

**PENGARUH TEKSTUR PERMUKAAN *CORE* TERHADAP  
KEKUATAN IKATAN KOMPOSIT *SANDWICH CORE 3D*  
*PRINTING***

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Ahsanul Zikri**

**No. Mahasiswa : 17525108**

**NIRM 1707240027**

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

**2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya Dengan ini saya yang bertanda tangan dibawah ini, Ahsanul Zikri selaku penulis Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Tekstur Permukaan Core Terhadap Kekuatan Ikatan Komposit Sandwich Core 3D Printing” menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari karya tulis yang dibuat oleh 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 yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 11 Mei 2022



Ahsanul Zikri

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

### PENGARUH TEKSTUR PERMUKAAN *CORE* TERHADAP KEKUATAN IKATAN KOMPOSIT SANDWICH *CORE 3D* *PRINT*

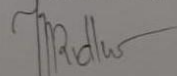
#### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Ahsanul Zikri  
No. Mahasiswa : 17525108  
NIRM : 1707249027

Yogyakarta, 9 / April / 2022

Pembimbing,



Muhammad Ridwan S.T., M.T

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PENGARUH TEKSTUR PERMUKAAN *CORE* TERHADAP  
KEKUATAN IKATAN KOMPOSIT *SANDWICH CORE 3D*  
*PRINTING***

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Ahsanul Zikri**


**No. Mahasiswa : 17525108**

**NIRM 1707240027**

**Tim Penguji**


Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.

Ketua

  
Tanggal : 10/05/2022


Dr.Muhammad Khafidh, ST, M.T.

Anggota I

  
Tanggal : 10 Mei 2022

Arif Budi Wicaksono, ST., M.Eng.


Anggota II

  
Tanggal : 29 April 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



  
Dr. Eng. B. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

Orang tua saya Bapak Rahim Mulya dan Ibu Fitria Dewi yang telah memberikan nasehat dan doa yang tulus kepada saya sampai penulisan tugas akhir ini selesai.

Kakak saya Bayu Khairul Akhilar, adik saya yang pertama Hana Safira, adik saya yang kedua Amorita Azzah, dan adik saya yang ketiga Imam Habibi yang selalu memberi semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.

## **HALAMAN MOTTO**

“Tanpa tindakan, pengetahuan tidak ada gunanya dan pengetahuan tanpa tindakan  
itu sia-sia”

(Abu Bakar Asshidiq)

“Hidup bukanlah tentang ‘Aku Bisa Saja’, namun tentang ‘Aku Mencoba’,  
Jangan pikirkan tentang kegagalan, itu adalah pelajaran”

(Ir. Soekarno)

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

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis haturkan atas ke hadirat Allah SWT. Yang mana berkat rahmat dan Ridho serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul penelitian “Pengaruh tekstur permukaan *core* terhadap kekuatan ikatan komposit *sandwich core 3D printing*”.

Selama pembuatan dan penulisan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dukungan, kritik, saran dan pengarahan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan skripsi ini. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada.

1. Allah SWT tuhan semesta alam yang telah memberikan nikmat kepada kita dengan begitu banyak.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
3. Bapak Dr.Eng. Risdiyono, S.T, M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua, apa dan ama terima kasih banyak atas doa yang tak pernah berhenti mengiringi setiap langkah, semangat, motivasi, dukungan baik secara moral maupun material.
6. Seluruh Dosen Prodi Teknik Mesin yang telah mendidik, mengajarkan banyak ilmu pengetahuan tentang teknik mesin.
7. Teman seperjuangan Abdi Haritz Pratama “ngab doy”, David Yade Hinanda Putra “ngab dapid”, Rio Ari Sandika “ngab Slamet”, Reezcky Noer Alamsyah “ngab Ale”, Kemal Ali “ngab Skrilex” yang sudah mau membantu dalam pengerjaan skripsi.
8. Teman-teman Kontrakan squad atas semangatnya selama perkuliahan ini berlangsung.

9. Untuk orang terdekat saya Intan Tri Hasmi yang selalu memberi doa dan semangat kepada saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
10. Teruntuk semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terimakasih karena telah banyak membantu penulis selama pelaksanaan tugas akhir ini, semoga kebaikan kalian mendapatkan imbalan dari Allah SWT.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan, maka dari itu penulis mengharap kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi ini. Senoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 2022

Ahsanul Zikri



## ABSTRACT

*Sandwich composite is a composite material consisting of a core covered by 2 skins located at the bottom and top of the core. In this study, fiberglass skin, PLA core were used and glued using WNC2668 resin using the vacuum infusion method. In this study, researchers compared the effect of adding core surface texture between specimens using ASTM D790 and ASTM C393 standards. The core is made using a 3D Printing machine with PLA (Poly-lactic Acid) 20% infill and gyroid pattern fill. This study uses bending testing to determine the stiffness value of each test specimen. The bending test was carried out at the Engineering Materials Laboratory, Gadjah Mada University. Based on the bending test that has been carried out, it shows that the specimen with the highest stiffness value is 3D Printing + tread plate texture, which is 32.902.582,2 Nmm<sup>2</sup>, and the highest bending stress value is 77,53 MPa on 3DP specimen + tread plate texture. The results of the comparison of specific bending stiffness on the 3DP specimen + tread plate texture (ASTM C393) were 1.7 x higher than the 10 mm core (ASTM D790). The results of the comparison of the specific bending stiffness of 3 layers of skin also show that 3DP + tread plate texture (ASTM C393) is 2.28 x higher than 3 layers of skin (ASTM D790).*

*Keywords: Sandwich Composite, Surface texture, Vacuum Infusion, Bending Testing*

## ABSTRAK

Komposit *Sandwich* merupakan material komposit yang terdiri dari *core* yang dilapisi oleh 2 *skin* yang terletak pada bagian atas dan bawah *core*. Pada penelitian ini menggunakan *skin fiberglass*, *core* PLA dan direkatkan menggunakan resin wnc2668 dengan metode *vacuum infusion*. Pada penelitian ini peneliti membandingkan pengaruh penambahan tekstur permukaan *core*, antara spesimen yang menggunakan standar ASTM D790 dan ASTM C393. *Core* dibuat menggunakan mesin *3D Printing* dengan bahan PLA (*Poly-lactic Acid*) *infill* 20% dan *fill pattern gyroid*. Penelitian ini menggunakan pengujian *bending* untuk mengetahui nilai kekakuan pada masing – masing spesimen uji. Pengujian *bending* dilakukan di Laboraturim Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada. Berdasarkan pengujian *bending* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa spesimen dengan nilai kekakuan tertinggi adalah *3D Printing* + tekstur *tread plate* yaitu 32.902.582,2 Nmm<sup>2</sup>, dan nilai tegangan *bending* tertinggi 77,35 MPa pada spesimen 3DP + tekstur *tread plate* dengan kode spesimen B2. Hasil perbandingan kekakuan *bending* spesifik pada spesimen 3DP + tekstur *tread plate* (ASTM C393) lebih tinggi 1,7 x jika dibandingkan dengan *core* 10 mm (ASTM D790). Hasil perbandingan kekakuan *bending* spesifik 3 lapis *skin* juga menunjukkan bahwa 3DP + tekstur *tread plate* (ASTM C393) lebih tinggi 2,28 x jika dibandingkan dengan 3 lapis *skin* (ASTM D790).

Kata kunci: *Komposit sandwich*, Tekstur permukaan , *Vacuum Infusion*, Pengujian *Bending*.

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iii
Halaman Persembahan .....	iv
Halaman Motto .....	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vi
Abstract.....	viii
abstrak.....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Notasi.....	xv
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 Komposit.....	6
2.3 Komposit <i>Sandwich</i> .....	6
2.3.1 <i>Core</i> .....	6
2.3.2 <i>Skin (Fiberglass)</i> .....	7
2.4 <i>3D Printing</i> .....	8
2.5 <i>Vacuum infusion</i> .....	8
2.6 Pengujian Bending.....	9
2.7 Modus Kegagalan Komposit <i>Sandwich</i> .....	12
Bab 3 Metode Penelitian.....	13

