

1. BAB 1. Pendahuluan, terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. BAB 2. Kajian pustaka dan teori-teori yang akan digunakan pada penelitian ini.
3. BAB 3. Metodologi penelitian, berisikan alur penelitian, alat dan bahan, tahapan proses pembuatan produk untuk diuji.
4. BAB 4. Hasil dan pembahasan, berisi mengenai proses pembuatan produk, pembahasan proses pembuatan produk
5. BAB 5. Penutup, berisi Kesimpulan penelitian serta saran yang didapat dari pelaksanaan penelitian ini.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Kajian pustaka pertama yang digunakan sebagai dasar penelitian ini berjudul “Pengaruh Ketebalan *skin* Terhadap Kekuatan Bending dan Tarik Komposit *sandwich* dengan *honeycomb polypropylene* Sebagai *core*”. Dalam penelitian ini membahas pengaruh dari ketebalan *skin* pada komposit *sandwich*. Berbagai ketebelan. Pegujian yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pengujian bending dan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan dan kekakuan tarik (Agung Prayoga, 2018).

Kajian pustaka kedua dari penelitian yang berjudul “*A comparison process between hand lay-up, vacuum infusion and vacuum bagging method toward e-glass EW 185/lycal composites*” oleh (Abdurohman et al., 2018). Dimana di dalam penelitian ini membahas perbandingan antar metode *hand lay-up*, *vacuum infusion* dan *vacuum bagging*. Pengujian Tarik yang dilakukan menggunakan mesin uji universak 100kN, Tensilon RTF 2410, dengan nomor seri R3300143.

Kajian Pustaka yang ketiga dari penelitian yang berjudul “ Analisis Uji bending Komposit *sandwich* yang Digabungkan 3D *printing*” oleh (Yudha Izma Adriansyah, 2021). Di dalam penelitian ini mebbahas tentang komposit *sandwich* dengan berbagai *infill* yang di gunakan dengan metode *hand lay-up*. Penelitian ini di uji dengan [engujian bending standar ASTM D790, dengan kesimpulan yang di dapat bahwa dengan *infill* 20% yang digunakan lebih baik.

#### **2.2 Dasar Teori**

##### **2.2.1 H Beam**

Hot Rolled atau yang biasa disebut H-Beam merupakan salah satu balok baja. H-Beam juga memiliki sebutan lain antara lain besi H, baja H, balok H dan profil H. Sesuai dengan namanya, besi H-Beam memiliki bentuk seperti huruf H. H-Beam merupakan satu material yang paling penting dalam konstruksi bangunan.

Dalam setiap proses Pembangunan atau konstruksi, H-Beam menjadi komponen yang paling penting dan wajib di pahami. H-Beam digunakan untuk keperluan seperti konstruksi balok, kolom, tiang pancang, Pembangunan jembatan, dan masih banyak lagi.

H Beam berbahan baku besi baja yang memang dari bahan yang kuat dan tidak rapuh. Dikarnakan jika H-Beam dibuat dengan bahan baku yang tidak kokoh, menyebabkan benda atau konstruksi yang di topang bisa roboh. Dalam pembuatan besi H-Beam, balok-balok baja di bentuk dengan menggunakan proses *hot rolled* yang pada akhirnya penampangnya bebrbentuk huruf H (besisby, 2021).

### **2.2.2 3D Printing**

3D Printing merupakan salah satu metode manufaktur aditif untuk pembuatan objek tiga dimensi dengan cara lapisan material termasuk plastik, logam , serat karbon atau bahan-bahan biomaterial yang ditumpuk secara bertahap. Dalam berbagai indsutri termasuk manufaktur komponen pada mesin, 3D Printing membawa dampak yang signifikan dalam mengubah cara dalam memproduksi dan merancang komponen-komponen.

Dalam proses pembuatan design untu di cetak di mesin 3D Printing menggunakan perangkat lunak di computer. Berawal dari metode awal yang hanya menggunakan bahan plastik, Teknologi ini berevolusi menjadi mencakup berbagai material yang bahkan berbahan biomaterial.

Teknologi 3D Printing memiliki beberapa keunggulan, salah satunya dapat mencetak suatu objek dengan geometri dan detail yang tinggi. Keunggulan lain dari 3D Printing juga dapat mengurangi waktu produksi yang memerlukan beberapa Langkah, seperti pemotongan, pembentukan, dan perakitan. Teknologi 3D Printing juga dapat menghemat material yang di pakai. Dikarnakan pada proses konvensional sering memerlukan pemotongan yang cukup banyak dari material mentah dan menghasilkan limbah yang cukup banyak.

Dalam proses pengembangan produk, 3D Printing juga dapat mempercepat waktu dalam pembuatan prototipe. Dengan ini dalam pengujian desain komponen sebelum diproduksi secara massal, waktu dan biaya yang di perlukan dapat di berkurang. 3D Printing juga memungkinkan penggunaan material yang multifungsional dalam beberapa kasus yang ada. Dalam hal ini dapat menciptakan berbagai komponen yang lebih efisien dan ringan (Anggraini, 2023).

### **2.2.3 Carbon Fiber**

Serat karbon atau biasa di sebut carbon fiber merupakan serat dari material karbon murni dengan ketengangan yang sangat kuat dan juga cukup fleksibel. Serat karbon memiliki bobot yang ringan tetapi kuat. Serat karbon merupakan material yang lima kali lebih kuat dari baja dan juga dua kali lebih kaku. Dari keunggulan yang di miliki serat karbon menjadi material yang ideal untuk peralatan dalam keburhhan manufaktur. Serat karbon memiliki campuran beberapa bahan seperti polyacrylonitrile (PAN), rayon, juga pitch.

Dalam menggunakan serat karbon umumnya di tambahkan dengan resin epoxy adar serat karbon yang sebelumnya lentur menjadi lebih kuat. Tingkat kekerasan yang sangat tinggi setelah kering merupakan alasan digunakannya resin epoxy. Lembaran serat karbon diikat menggunakan matrik dari resin dengan panas dan vakum, yang bertujuan resin yang digunakan meresap dengan baik ke dalam serat karbon yang akan di gunakan.