3.1	Alur Penelitian .....	13
3.2	Peralatan dan Bahan.....	14
3.3	Dimensi Spesimen <i>Bending</i> .....	19
3.4	Komposisi Komposit <i>Sandwich</i> .....	21
3.5	Proses Pengerjaan .....	21
3.5.1	Pembuatan <i>Core</i> Dengan Mesin 3D Printing .....	21
3.5.2	Proses <i>Vacuum Infusion</i> .....	22
3.5.3	Hasil Setelah <i>Vacuum Infusion</i> .....	24
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	26
4.1	Pengujian <i>Bending</i> .....	26
4.2	Hasil Spesimen Pengujian Bending.....	26
4.2.1	Hasil Uji Bending Spesimen.....	28
4.3	Analisis dan Pembahasan.....	28
4.3.1	Analisis Modus Kegagalan Pada Spesimen Komposit <i>Sandwich</i> ..	28
4.3.2	Analisis Modus Kegagalan Pada Spesimen Tanpa <i>Skin</i> .....	29
4.4	Perhitungan .....	29
4.5	Pembahasan .....	31
4.5.1	Tegangan <i>Bending</i> .....	31
4.5.2	Kekakuan Bending .....	31
4.5.3	Analisis Perbandingan Kekakuan Bending Pada <i>Core</i> 10 mm dan <i>Skin</i> 3 Lapis .....	32
Bab 5	Penutup.....	34
5.1	Kesimpulan .....	34
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	34
Daftar Pustaka	.....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 4- 1 Perbandingan Berat, Lebar dan Tebal Setelah Vakum .....	27
Tabel 4- 2 Hasil Pengujian Bending.....	28
Tabel 4- 3 Hasil Perhitungan Bending .....	30
Tabel 4- 4 Kekakuan Bending Spesifik.....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komposisi komposit .....	6
Gambar 2. 2 <i>Core gyroid</i> .....	7
Gambar 2. 3 Serat <i>Fiber glass</i> .....	7
Gambar 2. 4 Mesin 3D Printing.....	8
Gambar 2. 5 Skema <i>Vacuum Infusion</i> .....	9
Gambar 2. 6 <i>Universal Testing Machine</i> .....	9
Gambar 2. 7 Proses <i>Three Point Bending</i> .....	10
Gambar 2. 8 Jenis-jenis Kegagalan Pada <i>Skin Komposit Sandwich</i> .....	12
Gambar 2. 9 Jenis-jenis Kegagalan Pada <i>Core Komposit Sandwich</i> .....	12
Gambar 3. 1 Pompa Vakum .....	14
Gambar 3. 2 Resin Trap.....	14
Gambar 3. 3 Timbangan .....	15
Gambar 3. 4 Katup Bensin .....	15
Gambar 3. 5 Plastik Vakum.....	16
Gambar 3. 6 Kain Strimin.....	16
Gambar 3. 7 Kain Peel Ply .....	17
Gambar 3. 8 Selang Resin .....	17
Gambar 3. 9 Selang Spiral .....	18
Gambar 3. 10 Resin Dan Katalis .....	18
Gambar 3. 11 <i>Butyl Tape</i> .....	19
Gambar 3. 12 PLA.....	19
Gambar 3. 13 Dimensi Spesimen Uji .....	20
Gambar 3. 14 Bentuk Tekstur Permukaan <i>Tread Plate</i> .....	20
Gambar 3. 15 Bentuk Tekstur Permukaan <i>Knurled Bump</i> .....	20
Gambar 3. 16 Komposisi Komposit <i>Sandwich</i> .....	21
Gambar 3. 17 Proses Pembuatan <i>Core</i> .....	21
Gambar 3. 18 Susunan Komposit <i>Sandwich</i> .....	22
Gambar 3. 19 Pemasangan Selang Spiral.....	22
Gambar 3. 20 Memasukkan Bahan Kedalam Plastik Vakum .....	23
Gambar 3. 21 Proses Pencampuran Resin dan Katalis .....	23

Gambar 3. 22 Proses <i>Vacuum Infusion</i> .....	24
Gambar 3. 23 Hasil Setelah <i>Vacuum Infusion</i> .....	24
Gambar 4. 1 Proses <i>3 point bending</i> .....	26
Gambar 4. 2 Spesimen Uji Setelah Pengujian Bending .....	27
Gambar 4. 3 Spesimen Komposit <i>Sandwich</i> .....	28
Gambar 4. 4 Hasil Uji Spesimen Tanpa <i>Skin</i> .....	29
Gambar 4. 5 Grafik Tegangan Bending.....	31
Gambar 4. 6 Grafik Kekakuan Bending .....	31

## DAFTAR NOTASI

$\sigma_b$  = Tegangan Bending maksimal (MPa)

$E_b$  = Modulus elastisitas bending

(MPa)  $P$  = Beban maksimal (N)

$L$  = Jarak antara titik tumpuan (mm)

$b$  = Lebar spesimen (mm)

$t$  = tebal lapisan core (mm)

$h$  = Tebal spesimen (mm)

$\delta$  = Defleksi (mm)

$I$  = Momen inersia (mm<sup>4</sup>)

$A$  = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

$D$  = Kekakuan Bending (Nmm<sup>2</sup>)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di dunia material semakin maju, dan ketergantungan pada bahan buatan yang semakin tinggi menuntut terciptanya inovasi untuk mengembangkan material yang ringan namun tetap kuat tanpa meninggalkan aspek-aspek penting untuk terciptanya mutu kehidupan yang lebih baik. Perkembangan teknologi komposit makin serius di kembangkan. Salah satunya teknologi komposit *sandwich*.

Komposit *sandwich* adalah material yang terbentuk dari dua atau lebih material pembentuk yang memiliki sifat yang berbeda. Jika dibandingkan dengan material lain komposit *sandwich* memiliki banyak keunggulan seperti lebih ringan, kaku, dan ekonomis. Komposit *sandwich* terdiri dari 2 bagian, bagian pertama *core* dan bagian kedua terletak dibagian atas dan bawah *core* yang disebut *skin*.

Core digunakan untuk memperkuat komposit, sifat mekaniknya bisa lebih kaku, lebih kuat, dan lebih kuat dari pada tanpa core. Penelitian ini menggunakan *core* dengan *infill gyroid* dan diproduksi menggunakan alat cetak 3D *printing* sesuai standar pengujian ASTM C393.

Proses pembuatan komposit memiliki beberapa jenis pembuatan seperti hand lay-up, spray-up, *vacuum infusion*, dan *vacuum bag*. Jika dibandingkan dengan jenis pembuatan yang lain *Vacuum infusion* memiliki beberapa keunggulan, seperti penggunaan resin yang lebih efisien, mengurangi penumpukan resin yang berlebih disuatu titik, dan penyebaran resin yang merata.

Pada peneliatian sebelum nya telah dilakukan penggabungan komposit dengan 3D *printing* sebagai core akan tetapi hasil dari penggabungan sering terjadi, terpisahnya *skin* dengan *core*. Dalam penelitian ini dilakukan penggabungan antara komposit dan 3D *printing* sebagai *core* dengan memvariasikan tekstur permukaan *core*.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana melakukan proses vacuum infusion yang tepat pada spesimen uji?
2. Bagaimana pengaruh tekstur permukaan spesimen terhadap kekakuan, dan kekuatan ikatan antara *core* dengan *skin*?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Pembuatan spesimen menggunakan mesin *3D Printing* dengan *infill* 20% dan *fill pattern gyroid*.
2. Proses *Vacuum Infusion* hanya menggunakan alat-alat yang ada di Laboratorium Proses Produksi UII.
3. Tebal *core gyroid* yang digunakan yaitu 10mm dengan 3 lapis *skin fiberglass*.
4. Tekstur permukaan yang digunakan *tread plate* dan *knurled bump*.
5. Spesimen yang diuji menggunakan standar ASTM C393.
6. Penelitian ini hanya sampai pembuatan spesimen uji dan pengujian bending saja.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan ikatan antara *core (gyroid)* dengan *skin (fiberglass)*, dengan variasi tekstur permukaan *core (tread plate dan knurled bump)*, menggunakan metode *vacuum infusion* untuk mengetahui pengaruh tekstur permukaan *core* pada tiap spesimen terhadap kekakuan bending.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat setelah melakukan pengujian ini, yaitu:

1. Mengetahui bagaimana proses pembuatan komposit *sandwich* menggunakan metode *vacuum infusion*.
2. Mengetahui pengaruh tekstur permukaan pada *core* terhadap nilai kekakuan spesimen

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **BAB I Pendahuluan**

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian atau perancangan, manfaat penelitian atau perancangan, dan sistematika penulisan.

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini berisikan tinjauan pustaka mengenai dasar teori yang melandasi pembuatan skripsi.

### **BAB III Metode Penelitian**

Pada bab ini berisikan diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian, dan pengujian spesimen.

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini berisikan analisa data, hasil pengujian bending, dan penampilan grafik dan tabel.

### **BAB V Penutup**

Pada bab ini berisikan tentang Kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Penelitian terkait permukaan tekstur telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya misalnya pada penelitian (Rebelle J, 2021) yang meneliti tentang operasi pemuatan atau pembongkaran truk: Pengurangan paparan getaran seluruh tubuh pengemudi truk palet di perusahaan. Penelitian ini memiliki tujuan ganda. Yang pertama adalah mengurangi paparan getaran seluruh tubuh pekerja selama pemuatan atau pembongkaran truk. Tujuan kedua adalah untuk mengembangkan protokol uji untuk menilai ketidakrataan/kekasaran yang ditemui di sepanjang rute, sebagian besar di sekitar area dok pemuatan. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan bahwa penambahan tekstur *tread plate* pada *loading dock* menyebabkan pengurangan paparan getaran antara 30%-50% perharinya.

Penelitian selanjutnya, (Evans, 1999) meneliti tentang koefisien gesekan pada permukaan dengan menggunakan tekstur *knurled bump*. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendefinisikan permukaan “tekstur”, dan kemudian memberikan contoh tekstur permukaan tersebut untuk berbagai aplikasi. Dimana didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan tekstur *knurled bump*, maka koefisien gesekannya berkurang.

Pada penelitian (Ashfan, 2022), yang meneliti tentang ketebalan core pada komposit *sandwich* menggunakan metode *vacuum infusion* dengan pengujian bending. Pada penelitian tersebut menggunakan variasi *core* dengan ketebalan 5mm, 10mm, dan 15mm. penelitian tersebut menggunakan standar ASTM D790. Setelah dilakukan pengujian bending, didapatkan modulus kegagalan yang terjadi pada ketebalan *core* 10mm paling banyak terjadi debonding, yang menyebabkan nilai kekakuan bendingnya menjadi kecil.

Selanjutnya, (Fadhyl, 2022) yang meneliti tentang variasi *skin* pada komposit *sandwich* menggunakan metode *vacuum infusion* dengan pengujian bending. Pada penelitian tersebut menggunakan variasi *skin* yaitu 2 *skin fiberglass*, 3 *skin fiberglass*, dan 4 *skin fiberglass*. penelitian tersebut menggunakan standar

ASTM D790. Setelah dilakukan pengujian bending, didapatkan modulus kegagalan yang terjadi pada *skin* 3 lapis paling banyak terjadi *debonding*, yang menyebabkan nilai kekakuan bendingnya menjadi kecil.

Selanjutnya, (Nasmi H, 2011) melakukan penelitian untuk mengetahui nilai kekuatan uji bending dari komposit epoxy yang diperkuat dengan serat nilon. Fraksi volume komposit antara epoxy dan serat nilon adalah 40%, 50% dan 60%. Penelitian ini menggunakan spesimen dengan standar uji ASTM C 393. Hasil uji bending yang didapatkan yaitu kekuatan bending tertinggi pada variasi fraksi volume 60% yaitu sebesar 57,95 MPa.