Perpaduan serat karbon dan resin juga memiliki ketahanan terhadap reaksi kimia seperti korosi yang merupakan masalah utama dari bahan logam yang keras. Perpaduan tersebut juga memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi sehingga efek dari perubahan suhu yang menyebabkan pemuaian dan penyusutan tidak terlalu besar. Perpaduan serat karbon tersebut juga memiliki ketahanan yang sangat baik dari sinar uv dan panas.

Sifat radiolucence juga terdapat pada perpaduan tersebut sehingga memmbuatnya tahan terhadap radiai yang dapat digunakan dalam peralatan medis. Dari berbagai keunggulan yang ada, perpaduan serat karbon tersbut juga memiliki beberapa kekurangan seperti, memiliki sifat kekakuan yang tinggi sehingga kurang lentur dibandingkan dengan baja hingga memiliki risiko pecah. Perpaduan serat karbon juga memiliki harga yang cukup mahal meski kulaitas yang didapatkan sangat baik (Eril Obeit, 2022).

#### **2.2.4 Vacuum Bagging**

Dalam pencetakan ada beberapa metode yang dapat digunakan, salah satunya *vacuum bagging*. *Vacuum bagging* termasuk dalam pencetakan tertutup, yang dapat menghasilkan komponen polimer. Untuk skala besar, *vacuum bagging* termasuk dalam proses pencetakan dengan biaya perkakas yang rendah dengan kualitas yang tinggi.

Metode ini memanfaatkan tekanan yang digunakan untuk mencapai persyaratan yang unik. *Vacuum bagging* memiliki keuntungan dari segi desain perkakas cetakan yang fleksibel. Metode ini mampu memproduksi komponen yang besar, kompleks, dan berkualitas tinggi. Adapun kekurangan dalam metode ini dalam hal kemungkinan kebocoran udara cukup tinggi, dan juga bergantung pada pengalaman dan keterampilan pekerja (Abdurohman et al., 2018).

### **2.2.5 Pengujian Bending**

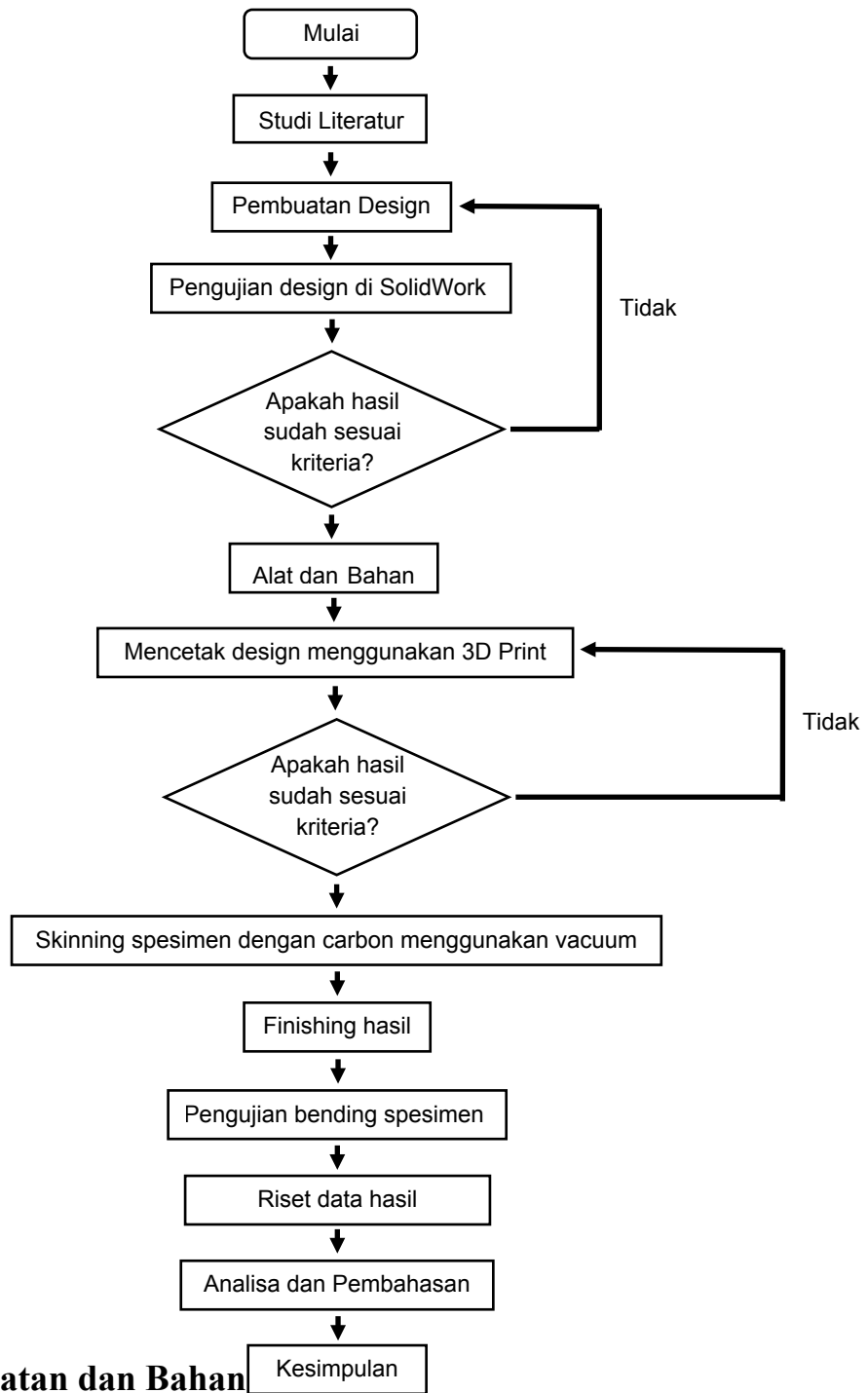
Uji tekuk atau biasa di sebut uji bending adalah salah satu pengujian yang berfungsi untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Dalam proses pengujian pembebanan menggunakan madrel atau pendorong yang telah ditentukan dimensinya untuk menekuk bagian tengah spesimen diantara dua penyangga yang telah di tentkan jaraknya. Dari pengujian itu, spesimen akan bersamaan mengalami deformasi dengan dua gaya yang berlawanan.