Pada penelitian (Dhien, 2015) meneliti tentang pengaruh rasio resin dan hardener. Peneliti menggunakan perbandingan 50:50%, 60:40%, 70:30%, 80:30%. Setelah pengujian impak dilakukan, didapatkan hasil bahwa nilai perbandingan resin dan hardener yang paling tinggi yaitu pada perbandingan 60:40%. Pada penelitian kali ini, peneliti coba menggunakan perbandingan resin 60:40%, akan tetapi setelah menggunakan perbandingan 60:40%, cairan resin terlalu cepat mengeras yang mengakibatkan resin tidak menyebar secara sempurna. Maka peneliti mencoba berbagai macam trial and error. Dan didapatkan hasil terbaik pada perbandingan resin dan katalis yaitu 100:1.

Pada penelitian (Juraka D, 2021) meneliti tentang analisis perilaku sampel 3D yang dicetak oleh FFF/FDM teknologi di bawah tekanan *bending* dengan fokus pada *infill*. peneliti menggunakan perbandingan *infill rectilinear pattern*, *gyroid pattern*, dan *honeycomb pattern*. Setelah pengujian bending dilakukan, terdapat bahwa tegangan bending *infill honeycomb* yang paling tinggi dari *infill* yang lain, akan tetapi pada *infill honeycomb* tidak bisa untuk proses pencetakan miring. Sedangkan untuk *infill gyroid* tegangan bendingnya yang paling tinggi setelah *honeycomb* bisa dicetak miring sehingga tidak merusak bentuk permukaan *core*.

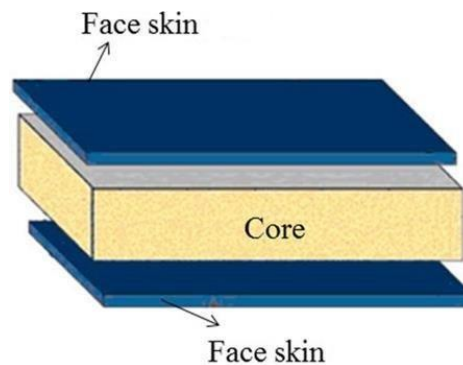
Perbedaan pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap pengaruh permukaan tekstur *core* terhadap kekuatan bending. Tekstur permukaan *core* yang digunakan adalah *Knurled bump* dan *tread plate*. Dengan menggunakan infill 20% dan *core* nya menggunakan jenis *gyroid*. Metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI), dan spesimen menggunakan standar ASTM C 393 untuk pengujian bending.

## 2.2 Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent* (Nurun, 2013).

## 2.3 Komposit *Sandwich*

Ada berbagai macam jenis komposit dan salah satunya adalah komposit *sandwich* yang merupakan salah satu dari jenis komposit yang komponennya tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari *flat composite* sebagai *skin* dan *core* di bagian tengahnya.(steeves, 2004).

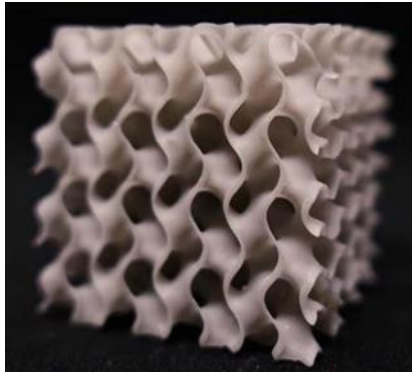


Gambar 2. 1 Komposisi komposit

### 2.3.1 *Core*

*Core* adalah bagian inti dari komposit *sandwich*, bagian ini harus cukup kaku agar jarak antar permukaan terjaga. Dengan kekakuannya, *core* mampu menahan beban geser agar tidak terjadi slide antar permukaan.

Pada penelitian (pranav, 2020) melakukan uji kekuatan tarik pada pola pengisi *gyroid*. Dan dalam penelitian ini didapat bahwa pengisi *gyroid* membutuhkan lebih sedikit waktu untuk mencetak dan menggunakan lebih sedikit filamen sambil memberikan peningkatan kekuatan model.



Gambar 2. 2 *Core gyroid*

Pada penelitian ini menggunakan *core gyroid* merupakan solusi dalam proses pencetakan tekstur permukaan *core*, agar tekstur yang sudah didesain tidak mengalami kegagalan cetak.

### **2.3.2 *Skin (Fiberglass)***

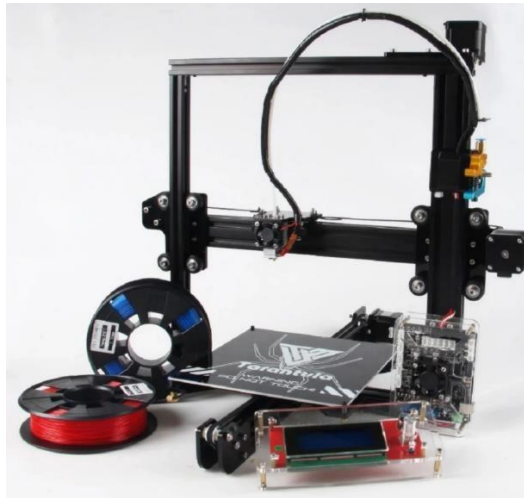
Serat kaca (*Fiber glass*) merupakan merupakan material yang terdiri dari jaringan silica. Kaynak (2001) menyebutkan ada empat klasifikasi kaca yang digunakan secara komersial, diantaranya alkali tinggi (soda-lime-silica : A glass), electrical grade (calcium aluminoboro-silicate dengan alkali oxide rendah : E glass), chemicallyresistant modified E glass grade (dengan kalsium alumino silikat : ECR glass), high strength grade (dengan magnesium alumino silikat tanpa boronoksida: S glass). Dari keempat jenis fiber glass yang ada, jenis E glass merupakan jenis yang paling banyak digunakan meskipun S glass memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas paling tinggi.



Gambar 2. 3 Serat *Fiber glass*

## 2.4 3D Printing

Aplikasi teknologi *printing* ini banyak digunakan terutama untuk membuat purwa rupa (prototype) pada industri telepon genggam, jewellery, penerbangan, otomotif, sepatu, desain industri, arsitektur, konstruksi, dental, industri medis, pendidikan, teknik sipil dan lainnya. Dengan memanfaatkan teknologi ini perancang akan dengan cepat mewujudkan kreasinya menjadi obyek 3D, sehingga segera dapat dianalisa kelayakan suatu produk seperti ergonomi dan lainnya (Briliantika, 2019).



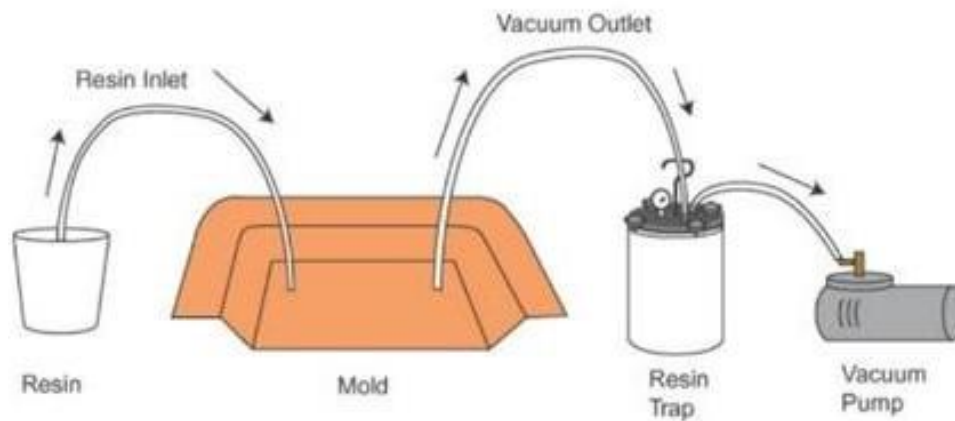
Gambar 2. 4 Mesin 3D Printing

Pada Gambar diatas menunjukkan gambar mesin 3D *Printing* yang digunakan untuk pembuatan *core* spesimen uji bending dengan standar ASTM C393. Spesimen uji dicetak menggunakan material Polyactic Acid (PLA), dengan fill pattern berbentuk *gyroid* dan menggunakan *infill* sebesar 20%.

## 2.5 Vacuum infusion

*Vacuum infusion* ialah proses pembuatan produk komposit dengan memanfaatkan kevakuman udara dalam cetakan. *Vacuum infusion* terdiri dari selang masuk resin, selang keluar resin, tabung *reservoir*, *bagging film*, pompa vakum dan cetakan. Pada proses pembuatan *vacuum infusion* resin masuk dalam cetakan akibat adanya perbedaan tekanan udara luar dan dalam cetakan. *Vacuum gauge* digunakan untuk mengetahui besar tekanan pada cetakan sehingga laju aliran dapat di control (Salamun, 2017).





Gambar 2. 5 Skema *Vacuum Infusion*

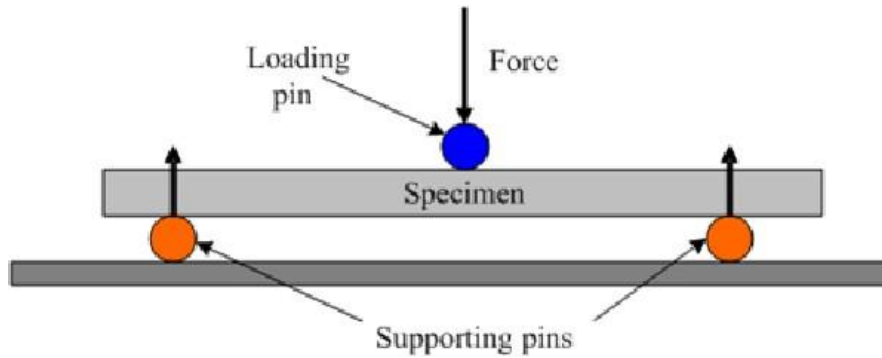
## 2.6 Pengujian Bending

Uji bending merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Proses pembebanan menggunakan mandrel atau pendorong yang dimensinya telah ditentukan untuk memaksa bagian tengah bahan uji atau spesimen tertekuk diantara dua penyangga yang dipisahkan oleh jarak yang telah ditentukan. (Firmansyah, 2020).