Kekuatan tarik, komposisi kima dan struktur mikro maupun tegangan luluh merupakan beberpa faktor dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel. Setelah pengujian, memeriksa spesimen yang berbentuk cembung dari kemungkinan retak ataupun cacat permukaan.spesimen dinyatakan gagal uji jika spesimen mengalami patahatau *fracture*. Jika spesiman hanya retak dan tidak patah, dihitung jumlah retak dan disesuaikan dengan standar yang diacu.

Ada dua jenis pengujian bending atau uji tekuk, yaitu transversal bending dan longitudinal bending. Pengujian tekuk melintang atau biasa di sebut transversal bending merupakan pengujian bending yang tegak lurus dengan arah pengelasan. Sedangkan untuk pengujian tekuk memanjang atau biasa disebut longitudinal bending merupakan pengujian bending yang dilakukan searah dengan arah pengelasan yang berdasarkan arah pembebanannya (Firmansyah, 2020).

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**



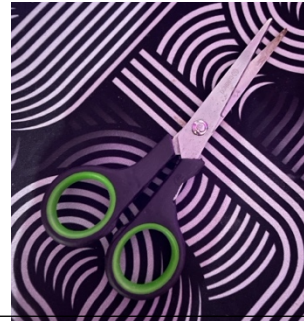
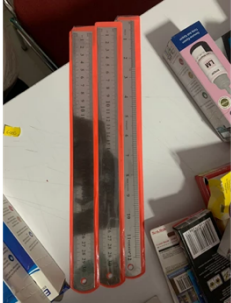
### 3.1 Alur Penelitian








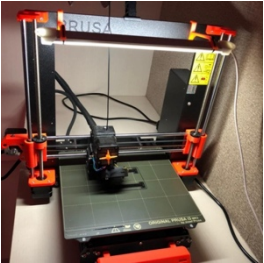


### 3.2 Peralatan dan Bahan

Dibawah ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan spesimen H Beam. Tabel 3-1 menunjukkan peralatan yang digunakan selama proses pembuatan produk berlangsung, sementara Tabel 3-2 menunjukkan bahan-bahan yang digunakan selama pembuatan spesimen H Beam.


**Tabel 3 - 1 Peralatan**





No.	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	Komputer	Sebagai alat dalam mendesign dan menguji di dalam solidwork.	
2.	Timbangan	Timbangan digunakan dalam menghitung resin dan hardener agar sesuai dengan kwtwntuan perbandingan.	
3.	Gunting	Sebagai alat untuk memotong serat karbon, polyester peel ply , dan kain breather.	
4.	Penggaris / Mistar	Sebagai alat untuk mengukur panjang dari serat karbon.	
5.	Tang Jepit	Sebagai alat untuk melepaskan polyester peel ply dan kain breather dari spesimen.	


			
6.	Sarung Tangan	Sarung tangan digunakan sebagai pelindung tangan saat pelapisan resin pada carbon	
7.	Amplas	Sebagai alat untuk meratakan permukaan resin yang bergelombang pada spesimen.	
8.	Kuas	Sebagai alat untuk megoleskan resin pada serat karbon.	
9.	Amplas	Sebagai alat untuk menghaluskan atau <i>finishing</i> produk yang sudah jadi.	

10.	Mesin 3D Print	Mesin 3D Print untuk membuat ke 6 spesimen H Beam.	
11.	Mesin Uji Bending	Sebagai alat untuk pengujian bending ke 6 spesimen.	
12.	Vaccum Compression	Sebagai alat untuk vacuum spesimen yang di lapisin serat karbon.	

**Tabel 3 - 2 Bahan**

No.	Nama Bahan	Fungsi	Gambar
1.	Karbon fiber twill 3K 200 GSM	Sebagai bahan untuk melapisi 3 spesimen yang dibuat.	
2.	Resin Epoxy	Sebagai salah satu	

		campuran bahan dalam pelapisan karbon fiber.	
3.	hardener	Sebagai bahan yang di gunakan dalam pelapisan karbon fiber, agar resin yang di pakai menjadi keras.	
4.	Spray Adhesive	Sebagai bahan untuk merekatakan serat karbon pada spesimen	
5.	Polyster peel ply	Sebagai salah satu bahan yang di gunakan dalam proses vacuum.	
6.	Kain flanel breather	Sebagai lapisan terluar di dalam alat vacuum	

		compression.	
--	--	--------------	---

### 3.3 Menentukan Kriteria Produk

Dalam penelitian yang akan dilakukan, langkah awal dimulai dengan menentukan konsep dari pembuatan produk yang akan dibuat. Dalam menentukan konsep tersebut ada 2 langkah yang dilakukan, yaitu:

#### 1. Identifikasi

Pada langkah pertama ini dilakukan untuk merumuskan masalah yang akan dijadikan acuan dalam menentukan konsep perancangan dan pembuatan produk. Terdapat dua hal utama yang dilakukan dalam tahap ini yaitu studi literatur, di mana informasi yang berkaitan dengan subjek penelitian dikumpulkan dan dianalisis dari berbagai sumber yang relevan, serta dilakukan juga sebuah observasi terhadap produk komposit yang telah ada atau yang telah dibuat sebelumnya.