Gambar 2. 6 *Universal Testing Machine*

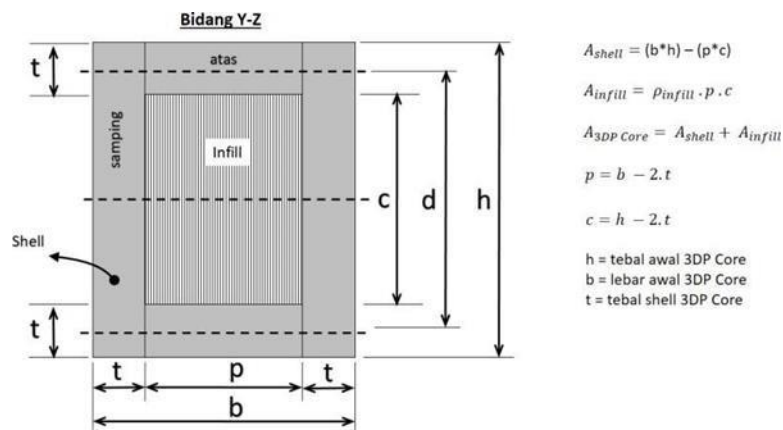
Three point bending adalah pengujian dengan menggunakan 2 tumpuan dan 1 penekan



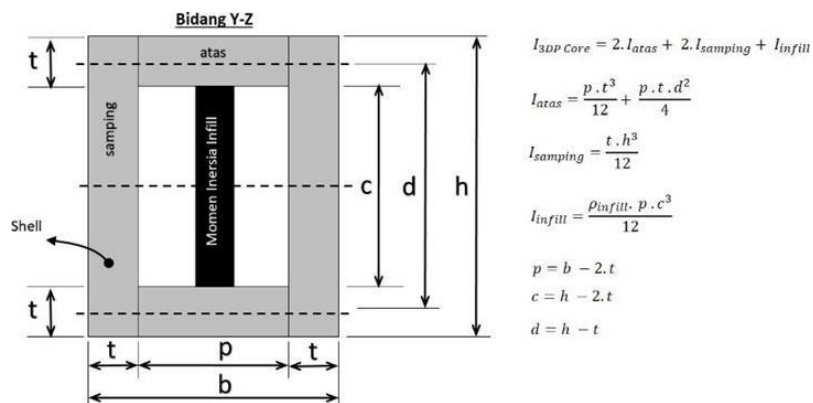
Gambar 2. 7 Proses *Three Point Bending*

Sehingga untuk menghitung kekuatan bending dirumuskan sebagai berikut:

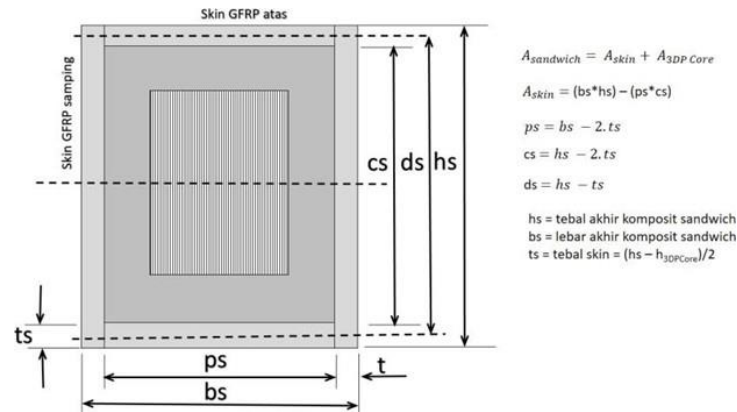
1. Luas Penampang spesimen *3Dprinting*



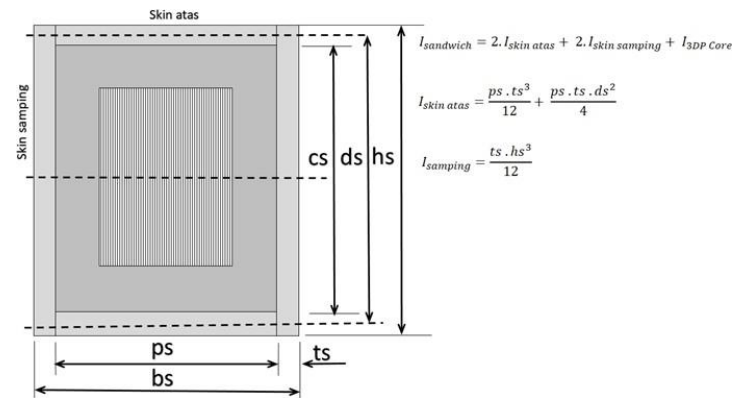
2. Momen Inersia *3D printing*



### 3. Luas Penampang spesimen Sandwich



### 4. Momen Inersia Sandwich



### 5. Modulus Elastisitas

$$E_b = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot \delta \cdot I_{sandwich}}$$

### 6. Kekakuan Bending

$$D = E_b \cdot I$$

Keterangan rumus:

$E_b$  = Modulus elastisitas bending (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban yang diberikan (N)

L = jarak point (mm)

b = lebar benda uji (mm)

h = ketebalan benda uji (mm)

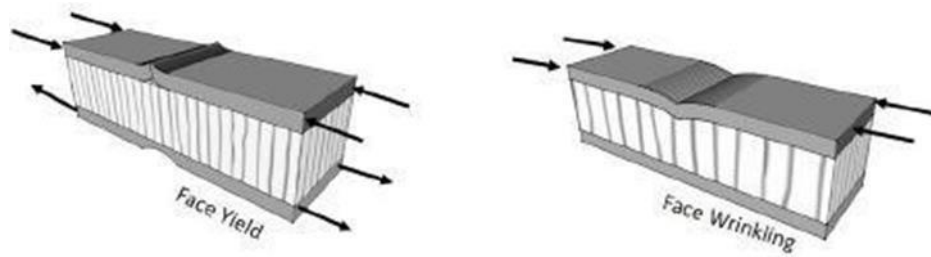
$\delta$  = Defleksi (mm)

I = Momen Inersia (kgm)

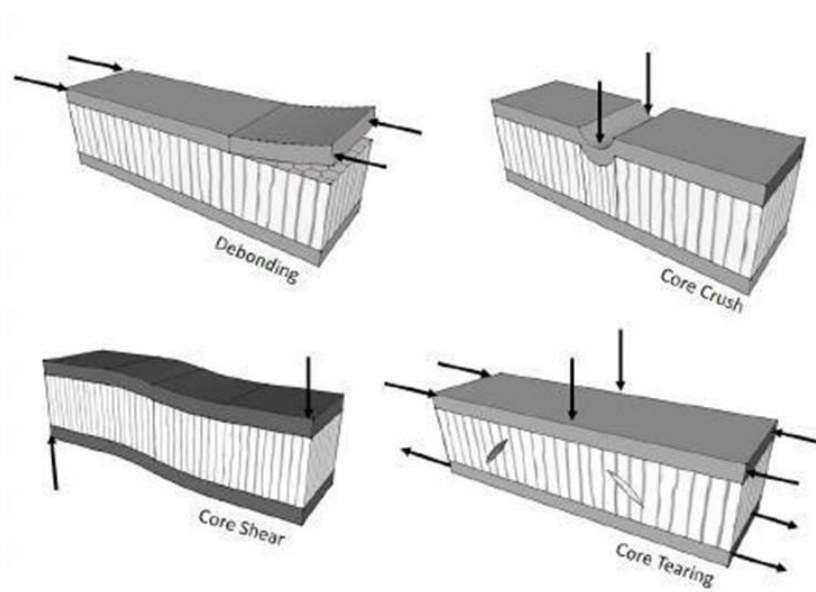
A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

## 2.7 Modus Kegagalan Komposit *Sandwich*

Dalam aplikasinya pada bidang rekayasa, komposit *sandwich* mengalami berbagai macam beban mekanik, seperti misalnya beban tekan, tarik, lentur, geser dan puntir. Terkadang, dalam aplikasinya tidak jarang juga beban yang dialami oleh material ini melebihi beban pada awal perancangan sehingga menyebabkan terjadinya kegagalan pada material ini. Menurut (Petras, n.d.) berikut kegagalan yang terjadi pada komposit *sandwich*:



Gambar 2. 8 Jenis-jenis Kegagalan Pada *Skin Komposit Sandwich*

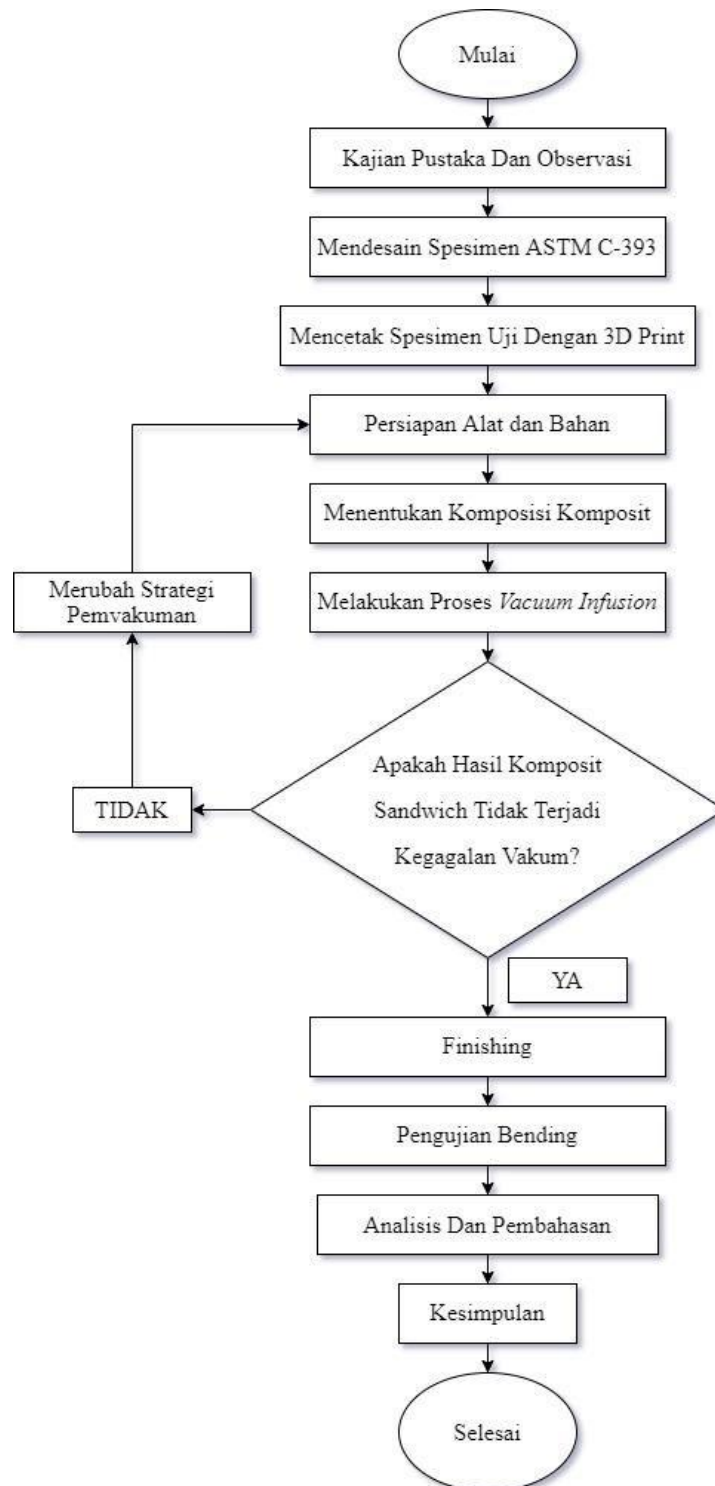


Gambar 2. 9 Jenis-jenis Kegagalan Pada *Core Komposit Sandwich*

# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian



## 3.2 Peralatan dan Bahan

### 1. Pompa Vakum

Pada gambar 3.1 dibawah ini menunjukkan pompa vakum yang bermerk Krisbow dengan tenaga sebesar  $\frac{1}{2}$  HP. Dan berfungsi sebagai penghisap udara pada saat proses vacuum infusion dilakukan.



Gambar 3. 1 Pompa Vakum

### 2. Resin Trap

Pada gambar 3.3 dibawah ini menunjukkan Resin trap yang berfungsi sebagai penyerap resin agar tidak masuk ke dalam pompa vakum, dan juga sebagai kontrol terhadap tekanan vekum.



Gambar 3. 2 Resin Trap

### 3. Timbangan

Pada gambar 3.3 dibawah ini menunjukkan timbangan yang berfungsi untuk menakar campuran resin dan katalis. Dan sebagai alat

untuk menimbang spesimen sebelum dilapisi komposit dan setelah diberikan komposit.



Gambar 3. 3 Timbangan

#### 4. Katup Bensin

Pada gambar 3.4 dibawah ini menunjukkan katup bensin berfungsi untuk membuka dan menutup saluran udara dari cetakan.



Gambar 3. 4 Katup Bensin

#### 5. Plastik Vacum

Pada gambar 3.5 dibawah ini menunjukkan plastik vakum berfungsi untuk menjaga perbedaan tekanan di dalam dan di luar cetakan.



Gambar 3. 5 Plastik Vakum

#### 6. Kain Strimin

Pada gambar 3.6 dibawah ini menunjukkan kain strimin berfungsi sebagai media agar plastik tidak merekat secara permanen pada permukaan produk.



Gambar 3. 6 Kain Strimin

#### 7. *Peel ply*

Pada gambar 3.7 dibawah ini menunjukkan *peel ply* berfungsi sebagai pemisah antara serat fiberglass dan kain strimin.





Gambar 3. 7 Kain Peel Ply

#### 8. Selang Resin

Pada gambar 3.8 dibawah ini menunjukkan slang resin berfungsi untuk mengalirkan resin dari wadah ke dalam cetakan dan sebagai saluran vakum pada *vacuum pump* ke resin trap. Selang resin menggunakan selang air dengan diameter 10 mm dan 8 mm.



Gambar 3. 8 Selang Resin

#### 9. Selang Spiral

Pada gambar 3.9 dibawah ini menunjukkan selang spiral berfungsi untuk mengalirkan resin ke semua bagian dalam cetakan dan menyalurkan aliran tekanan dari *vacuum pump*.



Gambar 3. 9 Selang Spiral

#### 10. Resin dan Katalis

Pada gambar 3.10 dibawah ini menunjukkan resin dan katalis, resin berfungsi sebagai matriks atau pengikat *fiberglass* agar menjadi kaku. Sedangkan katalis berfungsi sebagai campuran resin agar menjadi cepat kering/mempercepat proses reaksi.



Gambar 3. 10 Resin Dan Katalis

#### 11. *Butyl Tape*

Pada gambar 3.11 dibawah ini menunjukkan *butyl tape* berfungsi untuk merekatkan *vacuum bagging film* di setiap sisi agar tidak terjadi kebocoran udara.



Gambar 3. 11 *Butyl Tape*

## 12. PLA

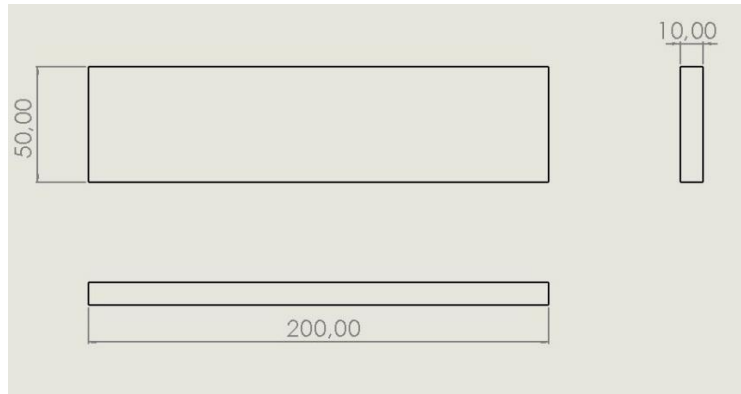
Pada gambar 3.12 dibawah ini menunjukkan PLA berfungsi untuk bahan *core* spesimen komposit *sandwich*.



Gambar 3. 12 PLA

### 3.3 Dimensi Spesimen *Bending*

Spesimen komposit *sandwich* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan standar ASTM C393, dengan *infill* 20%, dan *fill pattern gyroid*.



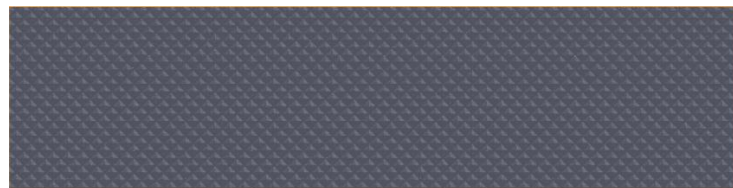
Gambar 3. 13 Dimensi Spesimen Uji

Pada Gambar 3.13 menunjukkan desain spesimen yang akan dibuat pada penelitian ini, dengan panjang 200mm, lebar 50mm, dan tebal 10mm. Untuk kode spesimen A dengan jumlah 3 spesimen uji, tidak menggunakan tekstur permukaan.



Gambar 3. 14 Bentuk Tekstur Permukaan *Tread Plate*

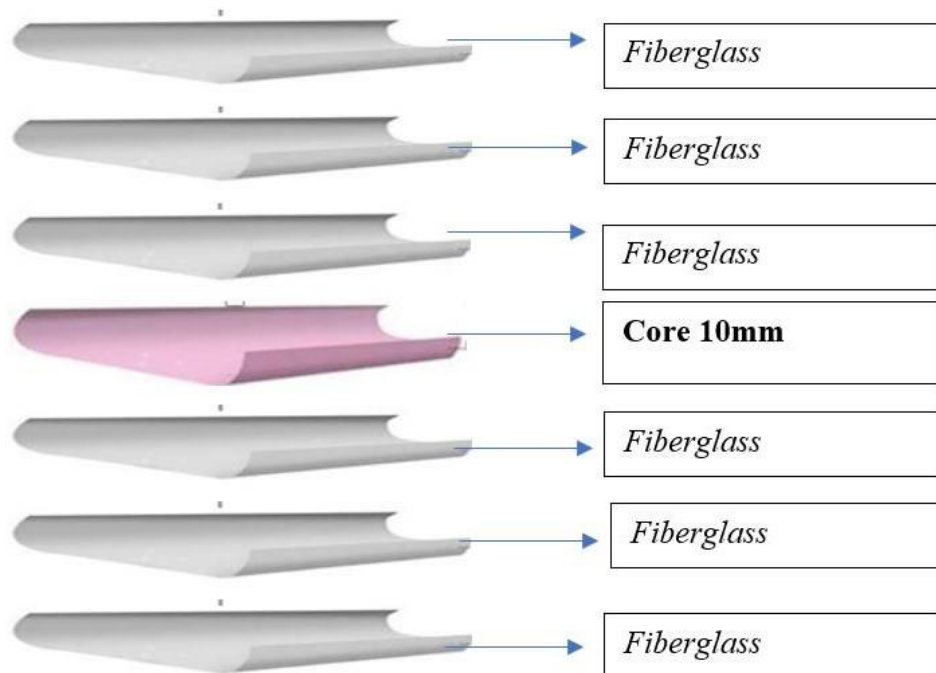
Pada gambar 3.14 menunjukkan bentuk permukaan *tread plate* dengan kode spesimen B dengan jumlah 3 spesimen uji, ukuran tekstur 10 mm x 10 mm dengan tebal rata rata 1 mm.