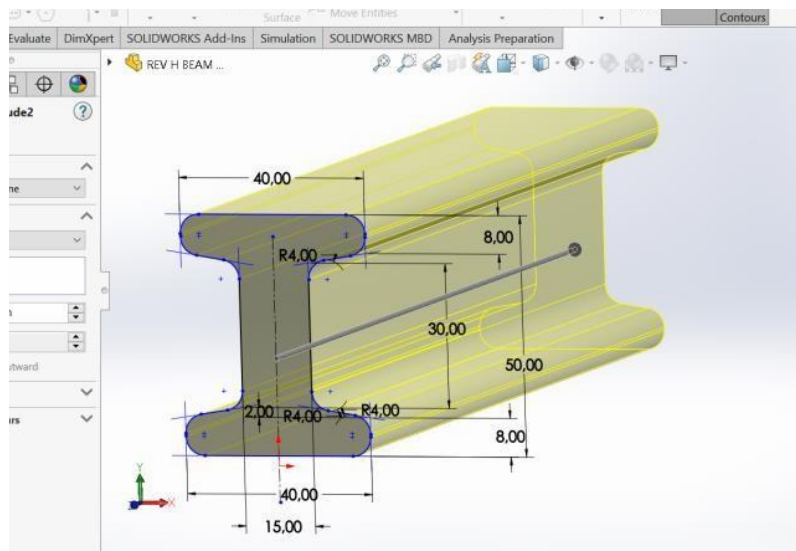
#### 2. Deskripsi

Setelah didapatkan hasil dari melakukan langkah awal diatas, maka selanjutnya membuat pembahasan atau deskripsi yang berkaitan dari produk yang sudah ditentukan dan akan dibuat. Beberapa macam kriteria yang sudah ditentukan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Hasil dari produk yang dibuat dapat dilakukan pelapisan *carbon fiber*
- b. Produk yang telah dibuat dapat diuji dengan pengujian bending

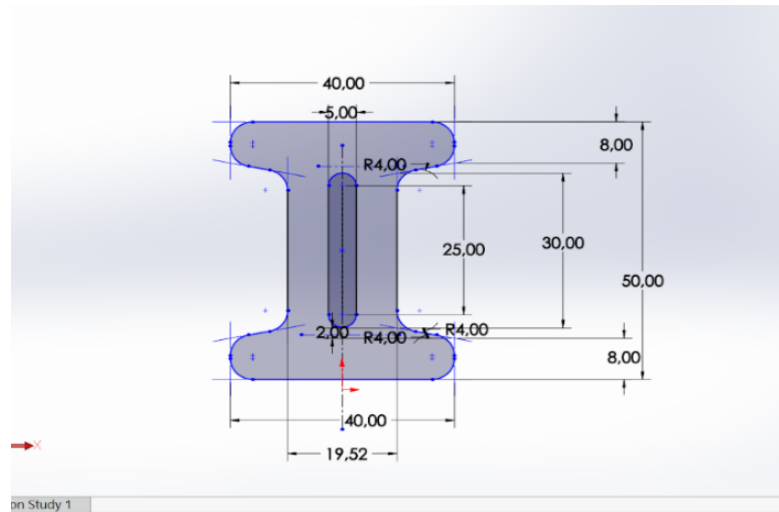
### 3.4 Proses Design di Solidwork

Tahap pertama diawali dengan pembuatan *design* yang telah ada dan memodifikasi *design* tersebut yang dilakukan didalam Solidwork seperti pada Gambar 3 – 1 ini dengan menggunakan komputer yang ada.



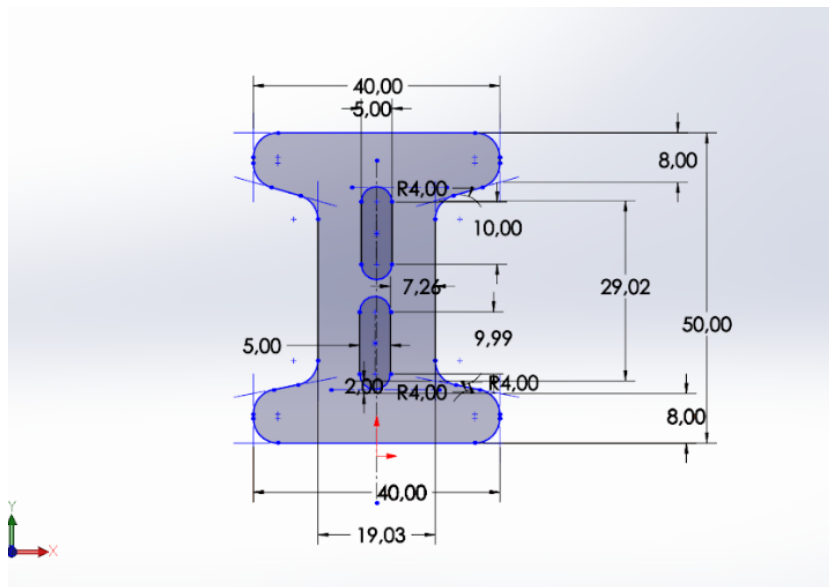
Gambar 3 - 1 Design H Beam A1

Pada design A2 dilakukan perubahan dengan menambahkan satu lubang panjang *vertical* ditengah seperti gambar 3 - 2 di bawah. dengan panjang, lebar, dan tinggi yang sama dengan A1. Massa yang terdapat pada A2 juga disamakan dengan massa pada A1.



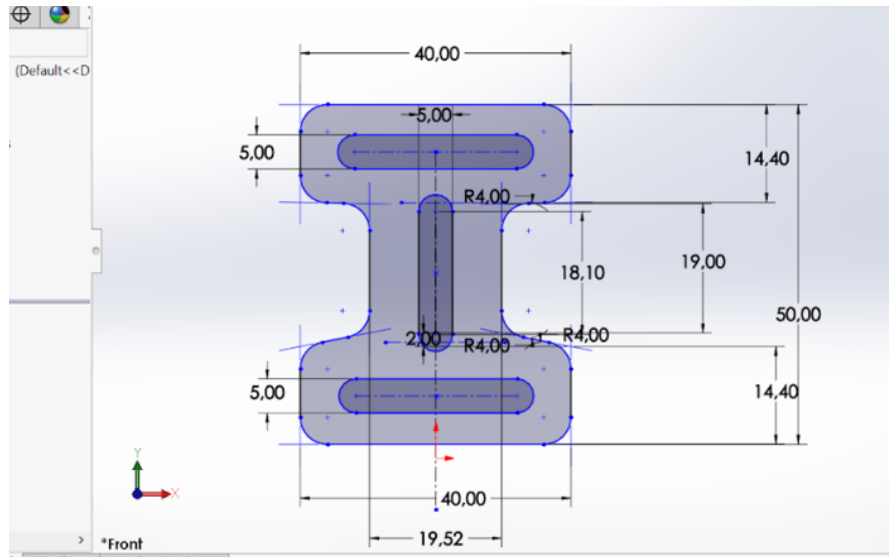
Gambar 3 - 2 Gambar H Beam A2

Cukup sama dengan design A2, design A3 yang dibuat pada gambar 3 - 3 juga menambahkan lubang *vertical* ditengah. Tapi untuk design A3 memiliki 2 lubang yang sama ditengah.