Gambar 3. 15 Bentuk Tekstur Permukaan *Knurled Bump*

Pada gambar 3.15 menunjukkan bentuk permukaan *knurled bump* dengan kode spesimen C dengan jumlah 3 spesimen uji, ukuran tekstur 3 mm x 3 mm dengan tebal rata rata 1 mm.

### 3.4 Komposisi Komposit *Sandwich*

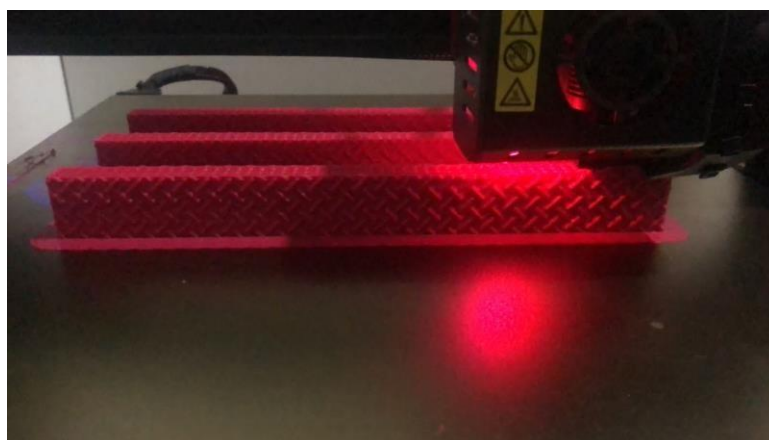


Gambar 3. 16 Komposisi Komposit *Sandwich*

Pada gambar 3.16 menunjukkan ilustrasi lapisan komposit *sandwich* yang digunakan dalam penelitian ini, dimana lapisan fiberglass berjumlah 3 lapis dan ketebalan *core* 10 mm.

### 3.5 Proses Pengerjaan

#### 3.5.1 Pembuatan *Core* Dengan Mesin 3D Printing

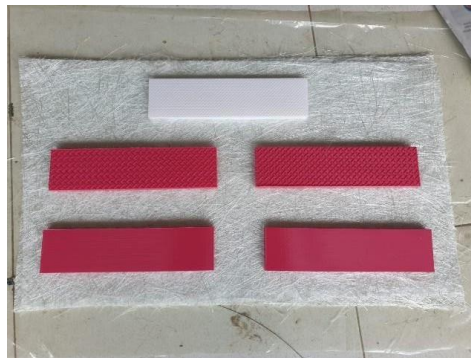


Gambar 3. 17 Proses Pembuatan *Core*

Pada gambar 3.17 ini ini menunjukkan proses pembuatan *core* yang bentuknya sesuai dengan standar uji ASTM C393 dengan menggunakan mesin 3D *printing*. Spesimen uji dibuat dengan menggunakan bahan PLA(*Polyactic Acid*), dengan *infill* 20%, tebal *layer* 0,2 mm, suhu meja 55 °C, suhu *nozzle* 220 °C, *speed* 50 mm/s, dan menggunakan *gyroid* sebagai *fill* patternnya.

### 3.5.2 Proses *Vacuum Infusion*

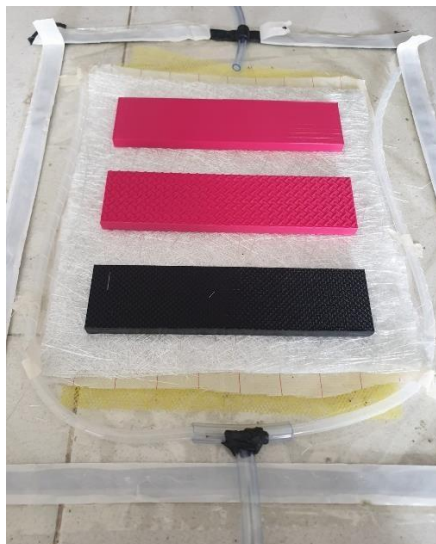
1. Menyusun *fiberglass*, *strimin*, *buthyl tape* dan *peel ply*



Gambar 3. 18 Susunan Komposit *Sandwich*

Pada gambar 3.18 diatas ini menunjukkan susunan komposit *sandwich* sesuai dengan gambar 3.14 dengan menggunakan 3 lapisan *fiberglass* dibagian atas dan bawah.

2. Pemasangan Selang Spiral



Gambar 3. 19 Pemasangan Selang Spiral

Pemasangan selang spiral berbentuk *later* U bertujuan agar saat proses pemvakuman resin dapat menyebar ke semua bagian.

### 3. Menyusun Bahan Kedalam Plastik Vakum



Gambar 3. 20 Memasukkan Bahan Kedalam Plastik Vakum

Proses ini menyusun seluruh bahan yang digunakan untuk proses pemvakuman kedalam plastik vakum sesuai urutan pada gambar 3.16.

### 4. Proses Pencampuran Resin Dan Katalis



Gambar 3. 21 Proses Pencampuran Resin dan Katalis

Pada gambar 3.21 menunjukkan proses mencampurkan resin jenis 2668 wnc dengan katalis, dengan perbandingan 100:1.

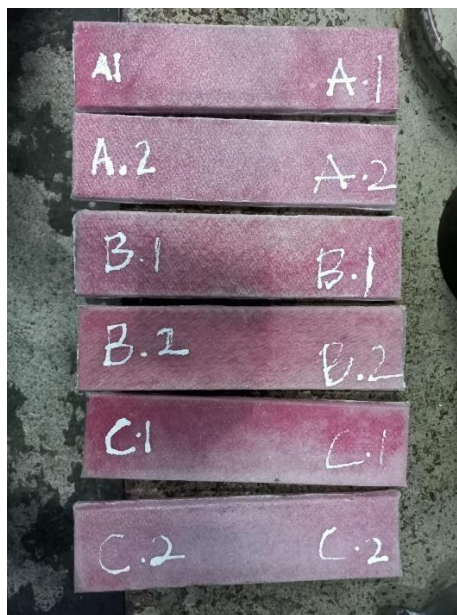
### 5. Proses Vacuum Infusion



Gambar 3. 22 Proses *Vacuum Infusion*

Pada gambar 3.22 dapat dilihat bahwa proses vakum menggunakan 2 input, input pertama pompa vakum, input kedua sebagai tempat masuknya resin.

### 3.5.3 Hasil Setelah *Vacuum Infusion*



Gambar 3. 23 Hasil Setelah *Vacuum Infusion*



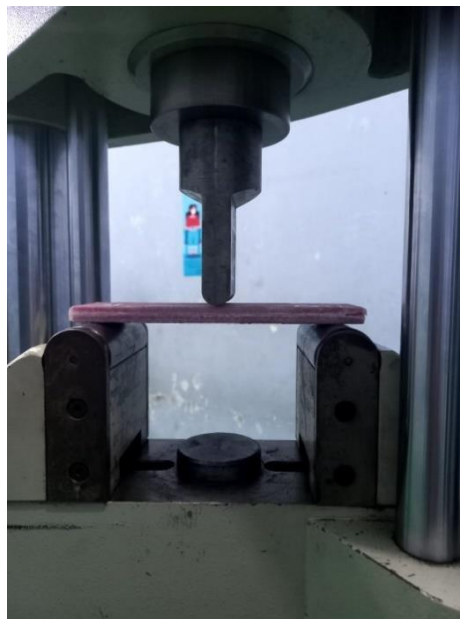
Pada gambar 3.23 menunjukkan hasil vacuum infusion. Kode A merupakan spesimen no tekstur + *skin*, kode B merupakan spesimen tekstur *tread plate* + *skin*, Kode C merupakan spesimen tekstur *knurled bump* + *skin*, sedangkan spesimen D merupakan spesimen tanpa *skin*.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian *Bending*

Pengujian spesimen yang dilakukan adalah pengujian bending, yaitu untuk mencari nilai kekakuan dari spesimen. Pengujian bending ini mengacu pada standar pengujian bending ASTM C393 yang dilakukan di Lab Bahan Teknik UGM. Gambar 4.1 menunjukkan proses pengujian bending dilakukan.

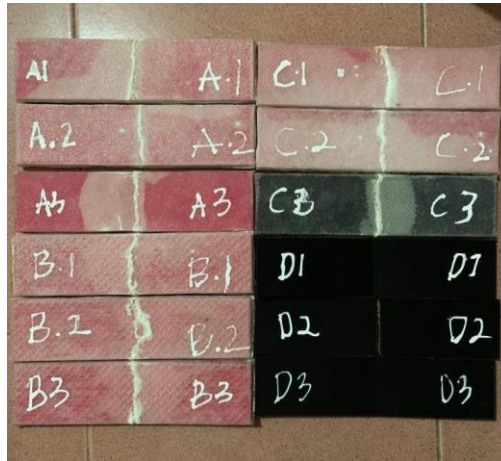


Gambar 4. 1 Proses *3 point bending*

Spesimen menggunakan 3 point bending yang mana jarak antara titik 170 mm dengan panjang spesimen 200mm.

#### 4.2 Hasil Spesimen Pengujian Bending

Pada gambar 4.2 dibawah ini menunjukkan gambar spesimen setelah dilakukan pengujian bending.



Gambar 4. 2 Spesimen Uji Setelah Pengujian Bending

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa spesimen mengalami beberapa modulus kegagalan yang berbeda.

Tabel 4- 1 Perbandingan Berat, Lebar dan Tebal Setelah Vakum

No	Kode Spesimen	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Lebar Awal (mm)	Lebar Akhir (mm)	Tebal Awal (mm)	Tebal Akhir (mm)
1	A1	43,54	78,24	49,86	50,78	9,96	11,88
2	A2	43,06	77,28	49,84	51,51	9,92	11,84
3	A3	43,46	79,36	49,66	52,78	10,12	12,54
4	B1	52,65	99,16	49,92	51,64	11,82	14,00
5	B2	52,96	101,03	49,86	51,87	11,74	13,49
6	B3	52,65	104,24	49,96	52,12	11,66	13,32
7	C1	52,70	109,76	49,88	50,86	11,32	12,65
8	C2	52,61	113,35	49,92	51,34	10,94	12,36
9	C3	52,50	95,62	50,12	52,90	10,96	12,94

Pada tabel 4- 1 dapat dilihat untuk berat spesimen meningkat 30 – 60 gram, sedangkan untuk lebar dan tebal meningkat 1 – 3 mm.