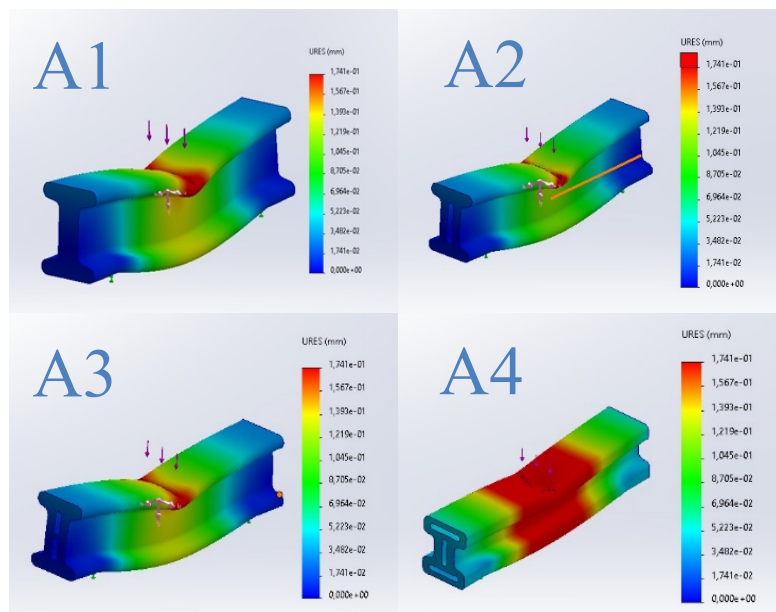
Gambar 3 - 3 Gambar H Beam A3

Design A4 yang paling berbeda dari *design* sebelumnya, tidak hanya menambahkan lubang *vertical* ditengah H Beam juga menambahkan lubang yang *horizontal* dibagian atas dan bawah H Beam seperti gambar 3 - 4 dibawah.

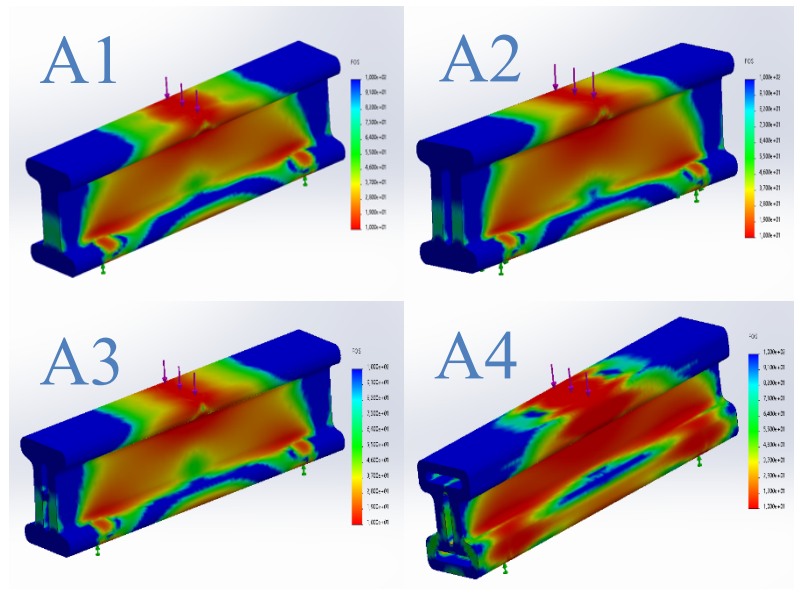


Gambar 3 - 4 Gambar H Beam A4

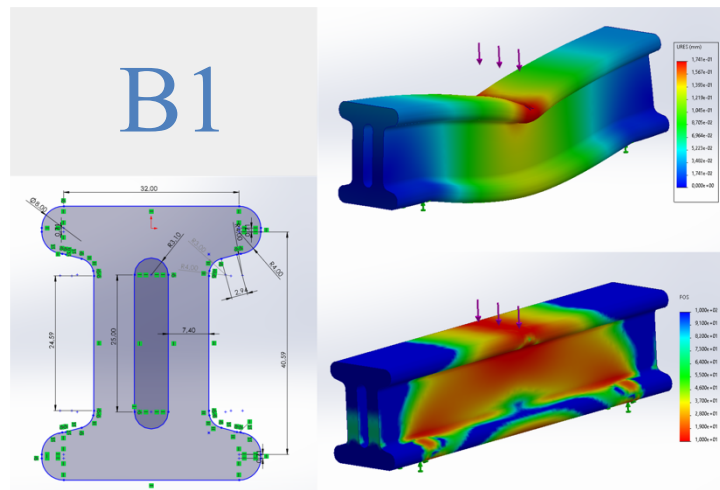
Dari ke 4 *design* tersebut dicarilah mana *design* terbaik dengan melihat beberapa parameter seperti displacement dan *factor of safety* yang di ujikan di solidwork. Setelah pengujian, pada gambar 3 - 5 dibawah, displacement yang terbaik didapatkan pada design A2.



Setelah pengujian untuk *factor of safety*, terlihat dari gambar 3 - 6 yang terbaik juga di dapatkan dari design A2. Maka dari itu design yang dipilih untuk dikembangkan lagi yaitu design A2.



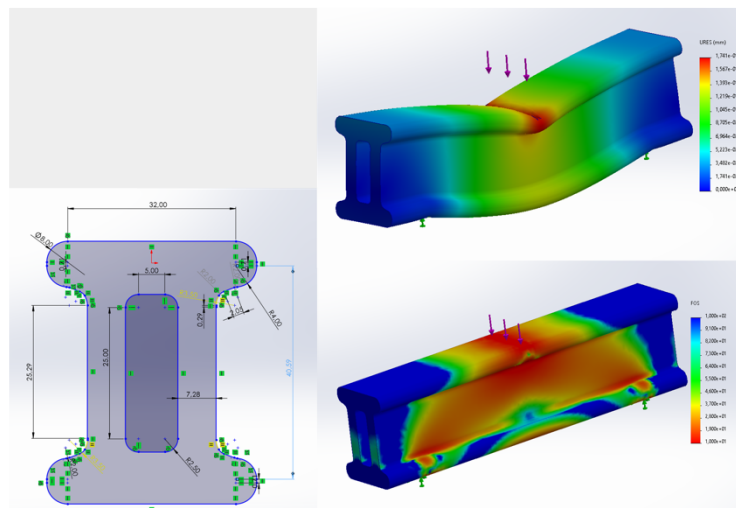
Setelah didapatkan *design A2* yang terbaik, dilakukannya pengembangan *design* lagi untuk mencari lagi yang terbaik dari *design - design* tersebut. Ada tiga *design* yang dibuat dan dilakukan juga pengujian yang sama. Untuk *design B1* di tunjukan pada gambar 3 - 7 dibawah ini.



Gambar 3 - 7 Hasil Pengujian B1

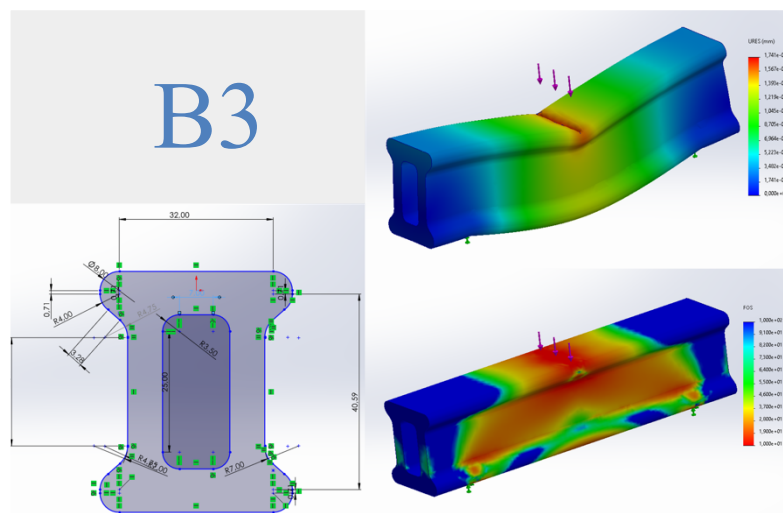
Untuk *design B2* pada gambar 3 - 8 yang di modifikasi pada lubang yang dilebarkan ke samping pada tengah H Beam.

B2



Gambar 3 - 8 Hasil Pengujian B2

Sama seperti *design* B2, *design* B3 pada gambar 3 - 9 dilakukan pelebaran lagi dari *design* B2. Setelah dilakukan pengujian pada solidwork dilihat dari displacement dan factor of safety yang ada, untuk *design* yang terbaik di tetapkan di *design* B2.



Gambar 3 - 9 Hasil Pengujian B3

### 3.5 Proses Pencetakan spesimen

Pada tahap ini pada gambar 3 - 10 yang dilakukan adalah pencetakan design dari Solidwork menggunakan mesin 3D Print.



Gambar 3 - 10 Pencetakan Spesimen

### 3.6 Proses Pelapisan karbon

Pada proses ini, dari 6 spesimen yang ada dilakukan pelapisan pada 3 spesimen yang telah di buat dengan serat karbon. Pada pelapisan ini menggunakan metode *vacuum compression*.

#### 3.6.1 Penempelan Serat Karbon

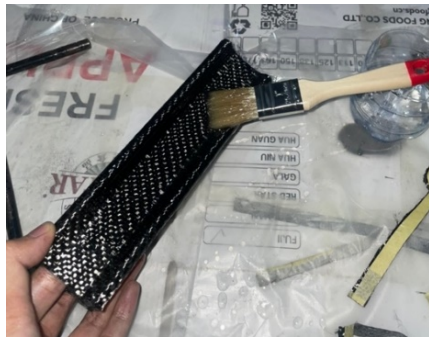
Pada Tahap ini, serat karbon di tempelkan pada spesimen yang sebelumnya di semprotkan dengan *spray adhesive* pada bagian serat karbon. Setelah itu di ratakan permukaan dari serat karbon dengan ditekan sampai rata seperti yang ada di gambar 3 - 11.



Gambar 3 - 11 Penempelan serat karbon

### 3.6.2 Pelapisan Resin

Setelah penempelan serat karbon pada sepsimen pada tahap sebelumnya. Seperti pada gambar 3 - 12 dilakukan pelapisan resin epoxy yang telah di campur dengan *hardener* pada spesimen.



Gambar 3 - 12 Pelapisan Resin

### 3.6.3 Pelapisan Polyester peel ply dan Kain Breather

Proses selanjutnya, setelah pelapisan resin pada spesimen. *Polyester peel ply* dan kain *breather* dilapisan diatas resin sebelum dilakukan proses *vacuum* seperti pada gambar 3 - 13.



Gambar 3 - 13 Pelapisan *Polyester Peel Ply* dan Kain *Breather*

### 3.6.4 Vacuum Compression

Setelah proses pelapisan dengan *polyester peel ply* dan kain *breather*. Dilakukan proses *vacuum compression* pada spesimen seperti pada gambar 3 - 14. Proses ini dilakukan hingga 12 jam sampai spesimen kering.