## 4.2.1 Hasil Uji Bending Spesimen

Tabel 4- 2 Hasil Pengujian Bending

No.	Variasi Spesimen	Tebal	Lebar	Pmax	Defleksi	Tegangan Bending
		(mm)	(mm)	(KN)	(mm)	(MPa)
1	A1	11,88	50,78	1,81	7,86	64,40
2	A2	11,84	51,51	1,90	7,12	67,10
3	A3	12,54	52,78	1,65	5,52	50,69
4	B1	14,00	51,64	2,51	8,13	63,24
5	B2	13,49	51,87	2,87	8,54	77,53
6	B3	13,32	52,12	2,38	7,47	65,63
7	C1	12,65	50,86	2,10	7,48	65,80
8	C2	12,36	51,34	1,83	7,55	59,50
9	C3	12,94	52,90	2,62	7,14	75,43
10	D1	9,92	49,62	0,58	15,80	30,29
11	D2	9,94	49,65	0,56	15,17	29,11
12	D3	9,82	49,72	0,55	14,36	29,25

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai tegangan bending (MPa) terbesar terjadi pada kode B2 dengan nilai 77,53 MPa, begitu juga untuk nilai beban maksimal (KN) pada spesimen uji terjadi pada kode B2 dengan nilai 2,87 KN.

## 4.3 Analisis dan Pembahasan

### 4.3.1 Analisis Modus Kegagalan Pada Spesimen Komposit *Sandwich*



Gambar 4. 3 Spesimen Komposit *Sandwich*

Pada gambar 4.3 diatas menunjukkan gambar spesimen yang dilapisi oleh *skin fiberglass*. Dari hasil uji bending tersebut dapat dilihat pada semua spesimen memiliki modus kegagalan yang sama, yaitu *face wrinkling*.

*Face wrinkling* merupakan kegagalan pada *skin* komposit *sandwich* akibat beban bending, yang mana kegagalan *skin* bagian atas dalam menerima kekuatan tekan, sedangkan pada bagian bawah spesimen tidak terjadi patahan sama sekali.

*Face wrinkling* dapat terjadi pada spesimen jika *skin* lapisan atas dan bawah memiliki ikatan yang lebih kuat dari pada *skin*.

### 4.3.2 Analisis Modus Kegagalan Pada Spesimen Tanpa *Skin*



Gambar 4. 4 Hasil Uji Spesimen Tanpa *Skin*

Pada gambar 4.4 diatas menunjukkan gambar spesimen tanpa *skin*. Dari hasil uji bending tersebut memiliki modulus kegagalan yang sama, yaitu *core crush* dimana spesimen uji tidak dapat menahan pembebanan sehingga spesimen mengalami kerusakan hingga patah.

## 4.4 Perhitungan

Dari data yang didapat melalui pengujian bending, maka Langkah selanjutnya, yaitu mencari nilai dari tiap luas penampang, momen inersia, modulus elastisitas dan kekuatan bending dari tiap kode spesimen. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Luas Penampang ( $\text{mm}^2$ )

$$A_{sandwich} = A_{skin} + A_{3DP\ Core}$$

$$A_{skin} = (bs * hs) - (ps * cs)$$

$$ps = bs - 2. ts$$

$$cs = hs - 2. ts$$

$$ds = hs - ts$$

hs = tebal akhir komposit sandwich

bs = lebar akhir komposit sandwich

ts = tebal skin =  $(hs - h_{3DPCore})/2$

2. Momen Inersia (mm<sup>4</sup>)

$$I_{sandwich} = 2.I_{skin\ atas} + 2.I_{skin\ samping} + I_{3DP\ Core}$$

$$I_{skin\ atas} = \frac{ps \cdot ts^3}{12} + \frac{ps \cdot ts \cdot ds^2}{4}$$

$$I_{samping} = \frac{ts \cdot hs^3}{12}$$

3. Modulus Elastisitas (MPa)

$$E_b = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot \delta \cdot I_{sandwich}}$$

4. Menghitung Kekakuan Bending (KNmm<sup>2</sup>)

$$D = E_b \cdot I$$

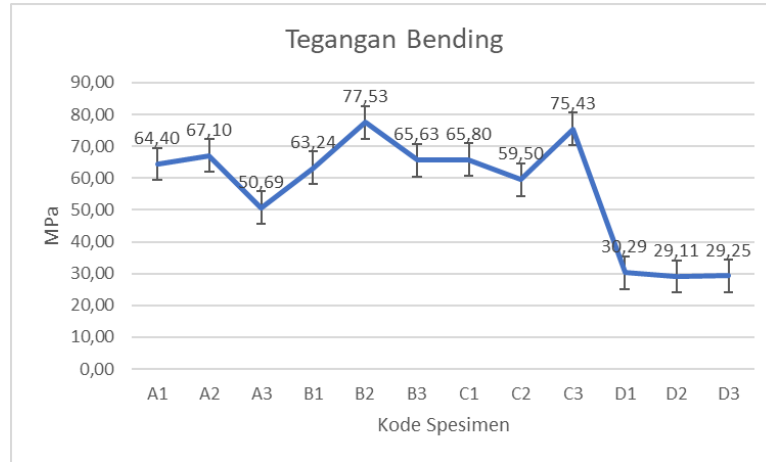
Tabel 4- 3 Hasil Perhitungan Bending

Kode spesimen	Beban Maks (N)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	$\sigma_b$ (MPa)	$E_b$ (MPa)	Kekakuan Bending (KNmm <sup>2</sup> )
A	1786,667	277,3103	6806,9	60,73	3931,565	26.761,8
B	2586,667	270,3107	7454,2	68,80	4413,921	32.902,5
C	2183,333	251,4112	6364,7	66,91	4751,204	30.239,9
D	563,333	150,9487	3323,1	29,55	1148,307	3.815,9

Dari tabel 4- 3 menunjukkan hasil perhitungan beban maksimal, luas penampang, momen inersia, tegangan bending, modulus elastisitas dan kekakuan bending. Dimana untuk nilai kekakuan bending tertinggi pada spesimen uji ditunjukkan pada spesimen dengan kode spesimen B.

## 4.5 Pembahasan

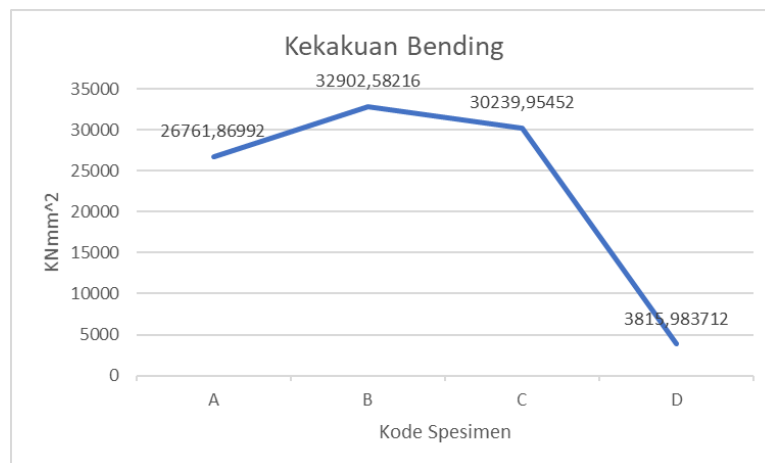
### 4.5.1 Tegangan Bending



Gambar 4. 5 Grafik Tegangan Bending

Berikut data nilai tegangan bending pada spesimen dan 3DP + *skin* (A), 3DP + tekstur *tread plate* (B), 3DP + tekstur *knurled bump* (C), dan 3DP tanpa lapisan *skin* (D) untuk membandingkan dan mengetahui pengaruh penambahan tekstur terhadap tagangan bending. Berdasarkan data hasil perhitungan dan nilai yang ditunjukkan pada gambar grafik 3.4 terdapat perbedaan nilai tegangan bending dari tiap spesimen. Dimana nilai tertinggi di dapatkan pada spesimen B2 dengan nilai tegangan 77,53 MPa.

### 4.5.2 Kekakuan Bending



Gambar 4. 6 Grafik Kekakuan Bending

Peneliti mengambil data kekakuan *bending* pada spesimen 3DP tanpa lapisan *skin* (D), 3DP + tekstur *tread plate* (B), 3DP + tekstur *knurled bump* (C), dan 3DP + *skin* (A) untuk membandingkan dan mengetahui pengaruh penambahan tekstur terhadap kekakuan bending. Berdasarkan data hasil perhitungan dan nilai yang ditunjukkan pada gambar grafik 3.3 terdapat perbedaan nilai kekakuan bending dari tiap spesimen. Dimana nilai tertinggi di dapatkan pada spesimen dengan variasi 3DP + tekstur *tread plate* dengan nilai kekakuan 32.902,5 KNmm<sup>2</sup>.

### 4.5.3 Analisis Perbandingan Kekakuan Bending Pada Core 10 mm dan Skin 3 Lapis

Pada perbandingan ini menggunakan data dari 3DP + tekstur *tread plate* dikarenakan nilai tersebut yang paling tinggi jika dibandingkan dengan variasi lainnya.

Tabel 4- 4 Kekakuan Bending Spesifik

Keterangan	Satuan	D790 Core 10 mm	D790 3 Lapis Skin	C393
Nilai Kekakuan	KNmm <sup>2</sup>	2.910,1	2.675,6	32.902,5
Berat	gr	15,6	18,8	101,47
Kekakuan Bending Spesifik	KNmm <sup>2</sup> /gr	186.547	142.319	324.259

Dari tabel 4- 4 menunjukkan nilai perbandingan kekakuan bending antara D790 Core 10 mm dan D790 skin 3 lapis dengan C393 dimana nilai kekakuan bending C393 lebih tinggi 1,7 x jika dibandingkan dengan spesimen D790 core 10 mm. Sedangkan, jika dibandingkan dengan D790 skin 3 lapis, spesimen C393 lebih tinggi 2,28 x dari D790 skin 3 lapis.