Gambar 3 - 14 Proses Vacuum Compression

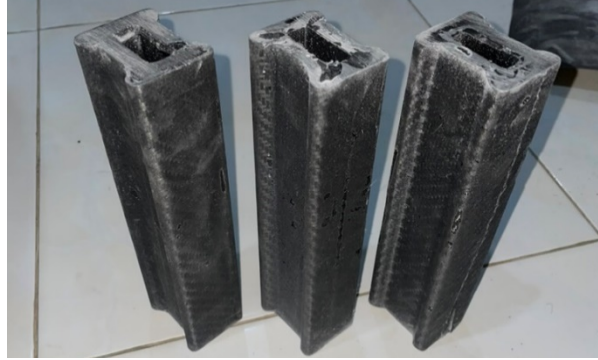
Setelah menunggu kurang lebih 12 jam dan spesimen kering, dilakukan proses pelepasan *polyester peel ply* dan kain *breather* menggunakan tang jepit seperti pada gambar 3 - 15.



Gambar 3 - 15 Proses Pelepasan Polyester peel ply dan kain Breather

### 3.6.5 Meratakan Spesimen

Setelah proses pelepasan *polyester peel ply* dan kain *breather* yang dilakukan pada tahanan sebelumnya. Terdapat resin yang belum rata di beberapa bagian spesimen. Dilakukanlah perataan resin tersebut dengan menggunakan amplas kasar dan halus dengan hasil seperti pada gambar 3 - 16.



Gambar 3 - 16 Hasil Pengamplasan

### 3.7 Proses Pengujian Bending

Pada proses ini, dilakukan pengujian bending menggunakan alat uji bending untuk mendapatkan hasil  $P_{max}$ , Defleksi, dan Tegangan bending pada ke 6 spesimen. Adapun contoh salah satu spesimen yang dilakukan uji bending pada gambar 3 - 17.



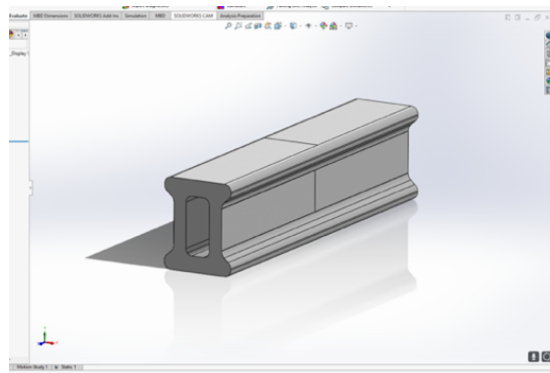
Gambar 3 - 17 Proses Uji Bending

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Desain**

Seperti yang terlihat pada gambar 4 - 1, Dari pemilihan *design* dan pengujian di solidwork di tetapkan bahwa design dari B2 ini yang di tetapkan untuk di jadikan *design final* dan yang akan dicetak.



Gambar 4 - 1 Hasil Design

#### **4.2 Hasil Produk**

Produk yang di cetak dari design yang telah di pilih ada enam, yang nantinya tiga dari enam produk tersebut di lapiasi dengan carbon fiber seperti pada gambar 4 - 2 dibawah.



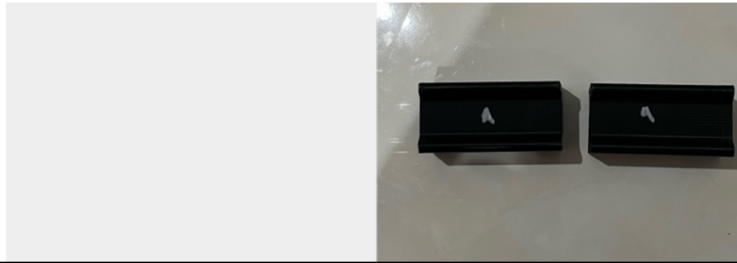
Gambar 4 - 2 Hasil Pencetakan Spesimen

### 4.3 Hasil Pengujian Bending

Dari hasil pengujian bending yang telah dilakukan, dari ke 6 spesimen yang diuji hanya 1 spesimen yang tidak terbelah menjadi dua seperti pada gambar 4 - 3 di bawah. Spesimen yang tidak terbelah menjadi dua yaitu spesimen No. 2 atau *Komposit Sandwich 2* yang dilapisi dengan karbon. Adapun gambar 4 - 4 dan gambar 4 - 4 dari hasil pengujian bending sebagai berikut.



Gambar 4 - 3 Hasil Komposit Sandwich Setelah Uji Bending

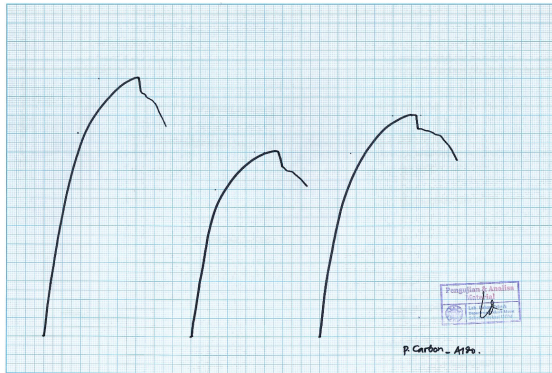


No	Variasi spesimen	Pmax (KN)	Defleksi (mm)	Tegangan Bending (Mpa)
1	Inti 1	17,87	3,31	77,42
2	Inti 2	19,24	4,03	83,35
3	Inti 3	18,48	3,65	80,06
4	Komposit sandwich 1	28,28	5,85	122,52
5	Komposit sandwich 2	20,76	4,77	89,94
6	Komposit sandwich 3	24,64	5,46	106,75

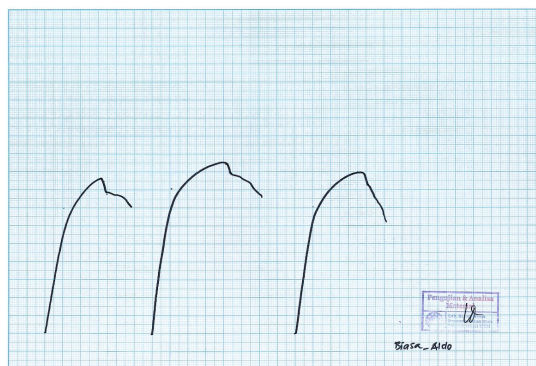
Dari hasil pengujian yang dilakukan juga di dapatkan Pmax, Defleksi, dan Tegangan bending serta grafik dari ke 6 spesimen. Adapaun tabel 4 - 1 dan juga grafik 4 - 5 dan grafik 4 - 6 yang di dapatkan dari pengujian bending yang telah di lakukan.

**Tabel 4 - 1 Hasil Pengujian Bending**

Dari hasil tabel dan grafik yang di dapat dari pengujian bending yang telah di lakukan. Didapatkan hasil Pmax terbesar dari Komposit sandwich 2 dengan angka 28,28 KN. adapun defleksi terbesar juga dari Komposit sandwich 2 dengan angka 5,85 mm. Hasi tegangann bending yang terbesar juga di dapatkan dari Komposit sandwich 2 dengan angka 122,52 Mpa.



Gambar 4 - 5 Grafik Hasil Uji Bending Carbon



Gambar 4 - 6 Grafik Hasil Uji Bending Biasa

#### 4.4 Analisis dan Pembahasan

Dari data hasil yang telah di dapatkan sebelumnya, dilakukan perhitungan untuk mencari kekakuan banding dan kekakuan banding spesifik dengan rumus sebagai berikut.

- Kekakuan Banding
  
- Kekakuan Banding Spesifik

Dari rumus kekuatan banding dan kekakuan banding spesifik yang telah di hitung sebelumnya di dapatkanlah tabel 4 - 2 sebagai berikut:

**Tabel 4 - 2 Hasil Perhitungan Kekakuan Bending dan Bending Spesifik**

No	Variasi Spesimen	Kekakuan Bending	Kekakuan Bending Spesifik
		D	D/W
		N.mm <sup>2</sup>	N.mm <sup>2</sup> /g
1	Inti 1	379.602.530	1.567.763
2	Inti 2	335.685.483	1.386.385
3	Inti 3	355.993.150	1.470.256
4	Komposit sandwich 1	339.903.846	1.151.435
5	Komposit sandwich 2	306.014.150	1.036.633
6	Komposit sandwich 3	317.307.692	1.074.890

Dari Perhitungan yang telah di lakukan didapatkanlah hasil kekakuan bending terbesar di dapatkan dari spesimen inti 1 dengan angka 37.902.530,21 N.mm<sup>2</sup>. Adapun kekuatan bending spesifik yang terbesar di dapakan juga dari speseimen inti 1 dengan angka 1.567.763,31 N.mm<sup>2</sup>/g.

Setelah itu dari grafik yang didapatkan dari pengujian bending yang telah di lakukan di cari P yield dan Defleksi yield nya. Adapaun tabel 4 - 3 merupakan hasil P yield dan Defleksi Yield dari grafik sebagai berikut:

**Tabel 4 - 3 P yield dan Defleksi yield**

No	Variasi Spesimen	P yield	Defleksi yield
1	Inti 1	13,71	1
2	Inti 2	13,97	0,75
3	Inti 3	12,89	0,75
4	Komposit sandwich 1	21,59	1,93
5	Komposit sandwich 2	14,21	0,9
6	Komposit sandwich 3	14,85	0,95

Dari tabel 4 - 3 diatas didapatkan hasil P yield terbsar dari Komposit sandwich 1 dengan angka 21,59. Adapun defkelsi yield terbesar juga di dapatkan dari Komposit sandwich 1 dengan angka 1,93.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan proses pembuatan sampai hasil penelitian dan juga pembahasan diatas, disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat 6 spesimen H Beam dan 3 dari spesimen dilapis carbon dengan metode vacuum.
2. Dari hasil data yang di dapat, perancangan H Beam dengan 3D print dan di lapis dengan serat carbon lebih kuat dari yang tidak di lapis carbon. Pmax, defleksi, tegangan banding, kekakuan banding spesifik yang dihasilkan menunjukkan jika 3 spesimen yang dilapisi dengan serat carbon mendapatkan angka yang lebih tinggi dari yang tidak dilapisi dengan carbon.
3. Dengan pembuatan H Beam menggunakan 3D print memudahkan untuk membuat bentuk yang kompleks. Juga memberi kebebasan dalam membuat bentuk lengkung ataupun yang lain dari H Beam tersebut.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

Berdasarkan proses pembuatan sampai hasil penelitian dan juga pembahasan diatas, terdapat beberapa saran untuk peneliti selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Dari proses dan penelitain ini masih banyak terdapat kekurangan yang mungkin dapat dihindari dan dilakukan penyempurnaan pada penelitan selanjutnya.
2. Dalam proses skinning carbon dengan metode vacuum dapat dilakukan evaluasi lagi, termasuk penyesuaian dalam jumlah resin yang dipakai untuk pelapisan carbon ke H Beam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman, K., Satrio, T., Muzayadah, N. L., & Teten. (2018). A comparison process between hand lay-up, vacuum infusion and vacuum bagging method toward e-glass EW 185/lycal composites. *Journal of Physics: Conference Series*, 1130(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1130/1/012018>
- Agung Prayoga. (2018). 6330-14078-1-PB. *PENGARUH KETEBALAN SKIN TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN TARIK KOMPOSIT SANDWICH DENGAN HONEYCOMB POLYPROPYLENE SEBAGAI CORE*, 18, 23–28. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jrm>
- Anggraini, H. D. (2023). *Peran Teknologi 3D Printing dalam Manufaktur Komponen Mesin*.
- besisby. (2021, February 24). *Jual Besi H Beam Surabaya: Pengertian, Fungsi Dan Jenis-Jenis Besi H Beam*. Besisby. <https://besisby.com/besi-h-beam/>
- Eiril Obeit. (2022, October 19). *Carbon Fiber, Apakah Benar Lebih Kuat dari Besi dan Baja?* Otoklix. <https://otoklix.com/blog/carbon-fiber/>
- Firmansyah. (2020, June 11). *Bending Test : Pengertian, Jenis, Prosedur dan Acceptancenya*. Detech.
- Yudha Izma Adriansyah. (2021). *ANALISIS UJI BENDING KOMPOSIT SANDWICH YANG DIGABUNGGAN 3D PRINTING*.