Dari data yang diatas didapatkan bahwa nilai kekakuan bending spesifik C393 lebih tinggi dari D790 core 10 mm dan D790 skin 3 lapis yang disebabkan oleh penambahan tekstur permukaan *tread plate*, membuat permukaan dari spesimen menjadi kasar dan memperkecil kemungkinan terjadinya *debonding*. Karena dari penelitian sebelum nya, ketika spesimen terjadi kegagalan *debonding*, maka nilai kekakuan relatif kecil dari spesimen yang lain.

Pada saat pengujian bending, yang mengalami patah pertama adalah *core*, jika *core* patah maka yang akan menahan beban bending selanjutnya adalah ikatan



antara *core* dan *skin*. Jika ikatan antara *core* dan *skin* mampu menahan kekuatan tekan maka *skin* bagian atas akan patah (*face wrinkling*), dan jika ikatan *core* dan *skin* tidak mampu menahan kekuatan tekan dari pengujian bending maka *skin* akan terlepas dari *core* (*debonding*).

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Tekstur permukaan berpengaruh terhadap hasil pengujian bending. Hal ini diketahui dari data yang diperoleh dari hasil pengujian bending berikut menunjukkan bahwa spesimen dengan nilai kekakuan tertinggi adalah 3D *Printing* + tekstur *tread plate* yaitu 32.902,5 KNmm<sup>2</sup>, dan nilai tegangan *bending* tertinggi 77,53 MPa pada spesimen 3DP + tekstur *tread plate* dengan kode spesimen B2.
2. Kekakuan bending spesifik C393 lebih tinggi jika dibandingkan dengan D790 *core* 10 mm dan D790 *skin* 3 lapis.
3. Penambahan tekstur *tread plate* membuat permukaan spesimen mampu menahan kekuatan tekan yang diberikan saat pengujian bending dan memperkecil kemungkinan terjadinya *debonding*.

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

1. Memperbaharui peralatan yang sudah tidak layak pakai.
2. Perlunya ruangan khusus komposit agar mahasiswa bisa fokus dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Sebaiknya ketika proses finishing dilakukan harus menggunakan perlengkapan K3.
4. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai permukaan tekstur pada spesimen dengan variabel yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C393-00, *Standard Test Method for Flexural Properties of Sandwich Constructions*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United State.
- Brilliantika, (2016) Studi Eksperimen Panel *Sandwich Fiberglass – Foam* Untuk Lantai Struktural Rumah Tinggal, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dhien (2015) “Pengaruh Rasio Resin dan Hardener terhadap Sifat Mekanik Matrik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia”. Repository Institut Teknologi Surabaya.
- Evans, C. J., & Bryan, J. B. (1999). “*Structured*”, “*Textured*” or “*Engineered*” Surfaces. *CIRP Annals*, 48(2), 541–556 Exeter UK.
- Fadhyl Olivianides, (2022). Analisis Pengaruh Jumlah Lapisan *Skin* Pada Komposit *Sandwich* Terhadap Uji Bending Menggunakan Metode *Vacuum Infusion*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
- Firmansyah, (2020). Bending Test : Pengertian, Jenis, Prosedur dan Acceptancenya. Detech Material Testing Laboratory.
- Juraka D and, (2021). Analysis of the behaviour of 3D samples printed by FFF/FDM technologies under bending stress with a focus on *infill*.
- Kaynak. 2001. Constituent Material. Rapra Technology Limited.
- Muhammad Ashfan, (2022). Pengaruh Ketebalan *Core* (3D *Printing*) Dengan Bahan PLA (Polyatic-Acid) Terhadap Uji Bending Spesimen Komposit *Sandwich* Menggunakan Metode Vacuum Infusion. Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
- Nasmi H (2011), “Analisa Kekuatan Bending Komposit Epoxy dengan Penguat Serat Nilon”. Jurnal Dinamika Teknik Mesin.
- Nurun Nayiroh (2013) Teknologi Material Komposit, Univeritas Islam Negeri Malang
- Petras, A. (n.d.). *Design of Sandwich Structures*. 114.
- Pranav Gharge, (2020). *Cura Gyroid Infill : All You Need to Know*.

- Rebelle, J. (2021). *Truck loading or unloading operations: Reduction of the whole-body vibration exposure of pallet truck drivers at the dock leveller location. International Journal of Industrial Ergonomics*, 83, 103127
- Steeves C. A., dan Fleck N.A., (2004). *Collaps Mechanism of Sandwich Beam with Composite Face and Foam Core Loaded in Three Point bending.*

# LAMPIRAN 1

  
**LABORATORIUM BAHAN TEKNIK**  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS GADJAH MADA

**HASIL PENGUJIAN BENDING**

No.	Variasi Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	Defleksi (mm)	Tegangan Bending (MPa)
1	A1	11.88	50.78	1.81	7.86	64.40
2	A2	11.84	51.51	1.90	7.12	67.10
3	A3	12.54	52.78	1.65	5.52	50.69
4	B1	14.00	51.64	2.51	8.13	63.24
5	B2	13.49	51.87	2.87	8.54	77.53
6	B3	13.32	52.12	2.38	7.47	65.63
7	C1	12.65	50.86	2.10	7.48	65.80
8	C2	12.36	51.34	1.83	7.55	59.50
9	C3	12.94	52.90	2.62	7.14	75.43
10	D1	9.92	49.62	0.58	15.80	30.29
11	D2	9.94	49.65	0.56	15.17	29.11
12	D3	9.82	49.72	0.55	14.36	29.25

*Keterangan:*

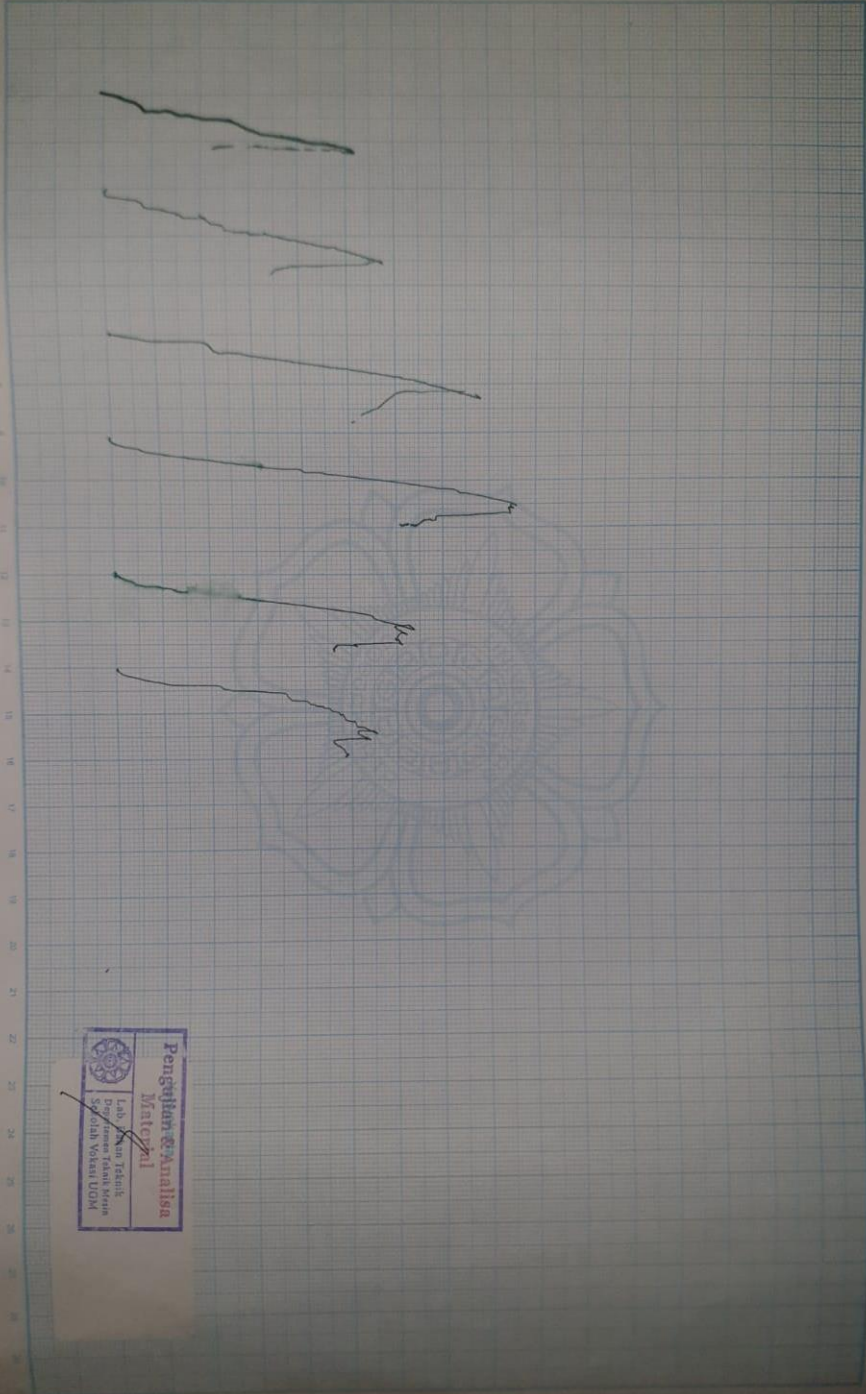
1. Pengujian dilakukan tanggal 23 Februari 2022
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar spesimen menggunakan ASTM C393

Yogyakarta, 23 Februari 2022  
Staf Laboratorium Bahan Teknik

  
Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T.  
NIP. 197703312002121002

Kampus - Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Lembar asli, tidak untuk digandakan



**Pengujian Material**  
Lab. Bahan Teknik  
Departemen Teknik Mesin  
Sekolah Vokasi UGM

